

BAHAN AJAR
KESEHATAN LINGKUNGAN

KIMIA LINGKUNGAN

Demas Nurmayanti
Djoko Purwoko





KEMENTERIAN
KESEHATAN
REPUBLIK
INDONESIA

PUSAT PENDIDIKAN SUMBER DAYA MANUSIA KESEHATAN
BADAN PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN
SUMBER DAYA MANUSIA KESEHATAN
EDISI TAHUN 2017

BAHAN AJAR
KESEHATAN LINGKUNGAN

KIMIA LINGKUNGAN

Demes Nurmayanti
Djoko Purwoko

Hak Cipta dan Hak Penerbitan dilindungi Undang-undang

Cetakan pertama, Oktober 2017

Penulis : 1. Demes Nurmayanti, ST., M.Kes
2. Djoko Purwoko, SKM., M.Kes

Pengembang Desain Instruksional : Dr. Agnes Puspitasari Sudarmo, M.A.

Desain oleh Tim P2M2 :

Kover & Ilustrasi : Faisal Zamil, S.Des.

Tata Letak : Restu Mawardi, S.T.

Jumlah Halaman : 284

DAFTAR ISI

BAB I: KIMIA LINGKUNGAN	1
Topik 1.	
Bagian Kimia yang Terdapat dalam Lingkungan Hidup	2
Latihan	8
Ringkasan	8
Tes 1	9
Topik 2.	
Proses Kimia dalam Lingkungan	11
Latihan	27
Ringkasan	27
Tes 2	28
KUNCI JAWABAN TES	30
DAFTAR PUSTAKA	31
BAB II: PARAMETER KIMIA AIR DAN AIR LIMBAH	32
Topik 1.	
Sifat-sifat Karakteristik Kimia Air dan Air Limbah.....	34
Latihan	54
Ringkasan	54
Tes 1	55
Topik 2.	
Dampak Parameter Kimia dan Air Limbah	58
Latihan	62
Ringkasan	62
Tes 2	63
Topik 3.	
Titik Pengambilan Sampel Parameter Air dan Air Limbah	65
Latihan	73
Ringkasan	73
Tes 3	73

KUNCI JAWABAN TES	89
DAFTAR PUSTAKA	90
BAB III: PARAMETER KIMIA UDARA	91
Topik 1.	
Parameter Kimia Udara	93
Latihan	99
Ringkasan	99
Tes 1	100
Topik 2.	
Dampak Kesehatan Lingkungan Akibat Pencemaran Udara	102
Latihan	106
Ringkasan	106
Tes 2	107
Topik 3.	
Titik Pengambilan Sampel Udara	108
Latihan	115
Ringkasan	115
Tes 3	116
KUNCI JAWABAN TES	146
DAFTAR PUSTAKA	147
BAB IV: PARAMETER KIMIA TANAH	150
Topik 1.	
Parameter Kimia Tanah	152
Latihan	158
Ringkasan	158
Tes 1	159
Topik 2.	
Pencemaran Tanah	161
Latihan	164
Ringkasan	164
Tes 2	165

Topik 3.	
Dampak Kesehatan Lingkungan akibat Pencemaran Tana.....	167
Latihan	169
Ringkasan	169
Tes 3	170
 Topik 4.	
Titik Pengambilan Sampel Parameter Tanah	172
Latihan	183
Ringkasan	183
Tes 4	184
 KUNCI JAWABAN TES	 198
DAFTAR PUSTAKA	199
 BAB V: PARAMETER KIMIA SAMPAH	
200	
 Topik 1.	
Parameter Kimia Sampah	202
Latihan	205
Ringkasan	205
Tes 1	206
 Topik 2.	
Dampak Kesehatan Lingkungan Akibat Pencemaran Sampah	208
Latihan	210
Ringkasan	211
Tes 2	211
 Topik 3.	
Titik Pengambilan Sampel Parameter Kimia Sampah	213
Latihan	219
Ringkasan	220
Tes 3	221
 Topik 4.	
Panduan Praktikum Pengambilan, Pengawetan, Pengiriman, Pemeriksaan dan Interpretasi Hasil	222
Latihan	240
Tes 4	240

KUNCI JAWABAN TES	241
DAFTAR PUSTAKA	242
BAB VI: PARAMETER KIMIAWI MAKANAN	243
Topik 1.	
Pencemaran Kimia Makanan	245
Latihan	257
Ringkasan	258
Tes 1	258
Topik 2.	
Dampak Parameter Kimia Makanan Terhadap Kesehatan	261
Latihan	262
Ringkasan	263
Tes 2	263
KUNCI JAWABAN TES	277
DAFTAR PUSTAKA	278

BAB I

KIMIA LINGKUNGAN

Djoko Purwoko, SKM, M.Kes
Demes Nurmayanti, ST, M.Kes

PENDAHULUAN

Saudara mahasiswa sekalian dalam bab 1 pada topik 1 ini, kita akan membahas bahan-bahan kimia yang terdapat dalam lingkungan hidup dan tersebar pada medium fisik lingkungan. Merujuk penting materi ini untuk dipelajari, maka perlu dijelaskan terlebih dahulu tentang bentuk wujud, komposisi dan sifat karakteristik bahan-bahan kimia tersebut dalam lingkungan hidup.

Pada topik 2 dari bab 1 ini juga menjelaskan tentang proses kimia atau proses daur bahan-bahan kimia tersebut dalam medium fisik lingkungan hidup yang meliputi udara air, air limbah, tanah dan lain-lain. Dengan mempelajari materi pada topik 1 dan topik 2 ini mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan keberadaan bahan kimia yang tersebar pada media lingkungan hidup, proses-proses kimia atau daur bahan kimia dalam lingkungan hidup.

Materi ini sangat penting karena merupakan kompetensi yang harus dikuasai oleh tenaga sanitarian dalam menunjang kegiatan program yang merupakan tanggung jawabnya terutama sanitarian lapangan. Manfaat dari proses pembelajaran ini ditujukan agar mahasiswa dapat menjelaskan konsep kimia lingkungan yang meliputi keberadaan bahan kimia dan proses-proses perubahannya dalam lingkungan hidup.

Materi dalam bab 1 ini dilengkapi dengan latihan, ringkasan serta tes-tes beserta tujuan agar mahasiswa dapat mengukur kemampuan dan pemahamannya terhadap materi yang dipelajari dalam bab 1 ini.

Materi dalam bab 1 meliputi :

1. Topik 1 : Bahan-bahan kimia yang terdapat dalam lingkungan hidup.
2. Topik 2 : Proses kimia dalam lingkungan hidup

Topik 1

Bagian Kimia yang Terdapat dalam Lingkungan Hidup

A. BAHAN KIMIA YANG TERSEBAR DALAM LINGKUNGAN

Sebagaimana telah Anda ketahui bahwa bahan kimia yang tersebar meluas dalam lingkungan hidup, ada yang berbentuk gas, zat cair dan ada juga yang berbentuk padatan. Bahan-bahan kimia yang tersebar dalam lingkungan hidup ini berupa senyawa anorganik (air, oksigen, karbon dioksida, nitrogen, dan mineral-mineral esensial lainnya), senyawa organik (protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan senyawa-senyawa organik lainnya yang lebih kompleks dan sangat diperlukan untuk hidup) serta bermacam-macam logam. Bahan-bahan kimia ini tersebar dalam tiga media fisik lingkungan hidup, yaitu dalam udara air (hidrosfer) dan dalam tanah (litosfer).

1. Bahan kimia dalam atmosfer

Atmosfer bumi mencapai ketinggian 2000 km dari permukaan bumi, meskipun proses-proses penting yang terjadi untuk kehidupan hanya sampai ketinggian 50 km. Bahan-bahan kimia yang terdapat dalam atmosfer terdiri dari bermacam-macam gas, uap air, dan partikel-partikel yang membentuk aerosol dalam udara. Komposisi atmosfer (untuk udara bersih dan kering) pada umumnya sama, tetapi karena pengaruh lingkungannya maka komposisi udara mengalami sedikit perubahan sehingga menjadi berbeda antara daerah yang satu dengan daerah yang lain, terutama kadar uap air. Komposisi bahan kimia dalam lingkungan relatif konstan untuk jangka waktu tertentu, hal ini disebabkan karena adanya sistem keseimbangan daur materi yang disebut sistem daur "biogeochemical". Proses alam selalu berusaha menyeimbangkan keadaan daur materi dalam lingkungan hidup. Apabila terjadi penyebaran suatu bahan kimia dengan kadar tertentu sehingga keadaannya tidak dapat seimbang lagi dan dapat mengganggu kesehatan lingkungan, maka berarti sudah terjadi pencemaran lingkungan.

Keadaan komposisi udara normal tidak dalam tercemar (bersih dan kering), dapat Anda baca dalam tabel 1.1 di bawah ini. Yang diberi tanda bintang adalah bahan kimia yang dapat berubah menjadi bahan pencemar bila mencapai kadar tertentu yang biasa disebut NAB (Nilai Ambang Batas)

*Tabel 1.1
Komposisi Udara Bersih (di atas permukaan laut)*

Komponen	Rumus Molekul	Konsentrasi (ppm)
Nitrogen	N ₂	780840
Oksigen	O ₂	209460
Argon	Ar	9340
Uap air	H ₂ O	10000-1000

Komponen	Rumus Molekul	Konsentrasi (ppm)
Karbon dioksida	CO ₂	330
Neon	Ne	18,2
Helium	He	5,
Metana	CH ₄	2,0
Kripton	Kr	1,1
Hidrogen	H ₂	0,5
Nitrogen oksida*	N ₂ O	0,5
Karbon monoksida*	CO	0,1
Xenon	Xe	0,09
Ozon*	O ₃	0,07-0,02
Ammonia*	NH ₃	0,01
Nitrogen dioksida*	NO ₂	0,001
Sulfur dioksida*	SO ₂	0,0002

Dikutip dari: "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon, hal 82.

2. Bahan kimia dalam hidrosfer

Air merupakan salah satu dari tiga medium fisik lingkungan hidup tempat tersebarnya bahan-bahan kimia. Bahan-bahan kimia yang mudah larut dalam air (air merupakan suatu pelarut yang baik) selalu berada dalam lingkungan berupa larutannya, oleh karena itu di alam tidak ditemukan air murni. Bahan-bahan kimia yang larut dalam air (senyawa organik dan senyawa anorganik) pada umumnya berupa larutan gas atau ion-ionnya. Komposisi-bahan kimia dalam air untuk setiap daerah/tempat berbeda, bergantung pada kondisi tempat itu dan bergantung pula pada suhu. Sebagai contoh gas oksigen yang terdapat dalam air banyaknya untuk setiap tempat berbeda bergantung ada kondisi dan suhu air. Tabel 2.1 di bawah ini menunjukkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air tawar dan dalam air laut dengan suhu yang berbeda-beda.

*Tabel 1.2.
Konsentrasi Oksigen Terlarut*

Suhu °c	Maksimum oksigen terlarut	
	Dalam air tawar	Dalam air laut
10	11,3 ppm	9,9 ppm
20	9,2 ppm	7,4 ppm
30	7,6 ppm	6,1 ppm
40	6,9 ppm	5,0 ppm

Dikutip dari.. "Chemistry Outlines", volume 2; Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A. J. Sperring, Pergamon, hal 79.

Pada suhu yang sama oksigen yang terlarut dalam air tawar lebih banyak daripada yang terlarut dalam air laut dan makin tinggi suhu makin sedikit oksigen yang terlarut.

Maksimum oksigen terlarut dalam air menurun bila:

- Suhu naik (misalnya naiknya suhu air dalam pabrik atau pembangkit listrik), oksigen terlarut makin sedikit. Kenaikan suhu ini mengganggu lingkungan hidup dan hal ini yang disebut pencemaran panas.
- Kenaikan oksidasi aerob (misalnya penguraian sampah oleh bakteri aerob untuk menguraikan senyawa-senyawa organik (buangan pabrik) dan pupuk anorganik (fosfat dan nitrat., berarti konsentrasi oksigen terlarut dalam air menurun, berarti terjadi pencemaran air.

Oksigen terlarut pada suhu 25⁰C dalam air bersih berkisar antara 6-8 ppm. Apabila konsentrasi oksigen terlarut kurang dari 6 ppm, kehidupan dalam air terganggu, antara 4 - 2 ppm hanya bakteri tertentu saja yang dapat bertahan hidup, sedangkan bila konsentrasi oksigen terlarut kurang dari 1 ppm, tidak ada kehidupan dalam air itu.

Gas karbon dioksida juga mudah larut dalam air, konsentrasi karbon dioksida dalam air bergantung dari banyaknya tumbuh-tumbuhan yang ada dalam air, makin banyak tumbuhan, makin banyak gas karbon dioksida dalam air itu yang digunakan, sehingga konsentrasi gas karbon dioksida makin sedikit.

Selain gas oksigen dan gas karbon dioksida masih banyak lagi macam unsur-unsur yang terlarut dalam air dalam bentuk ion-ion garam dan zat padat yang tersuspensi dalam air seperti lumpur, ganggang dan bakteri, juga mineral-mineral seperti silikat, kalsium karbonat dan besi oksida. Zat-zat yang tersuspensi dalam air ini jumlahnya akan meningkat dengan meningkatnya sisa-sisa buangan, baik dari rumah tangga, industri pertanian, dan lain-lain.

Apabila keadaan komposisi bahan kimia yang terdapat dalam air tidak lagi seimbang dimana konsentrasi bahan kimia yang bersifat sebagai pencemar sudah melampaui NAB/MAP yang ditentukan, berarti air sudah tercemar. Tabel 3.1 berikut ini menunjukkan komposisi bahan kimia dalam air di lingkungan hidup atau merupakan kualitas air alam.

*Tabel 1.3
Kualitas air di alam*

Bahan kimia/kualitas	Air sungai	Air Laut
pH	6,8	8,0
oksigen terlarut	6 – 8 ppm	6-8 ppm
ion-ion terlarut		
Na ⁺	6,7 ppm	30,4 ppm
K ⁺	1,5 ppm	1,1 ppm
Ca ²⁺	17,5 ppm	1,2 ppm
Mg ²⁺	4,8 ppm	3,7 ppm
Cl ⁻	4,2 ppm	55,2 ppm
SO ₄ ²⁻ /HSO ₄ ⁻	17,5 ppm	7,7 ppm

Bahan kimia/kualitas	Air sungai	Air Laut
$\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$	33,0 ppm	0,4 ppm
Hg^{2+}	Kurang dari 1 ppb	0,03 ppb
Cd^{2+}	Kurang dari 1 ppb	0,1 ppb
Pb^{2+}	Kurang dari 1 ppb	1,0 ppb

Dikutip dari: "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon, hal 82.

Catatan:

- a. Komponen ion-ion dalam air alam tidak tetap bergantung pada lokasinya, bergantung pada mineral yang ada.
- b. ppm = parts per million (mg per liter)
- c. ppb = parts per billion (mg per kilo liter).

3. Bahan kimia dalam litosfer

Sebagian dari permukaan bumi terdiri dari tanah yang ditumbuhi oleh tumbuh-tumbuhan. Tanah terdiri dari mineral-mineral, batu-batuan, senyawa organik, air, dan rongga-rongga kecil yang berisi udara. Mineral dalam tanah terbentuk dari batu-batuan yang melapuk, senyawa organik berasal dari pelapukan sisa-sisa tumbuh-tumbuhan dan hewan yang sudah mati. Tanah (litosfer) selain terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang merupakan hasil pelapukan hewan, tumbuh-tumbuhan, dan batu-batuan, juga mengandung (bermacam-macam unsur berupa ion-ion garam yang terlarut dalam air dan yang terdapat dalam air tanah, gas-gas yang terlarut dalam air dan yang terdapat dalam udara), bakteri, jamur, dan binatang-binatang. Tanah (litosfer) merupakan medium fisik lingkungan yang paling banyak mengandung bahan-bahan kimia (senyawa organik maupun senyawa anorganik), karena dalam tanah terdapat juga air dan udara yang juga mengandung bahan-bahan kimia.

Komposisi udara atmosfer berbeda dengan komposisi udara dalam tanah, sebagai contoh kadar oksigen dalam udara atmosfer (20%), lebih banyak daripada kadar oksigen dalam udara yang mengisi rongga-rongga tanah (15%). Sebaliknya kadar karbon dioksida dalam udara yang mengisi rongga-rongga tanah jauh lebih besar daripada gas karbon dioksida yang terdapat dalam udara atmosfer, dapat mencapai 100x lebih banyak. Hal ini karena gas karbon dioksida dalam tanah selain terdapat dalam udara yang mengisi rongga-rongga tanah juga dihasilkan dari penguraian senyawa-senyawa organik oleh bakteri aerob.

Unsur-unsur yang banyak terdapat dalam tanah adalah oksigen (47%) dan silikon (28%). Unsur-unsur yang lain jumlahnya lebih sedikit, aluminium 9%, besi 0,5%, kalium 4%, natrium 3%, magnesium 2%, dan unsur-unsur lain yang sedikit sekali terdapat dalam tanah, tetapi sangat diperlukan untuk pertumbuhan dan kesehatan tumbuh-tumbuhan. Unsur-unsur yang jumlahnya sangat sedikit ini, tetapi sangat diperlukan disebut unsur perunut. Unsur perunut ini sangat dibutuhkan untuk kehidupan organisme dalam tanah, tetapi bila

jumlahnya meningkat akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Unsur perunut yang paling berbahaya adalah air raksa, dapat menyebabkan keracunan secara kronis.

4. Bahan pencemar lingkungan dan pengaruhnya

Dari uraian di atas, bahan-bahan kimia yang ada di lingkungan hidup ada yang diperlukan untuk kehidupan harus dalam jumlah banyak, sehingga kalau kekurangan akan menimbulkan masalah. Ada juga yang sangat diperlukan untuk kehidupan dalam jumlah sedikit dan bila jumlahnya berlebihan akan menimbulkan pencemaran. Bahan kimia yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan disebut bahan pencemar.

Masalah pencemaran lingkungan sebetulnya bukanlah merupakan masalah baru, melainkan sudah ada sejak ada kehidupan di dunia ini, masalah pencemaran sudah ada. Proses penguraian senyawa organik (tumbuh-tumbuhan dan hewan yang telah mati) oleh bakteri pengurai dapat menghasilkan gas-gas beracun dan mengganggu kesehatan makhluk hidup. Debu-debu atau partikel-partikel zat yang berterbangan di udara juga dapat menimbulkan pencemaran, iritasi mata, sakit kerongkongan, sakit kulit, dan sebagainya. Di dalam lingkungan hidup ini banyak bahan-bahan kimia yang sangat diperlukan kehadirannya sampai kadar tertentu. Sebagian bahan kimia diperlukan dalam jumlah yang banyak sebagian lagi hanya diperlukan sedikit saja, tetapi bila digunakan agak berlebihan akan mengganggu kesehatan bahkan jiwa makhluk hidup.

Energi matahari merupakan sumber energi yang sangat diperlukan untuk kehidupan, sangat diperlukan untuk pertumbuhan tanaman dan berguna bagi manusia. Tetapi energi matahari dengan intensitas cukup tinggi dapat mengganggu kesehatan, maka menjadi sakit, makhluk hidup dapat mati . tersengat energi matahari dengan intensitas tinggi. Api sangat bermanfaat bagi kehidupan, untuk memasak, penerangan, penghangat ruangan dan masih banyak lagi, tetapi bila kehadiran api ini tidak terkontrol dapat merusak dan membahayakan kehidupan. Lapisan ozon di luar stratosfer dapat melindungi makhluk hidup dari bahaya radiasi sinar ultra violet matahari, tetapi bila ozon ada dalam atmosfer, dapat mematikan tumbuh-tumbuhan dan hewan.

a. Bahan Pencemar udara

Pada umumnya bahan pencemar udara adalah berupa gas-gas beracun dan partikel-partikel zat padat. Gas-gas beracun ini berasal dari pembakaran bahan bakar kendaraan, dari industri, dan rumah tangga. Selain gas-gas beracun di atas, pembakaran bahan-bahan kendaraan juga dapat menghasilkan partikel-partikel karbon dan timah hitam yang berterbangan mencemari udara.

Gas-gas beracun hasil dari pembakaran bahan bakar ini biasanya berupa oksida-oksida karbon dan nitrogen (karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen monoksida, nitrogen dioksida, dinitrogen oksida) dan senyawa-senyawa hidrokarbon. Bahan pencemar udara ini terdispersi dalam udara, sehingga kadarnya menjadi keeil. Sampai di bawah kadar tertentu tidak menimbulkan pencemaran, bila kadar bahan pencemar ini mencapai NAB (Nialai Ambang Batas) atau KTD (Kadar Tertinggi Diperkenankan), maka pencemaran udara tidak dapat dihindarkan lagi. Karbon monoksida sangat beracun bagi manusia, sebab akan

bereaksi dengan haemoglobin dan mengurangi kadar oksigen yang dapat bereaksi dengan haemoglobin yang akan diangkut ke seluruh tubuh, dengan demikian manusia akan kekurangan oksigen untuk keperluan pembakaran dalam tubuhnya, manusia menderita sakit kepala bahkan dapat menjadi lemas dan pingsan.

Ozon merupakan oksidator kuat, dalam konsentrasi kecil 0,2 ppm dapat merusak daun tumbuh-tumbuhan, karet menjadi keras dan memudarkan warna tekstil. Gas SO₂ dan gas H₂S merusak tumbuh-tumbuhan dan menyebabkan sifat asam bila dalam udara lembab, sehingga akan merusak logam, tekstil, dan hewan.

Senyawa hidrokarbon dan gas oksida-oksida nitrogen dapat menyebabkan iritasi pada mata dan mengganggu pernafasan. Sedangkan partikel-partikel zat dapat menyebabkan alergi pada kulit, sakit mata, mengganggu pernafasan dan bila menempel pada daun akan menghalangi masuknya energi matahari pada daun untuk proses fotosintesis.

b. Bahan pencemar air

Senyawa organik dan senyawa anorganik yang terdapat dalam air dapat menyebabkan pencemaran air minum, meskipun untuk keperluan industri mungkin air tersebut belum dikatakan tercemar. Sampah dan buangan-buangan kotoran dari rumah tangga, pertanian, dan pabrik/industri dapat mengurangi kadar oksigen dalam air yang sangat dibutuhkan oleh kehidupan dalam air. Di bawah pengaruh bakteri anaerob senyawa organik akan terurai dan menghasilkan gas-gas NH₃ dan H₂S dengan bau busuknya. Penguraian senyawa-senyawa organik juga menghasilkan gas-gas beracun dan bakteri-bakteri patogen yang akan mengganggu kesehatan air.

Deterjen tidak dapat diuraikan oleh organisme lain kecuali oleh ganggang hijau dan yang tidak sempat teruraikan ini akan menimbulkan gangguan pencemaran air. Senyawa-senyawa organik seperti pestisida, DDT, juga merupakan bahan pencemar air. Sisa-sisa penggunaan pestisida yang berlebihan akan terbawa aliran air pertanian dan akan masuk ke dalam rantai makanan dan masuk dalam jaringan tubuh makhluk hidup yang memakan makanan itu.

Bahan pencemar air yang paling berbahaya adalah air raksa. Senyawa-senyawa air raksa, berasal dari pabrik kertas, lampu merkuri. Karena pengaruh bakteri anaerob garam anorganik Hg dengan adanya senyawa hidrokarbon akan bereaksi membentuk senyawa dimetil merkuri, (CH₃)₂Hg yang larut dalam air tanah dan masuk dalam rantai makanan yang akhirnya dimakan oleh manusia.

Energi panas juga dapat menjadi bahan pencemar air, misalnya penggunaan air sebagai pendingin dalam proses di suatu industri atau yang digunakan pada reaktor atom, menyebabkan air menjadi panas. Air yang menjadi panas, selain mengurangi kelarutan oksigen dalam air juga dapat berpengaruh langsung terhadap kehidupan dalam air.

c. Bahan pencemar tanah

Pupuk buatan, obat pembasmi hama seperti pestisida, herbisida, bila digunakan secara berlebihan dapat menimbulkan pencemaran tanah, merubah sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologis tanah, sehingga mengganggu pertumbuhan tumbuh-tumbuhan. Sampah dan bahan

buangan benda-benda padat yang makin meningkat jumlahnya dapat menjadi bahan pencemar tanah, apalagi yang sukar diuraikan oleh bakteri pengurai.

Sebagai sumber pencemar tanah yang lainnya adalah bahan radioaktif, yang masuk ke dalam rantai makanan dan akhirnya dapat menyebabkan kematian pada makhluk yang memakannya. Misalnya unsur Sr_{90} sebagai hasil fisi nuklir dapat mempengaruhi perkembangan xilem pada tumbuh-tumbuhan dan tulang hewan, yang akan menyebabkan jaringan tubuh menjadi lemah.

Latihan

- 1) Jelaskan mengapa bahan-bahan kimia dapat tersebar dalam lingkungan hidup!
- 2) Sebutkan dan jelaskan bahan-bahan kimia pencemar lingkungan.
- 3) Jelaskan mengapa komposisi bahan kimia berbeda dalam medium udara, air dan tanah!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk membantu anda dalam menjawab soal latihan nomor 1 dan 2 tersebut silahkan anda pelajari kembali materi tentang Bahan-bahan kimia yang terdapat dalam lingkungan hidup.
- 2) Untuk membantu anda dalam menjawab soal latihan nomor 3 tersebut silahkan anda pelajari kembali materi tentang Bahan kimia atmosfer, hidrosfer dan litosfer.

Ringkasan

Bumi ini terdiri dari beberapa bagian/lapisan antara lain atmosfer (udara), hidrosfer (air) dan litosfer (tanah). Ketiga lapisan ini merupakan medium fisik tempat tersebarnya berbagai bahan kimia. Bahan-bahan kimia yang tersebar dalam atmosfer pada umumnya berbentuk gas dan partikel-partikel debu/kotoran yang membentuk aerosol dengan udara. Komponen yang paling banyak dari udara adalah gas nitrogen, kemudian disusul gas oksigen. Ada komponen-komponen udara dengan kadar tertentu dapat menyebabkan terjadinya pencemaran udara.

Dalam medium hidrosfer terdapat bermacam-macam bahan kimia berupa gas-gas dan ion-ion yang terlarut dan partikel-partikel kotoran berupa senyawa organik dan mineral-mineral membentuk suspensi dengan air. Komposisi bahan kimia dalam air tidak sama untuk setiap daerah atau setiap jenis air, komposisi bahan kimia dalam air tawar berbeda dengan komposisi bahan kimia dalam air laut. Oksigen dalam air kadarnya dipengaruhi oleh suhu dalam air itu, suhu naik kadar gas oksigen dan kadar gas-gas lainnya akan menurun.

Medium tanah (litosfer) banyak mengandung bahan-bahan kimia baik dalam bentuk gas, ion-ion, padatan, logam-logam, senyawa-senyawa organik, bakteri dan binatang-binatang kecil lainnya. Dalam medium tanah paling banyak terdapat bahan-bahan kimia, karena dalam tanah selain bahan-bahan kimia yang tersebut di atas juga mengandung air

dan udara juga terdiri dari bahan-bahan kimia. Komposisi udara atmosfer berbeda dengan komposisi udara dalam rongga tanah.

Tes 1

Petunjuk: Beri tanda silang (x) pada pilihan jawaban a, b, c, atau d yang Anda anggap paling benar.

- 1) Bahan-bahan kimia di bawah ini yang kesemuanya merupakan komponen udara (atmosfer) adalah:
 - A. Oksigen, nitrogen, karbon dioksida, gas mulia, uap air
 - B. Oksigen, nitrogen, logam-logam, ion-ion, uap air
 - C. Oksigen, nitrogen, karbon dioksida, ion-ion, gas mulia
 - D. Oksigen, nitrogen, karbon dioksida, karbon monoksida, logam.

- 2) Bahan-bahan kimia yang terdapat dalam air (hidrosfer) adalah:
 - A. Gas oksigen, gas karbon dioksida, gas mulia, mineral, senyawa organik, logam-logam
 - B. Gas oksigen, gas karbon dioksida, gas sulfur dioksida, gas metana, mineral
 - C. Gas oksigen, gas karbon dioksida, mineral, senyawa organik, ion garam
 - D. Gas oksigen, gas karbon dicksida, mineral, senyawa organik, logam-logam.

- 3) Bahan-bahan kimia yang tersebar dalam tanah (litosfer) adalah:
 - A. Gas oksigen, karbon dioksida, mineral, senyawa organik, nitrogen
 - B. Gas Oksigen, karbon dioksida, mineral, logam-logam, senyawa organik
 - C. Nitrogen, karbon dioksida, mineral, senyawa organik, sulfur dioksida
 - D. Oksigen, karbon dioksida, mineral, logam-logam, nitrogen, senyawa organik.

- 4) Bahan kimia yang paling banyak tersebar dalam udara (atmosfer) adalah:
 - A. Oksigen
 - B. Karbon dioksida
 - C. Nitrogen
 - D. Karbon monoksida.

- 5) Bahan pencemar udara di bawah ini yang mengganggu fungsi haemoglobin adalah gas:
 - A. karbon dioksida
 - B. karbon monokasida
 - C. Metana
 - D. ozon.

- 6) Bahan pencemar tanah (litosfer) adalah:
- A. logam-logam berat
 - B. senyawa organik
 - C. Unsur perunut
 - D. Ion-ion garam.
- 7) Gas oksigen paling banyak terdapat dalam (pada suhu yang sama):
- A. Litosfer
 - B. Atmosfer
 - C. Air tawar
 - D. Air laut.
- 8) Gas karbon dioksida dalam litosfer jumlahnya jauh lebih banyak daripada dalam atmosfer, karena:
- A. Karbon dioksida mudah larut dalam air
 - B. Karbon dioksida lebih berat daripada udara
 - C. Dalam litosfer banyak penguraian senyawa karbon
 - D. Tumbuh-tumbuhan mengambil karbon dioksida dari udara.
- 9) Unsur nitrogen yang berada dalam atmosfer tidak dapat dalam bentuk
- A. N_2
 - B. N_2O
 - C. NH_3
 - D. NO_3
- 10) Unsur bahan kimia yang paling banyak terdapat dalam litosfer adalah :
- A. Silikon
 - B. Karbon
 - C. Nitrogen
 - D. Oksigen

Topik 2 Proses Kimia dalam Lingkungan

A. DAUR BEBERAPA BAHAN KIMIA

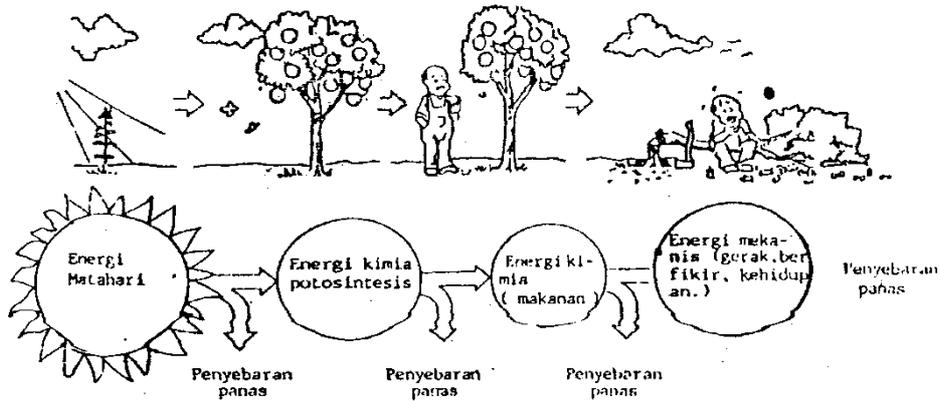
Dalam ilmu lingkungan hidup telah kita pelajari bahwa dalam lingkungan hidup ada daur materi dengan energi matahari sebagai sumber energi. Dalam daur materi ini terjadi pertukaran susunan unsur-unsur dari bentuk susunan yang satu menjadi bentuk susunan yang lain. Daur materi yang disebut juga sebagai daur kimia ini, dalam lingkup besar dapat anda lihat dalam gambar 1.1 di bawah ini



Gambar 1.1
Daur Materi

Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

Dalam proses daur materi bahan kimia dalam lingkup besar ini mengikutsertakan semua komponen lingkungan hidup, baik komponen biotik maupun komponen abiotik, dengan energi matahari sebagai sumber energi. Energi matahari yang digunakan dalam proses daur materi sebagai sumber energi ini, selanjutnya diubah menjadi energi kimia dalam proses fotosintesis menghasilkan makanan, kemudian bila makanan dimakan oleh manusia dan hewan (herbivora, omnivora dan karnivora) energi kimia diubah lagi menjadi energi mekanik dan energi panas yang selalu dikeluarkan pada setiap proses perubahan energi yang terjadi. Pertukaran energi matahari menjadi bentuk-bentuk energi lainnya dapat anda lihat dalam gambar 1.2 berikut ini.



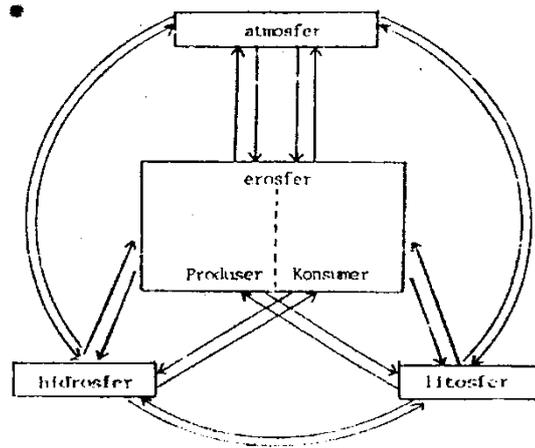
Gambar 1.2
Degradasi energy

Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

Dalam pertukaran bentuk-bentuk energi ini terjadi degradasi energi. Sebagai sumber energi adalah energi matahari sebagian mengalami degradasi menjadi energi yang kualitasnya lebih rendah yaitu energi panas yang dipancarkan/dikeluarkan ke lingkungan hidup pada setiap terjadinya pertukaran bentuk energi.

Dari sekian banyak unsur-unsur kimia yang tersebar dalam lingkungan hidup, yang memegang peranan penting dan harus ada dalam jumlah banyak untuk kehidupan antara lain adalah karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen, fosfor, dan belerang. Unsur-unsur ini berada dalam lingkungan hidup berupa senyawa organik dan senyawa anorganik. Keenam unsur tersebut dapat digolongkan ke dalam "macronutrients". Selain unsur-unsur macronutrients ini, masih ada lagi unsur-unsur yang diperlukan untuk kehidupan hanya dalam jumlah sedikit sekali yaitu besi, magnesium, tembaga, yodium, dan ini digolongkan ke dalam "micronutrients".

Karena keenam unsur macronutrients ini diperlukan, dalam jumlah banyak, maka perlu ada daur unsur-unsur bahan kimia ini dari sumbernya di (dalam air, udara, dan tanah) melewati jaringan makanan (fotosintesis, tumbuh-tumbuhan, herbivora, omnivora, dan karnivora) kembali lagi ke sumbernya (setelah diuraikan oleh bakteri). Daur materi/bahan kimia ini disebut juga "Biogeochemical cycles" (=daur biogeokimia), atau daur materi Gambar 1.3 di bawah ini merupakan bagan daur biogeokimia/daur materi yang terjadi dalam lingkungan hidup.



Gambar 1.3
"Biogeochemical cycles"

Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

Untuk pertumbuhan dan proses kehidupan, makhluk hidup memerlukan kurang lebih 40 macam unsur kimia. Unsur-unsur hidrogen, karbon, dan oksigen merupakan unsur pokok pembentuk karbohidrat melalui proses fotosintesis sebagai langkah pertama dengan energi matahari sebagai sumber energi. Dalam setiap proses daur materi terjadi degradasi, energi matahari menjadi energi yang lebih rendah antara lain energi panas.

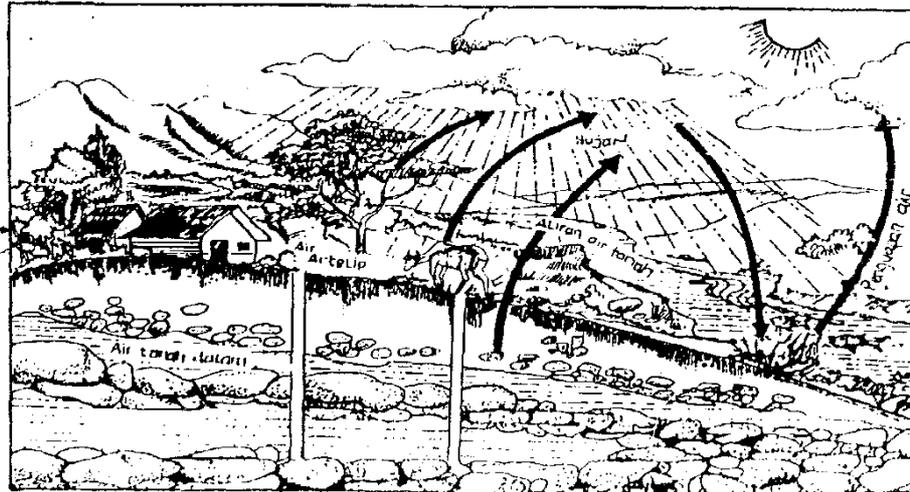
Unsur-unsur nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, belerang magnesium dan besi merupakan unsur-unsur yang sangat diperlukan oleh tumbuh-tumbuhan dan hewan. Unsur-unsur lainnya yang juga diperlukan untuk kehidupan dalam jumlah sedikit antara lain Zn, Na, Mn, P, Cl, Cu, Co. Unsur-unsur ini meskipun dalam jumlah sedikit, sangat diperlukan adanya dalam kehidupan unsur-unsur yang demikian disebut unsur perunut. Unsur perunut ini bila jumlahnya menjadi banyak akan mengganggu kehidupan, tetapi harus ada untuk proses kehidupan. Agar kebutuhan akan unsur-unsur untuk kehidupan tidak terganggu, maka perlu adanya perputaran bahan kimia (unsur-unsur) ini yang telah diatur oleh alam sendiri.

Daur bahan kimia ini dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu daur bahan kimia yang berbentuk gas dan daur bahan kimia yang membentuk endapan:

1. Daur bahan kimia dalam bentuk gas.
Unsur-unsur yang proses perputarannya melalui atmosfer, selalu melalui bentuk gas antara lain unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan belerang.
2. Daur unsur-unsur dalam bentuk endapan.
Daur unsur-unsur ini tidak melalui atmosfer dan tersimpan dalam tanah, siklusnya melalui tanah dan organisme. Unsur-unsur yang termasuk dalam kelompok ini adalah logam-logam. ad.1 Daur bahan kimia dalam bentuk gas

a. *Daur air.*

Air tidak hanya penting untuk kehidupan, melainkan penting juga untuk mengatur struktur dan fungsi lingkungan hidup. Daer air merupakan daur bahan kimia, yang paling penting. Daer bahan-bahan lain pada umumnya bergantung pada adanya air sebagai pelarut. Daer air terjadi dalam semua unit ekosfer (hidrosfer, atmosfer dan litosfer) baik dalam bentuk uap air maupun dalam bentuk cairan. Proses daer air dapat Anda perhatikan dalam gambar 1.4 di bawah ini.



Gambar
1.4 Daer Air

Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

Dalam daer air tidak terjadi proses kimia, hanya terjadi perubahan bentuk yaitu bentuk cair dan bentuk uap.

b. *Daur karbon*

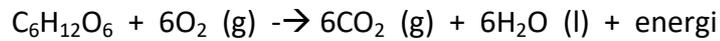
Daur karbon termasuk satu jenis daur bahan kimia yang paling sederhana, ini dapat Anda lihat dalam gambar 5 berikut. Gas karbon dioksida yang tersebar dalam atmosfer (0,03%) hanya merupakan satu dari sekian banyak sumber unsur karbon yang ada dalam ekosfer (dalam lingkungan hidup). Gas karbon dioksida dalam proses fotosintesis tereduksi, kemudian membentuk senyawa organik sebagai bahan makanan. Senyawa organik dalam bentuk bahan makanan ini teroksidasi dalam proses pernafasan terurai lagi menjadi gas karbon dioksida. Sisa-sisa senyawa organik (tumbuh-tumbuhan hewan yang mati dan sampah-sampah) teroksidasi menjadi, gas karbon dioksida, ini merupakan proses, yang sangat lambat. Proses ini tidak semuanya menghasilkan gas karbon dioksida, tetapi sebagian membentuk bahan bakar seperti minyak bumi dan batu bara. Proses ini berlangsung sangat lambat sejak beribu-ribu tahun yang lampau. Secara keseluruhan proses kimia dalam daur karbon dapat dituliskan sebagai berikut:

■ Kimia Lingkungan ■

Proses fotosintesis



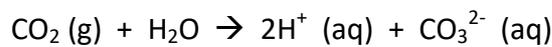
Proses pernapasan



Penguraian senyawa organik dalam tanah

Senyawa organik \rightarrow batu bara + minyak bumi

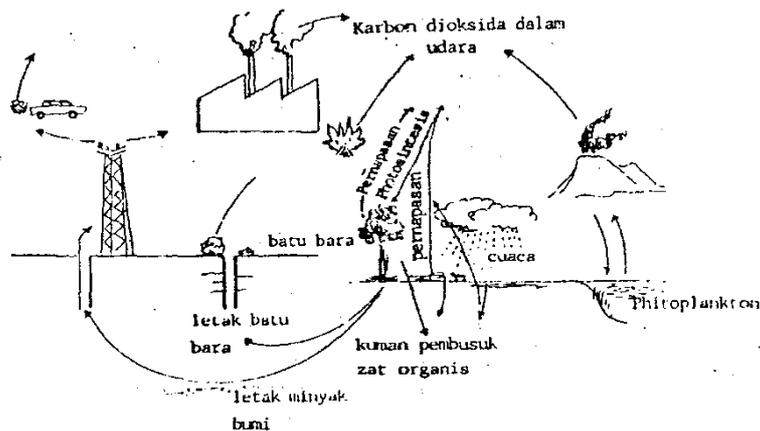
Gas karbon dioksida yang ada dalam atmosfer akan terlarut dalam air hujan membentuk senyawa karbonat.



Gas karbon dioksida yang terlarut dalam air hujan juga membentuk bikarbonat



Jumlah gas karbon dioksida yang terlarut dalam air laut jauh lebih banyak kira-kira 50x daripada gas karbon dioksida yang terdapat di atmosfer. Air laut juga banyak mengandung unsur kalsium dan ini membantu penguraian larutan gas karbon dioksida membentuk endapan kalsium karbonat, dan batu karang.

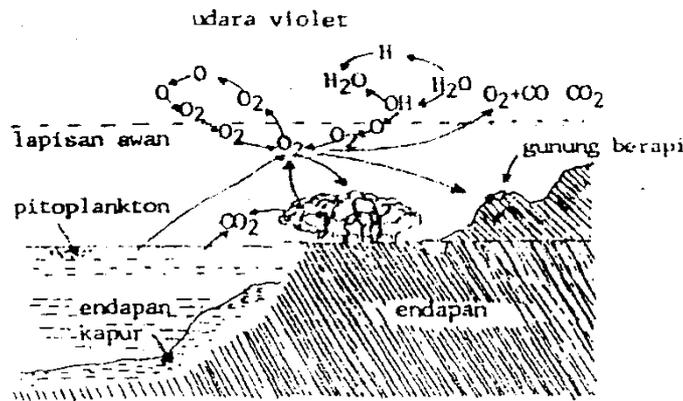


Gambar 1.5
Daur-karbon

Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

c. *Daur oksigen*

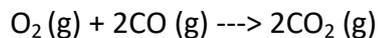
Unsur oksigen banyak terdapat dalam atmosfer, mencapai 21%. Oksigen juga terdapat dalam air baik sebagai oksida-oksida maupun sebagai karbonatnya. Selama proses fotosintesis tumbuh-tumbuhan melepaskan gas oksigen yang kemudian digunakan oleh makhluk hidup dalam proses pernafasan dan untuk proses oksidasi senyawa-senyawa organik. Unsur oksigen yang tersebar dalam lingkungan hidup, selain berbentuk gas oksigen O_2 , bermacam-macam oksida dan ion karbonat, juga dalam bentuk gas ozon. Lapisan ozon terdapat di stratosfer bagian luar, berfungsi sebagai pelindung kehidupan dari gangguan radiasi ultra violet. Secara lengkap daur oksigen dapat Anda lihat dalam gambar 6 di bawah ini.



Gambar 1.6
Daur oksigen

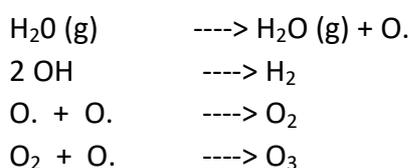
Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

Persamaan reaksi yang terjadi dalam daur oksigen adalah sebagai berikut: Oksigen dalam atmosfer bereaksi dengan gas karbon monoksida hasil pembakaran kendaraan bermotor dan yang dikeluarkan gunung berapi menghasilkan karbon dioksida.



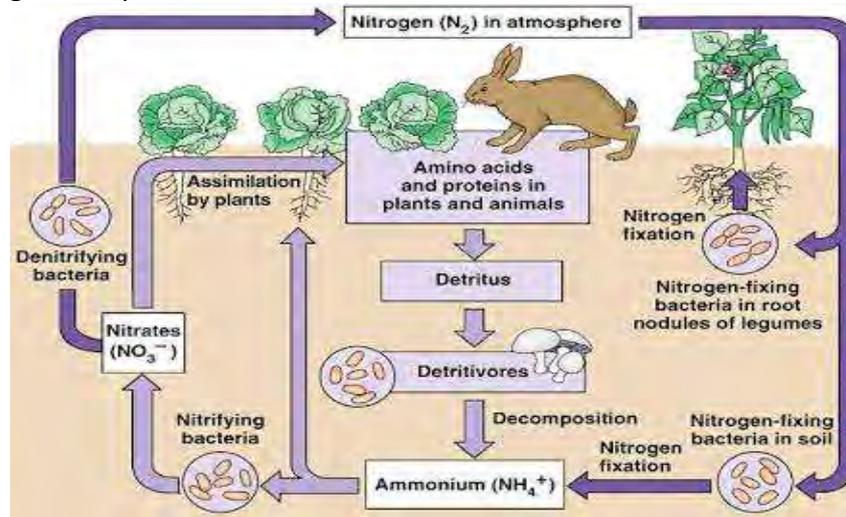
Oksigen merupakan hasil radiasi ultra violet terhadap uap air dalam atmosfer, kemudian gas oksigen yang terbentuk akan membentuk gas ozon yang kemudian terurai lagi menjadi gas oksigen dengan persamaan reaksi sebagai berikut :

ultra violet



d. Daur nitrogen

Dalam gambar 1.7 Anda dapat mempelajari bagaimana proses terjadinya daur nitrogen dalam lingkungan hidup.

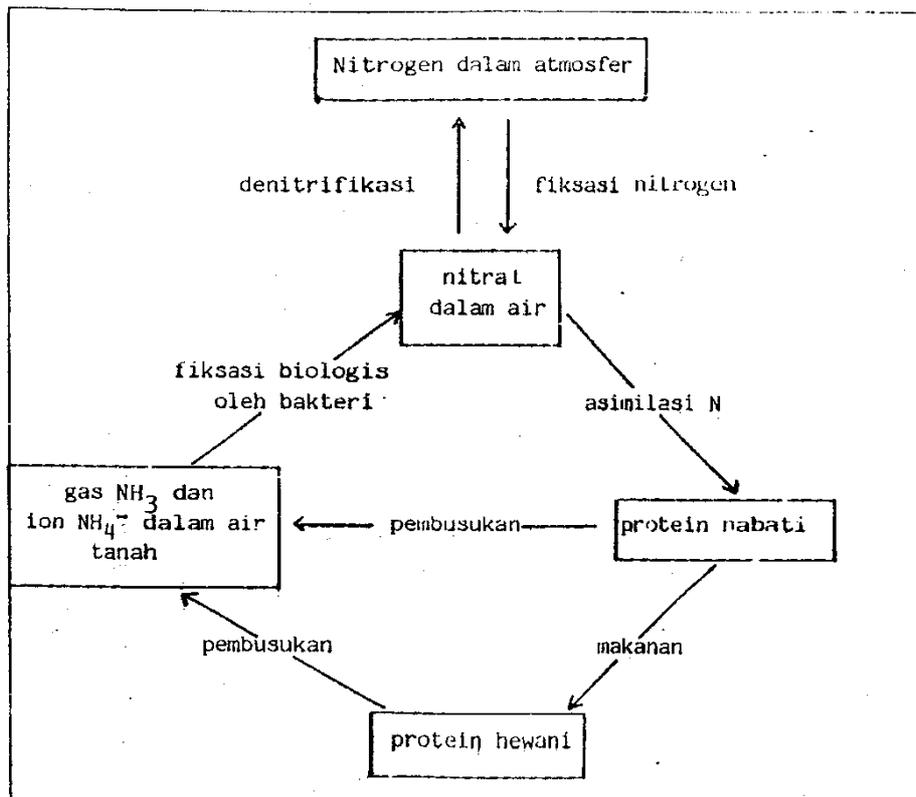


Gambar 1.7
Daur nitrogen

Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

Daur nitrogen ini merupakan suatu daur bahan kimia yang sangat kompleks dan sangat penting dalam lingkungan hidup. Unsur nitrogen banyak terdapat dalam atmosfer dalam bentuk gas nitrogen N_2 , mencapai 78% volume udara bersih dan kering. Tetapi tidak dapat digunakan secara langsung oleh tumbuh-tumbuhan untuk proses asimilasi N. Setelah diubah menjadi gas NH_3 senyawa nitrat, senyawa nitrit atau senyawa amonium yang terlarut dalam air tanah. Baru dapat digunakan: oleh tumbuh-tumbuhan.

Bagan di bawah ini merupakan rangkuman mengenai proses daur nitrogen yang terjadi di lingkungan hidup.



Gambar 1.8
Bagan daur nitrogen

Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

Dalam proses daur nitrogen di lingkungan hidup terjadi beberapa proses kimia antara lain:

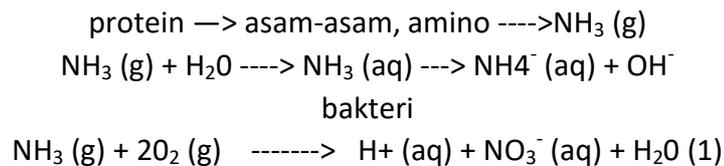
Fiksasi nitrogen. Yang dimaksud dengan fiksasi nitrogen adalah proses perubahan gas nitrogen menjadi senyawa nitrat NO_3^- yang akan larut dalam air. Proses fiksasi nitrogen ini sebagian disebabkan oleh arus listrik yang terjadi pada waktu ada halilintar.



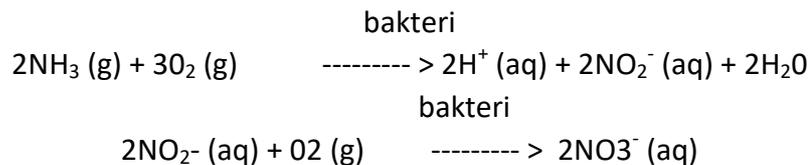
Pada daerah tropik sering, terjadi halilintar, maka lebih banyak gas nitrogen terfiksasi menjadi senyawa nitrat. senyawa nitrat yang terjadi akan larut dalam air hujan turun ke tanah. Hal ini berarti banyak terdapat ion-ion nitrat terlarut dalam air tanah. Proses fiksasi yang terjadi selain disebabkan oleh adanya arus listrik pada waktu ada halilintar, dapat juga terjadi karena adanya bakteri. Proses fiksasi karena bakteri ini sangat penting disebut fiksasi

biologis. Lebih banyak nitrat yang terbentuk melalui fiksasi biologis daripada melalui fiksasi listrik pada waktu halilintar.

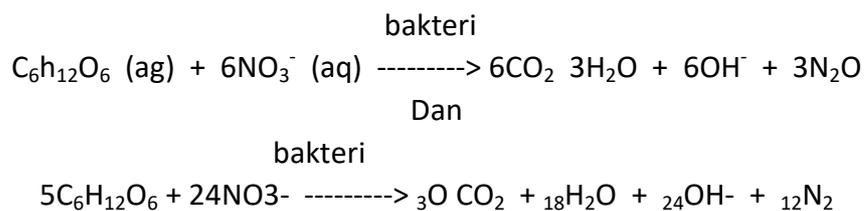
Reaksi amonifikasi. Reaksi amonifikasi adalah hama reaksi yang diberikan pada reaksi penguraian protein (tumbuh-tumbuhan dan hewan yang mati) menjadi asam-asam amino dan gas amonia oleh bakteri. Gas amonia yang terbentuk sebagian diambil oleh tumbuh-tumbuhan untuk pertumbuhannya, sebagian lagi masuk ke atmosfer. Pada kondisi tertentu gas amonia teroksidasi menjadi nitrat



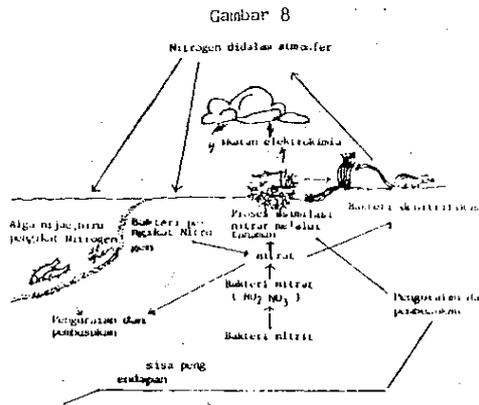
Reaksi nitrifikasi. Nitrifikasi adalah istilah yang diberikan pada proses perubahan gas amonia NH_3 menjadi senyawa, nitrat oleh bakteri. Reaksi nitrifikasi merupakan reaksi dua tahap, tahap pertama adalah pembentukan senyawa nitrit dari gas amonia, tahap berikutnya adalah perubahan senyawa nitrit menjadi senyawa nitrat. Karena pembentukan senyawa nitrat ini melalui senyawa nitrit, maka proses perubahan gas amonia menjadi senyawa nitrat ini disebut reaksi nitrifikasi.



Reaksi denitrifikasi. Sebagian dari senyawa nitrat yang terlarut dalam air tanah akan tereduksi lagi menjadi gas nitrogen, nitrogen oksida dan gas amonia. Sebagian besar dari oksigen dalam senyawa nitrat digunakan oleh bakteri anaerob untuk mengoksidasi karbohidrat.



Dalam gambar di bawah ini anda dapat mengetahui bagaimana proses daur nitrogen yang terjadi di lingkungan dengan nama bakteri-bakteri pengurai untuk setiap bentuk nitrogen menjadi bentuk-bentuk lain nitrogen.

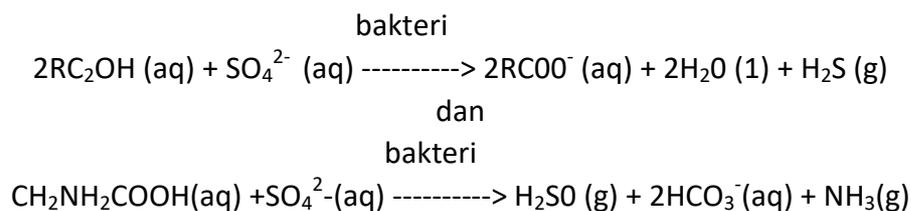


Gambar 1.9
Nitrogen dalam atmosfer

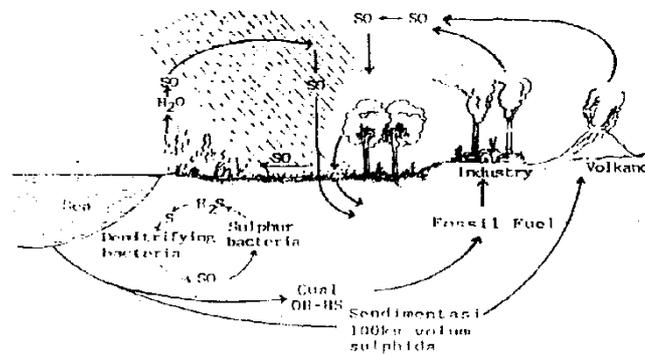
Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

e. Daur belerang

Daur unsur belerang dalam lingkungan hidup, sama rumitnya dengan daur unsur nitrogen, banyak terdapat dalam bentuk oksidanya dan bentuk sulfidanya. Unsur belerang yang diperlukan oleh tumbuh-tumbuhan adalah dalam bentuk senyawa sulfatnya. Unsur belerang lebih banyak terdapat dalam tanah daripada dalam atmosfer, sedangkan unsur nitrogen lebih banyak terdapat dalam atmosfer daripada yang terdapat dalam tanah. Unsur belerang yang terdapat dalam tanah diubah oleh bakteri menjadi bentuk sulfat yang larut dalam air tanah, kemudian digunakan oleh tumbuh-tumbuhan untuk pertumbuhannya. Gas-gas oksida belerang dan gas hidrogen sulfida yang terdapat dalam atmosfer adalah merupakan hasil pembakaran minyak bumi. Gas-gas oksida belerang dan hidrogen sulfida ini terlarut dalam air hujan menjadi senyawa sulfat yang terlarut dalam air tanah. Senyawa sulfat ini dapat berubah menjadi oksidanya kembali hanya oleh tumbuhan lumut tertentu senyawa-senyawa sulfat yang terlarut dalam air tanah diambil oleh tumbuh-tumbuhan untuk pertumbuhannya, diubah menjadi komponen protein nabati. Protein nabati dari tumbuh-tumbuhan yang telah mati akan diubah kembali oleh bakteri menjadi belerang, hidrogen sulfida dan oksida belerang yang terlarut dalam air tanah. Senyawa sulfat dalam tanah atas bantuan bakteri tertentu dapat mengoksidasi senyawa organik (tumbuh-tumbuhan dan hewan yang mati) yang terdapat dalam tanah dengan melalui proses kimia yang persamaan reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut:



Gambar 1.10 berikut ini merupakan proses daur belerang yang terjadi dalam lingkungan hidup.



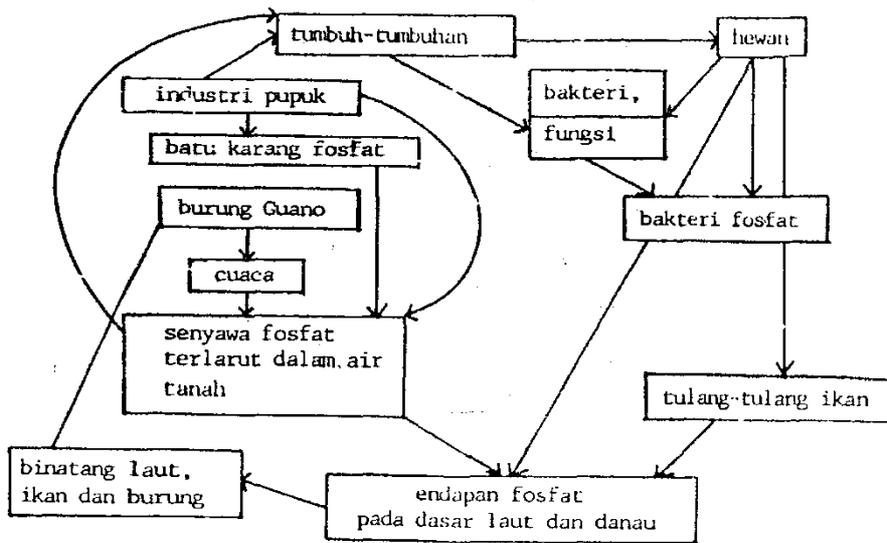
Gambar 1.10
Daur Belerang

Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

f. Daur fosfor

Daur unsur fosfor dalam lingkungan hidup relatif lebih sederhana bila dibandingkan dengan daur bahan kimia lainnya tetapi mempunyai peran penting sebagai pembawa energi dalam bentuk ATP. Daur unsur fosfor adalah daur bahan kimia yang menghasilkan endapan seperti halnya daur kalsium yang akan dibahas berikut ini. Dalam lingkungan hidup tidak ditemukan senyawa fosfor dalam bentuk-gas, unsur fosfor yang terdapat dalam atmosfer adalah partikel-partikel fosfor padat.

Batu karang dalam tanah terkikis karena pengaruh cuaca menjadi senyawa-senyawa fosfat oleh tumbuh-tumbuhan untuk hidupnya/pertumbuhannya. Penguraian senyawa organik (tumbuh-tumbuhan dan hewan yang mati) menghasilkan senyawa-senyawa fosfat yang dapat menyuburkan tanah pertanian. Sebagian senyawa-senyawa fosfat yang terlarut dalam air tanah terbawa aliran air sungai menuju ke laut atau ke danau, kemudian mengendap pada dasar laut atau dasar danau. Dengan demikian lama kelamaan keadaan senyawa fosfat akan berkurang, tanah menjadi kurang subur.

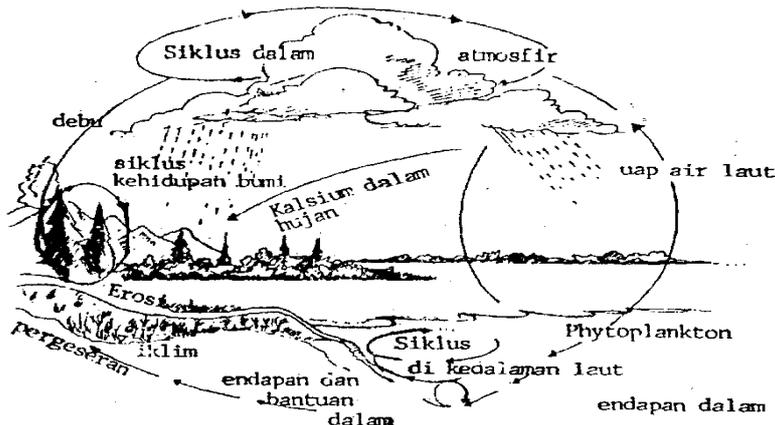


Gambar 1.11
Daur fosfor

Sumber : "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon

g. Daur kalsium

Daur kalsium merupakan salah satu contoh daur bahan kimia dalam bentuk endapan. Daur kalsium ini dapat terjadi dalam semua bagian ekosfer, dalam bentuk partikel-partikel debu. Gambar di bawah ini menunjukkan daur kalsium yang terjadi dalam lingkungan hidup (ekosfer).



Gambar 1.12
Daur kalsium

Dalam daur bahan kimia yang berupa endapan seperti tersebut diatas, selain unsur kalsium juga terdapat bahan-bahan kimia lainnya meskipun dalam jumlah kecil. Karena pengaruh cuaca, batu karang terurai (melapuk) menjadi unsur-unsur pembentuknya yang berguna bagi organisme dalam tanah. Debu partikel-partikel unsur ini terbawa angin memenuhi lingkungan hidup yang kemudian akan terlarut dalam air hujan turun ke tanah, sebagian terbawa arus air terkumpul menuju danau atau laut.

B. UNSUR-UNSUR PERTUKARAN BAHAN KIMIA

Bahwa selama perputaran bahan-bahan kimia pada umumnya terjadi pertukaran susunan unsur-unsur bahan kimia dari bentuk satu menjadi bentuk yang lain. Bila Anda kaji dengan baik, pertukaran susunan unsur-unsur bahan kimia yang terjadi selama perputaran bahan-bahan kimia ini antara lain terjadi:

1. Pertukaran susunan unsur-unsur dari bentuk susunan molekul gas yang satu menjadi bentuk molekul gas yang lain.
Contoh : gas nitrogen N_2 menjadi gas nitrogen dioksida NO_2
2. Pertukaran susunan unsur-unsur dari bentuk molekul gas menjadi bentuk ion.
Contoh: gas nitrogen N_2 menjadi ion nitrat NO_3^-
3. Pertukaran susunan unsur-unsur dari ion menjadi molekul organik.
Contoh: Ion Nitrat NO_3^- menjadi molekul protein nabati
4. Pertukaran susunan dari bentuk molekul organik menjadi bentuk gas.
Contoh: Molekul protein menjadi gas NH_3
5. Pertukaran susunan unsur-unsur bentuk molekul menjadi bentuk ion.
Contoh: Molekul protein menjadi ion amonium NH_4^+
6. Pertukaran susunan unsur-unsur dari bentuk ion menjadi bentuk ion lainnya.
Contoh: Ion Nitrit NO_2^- menjadi ion nitrat NO_3^-

Pertukaran susunan unsur-unsur yang terjadi selama perputaran bahan kimia seperti tersebut diatas merupakan proses perubahan kimia, karena terjadi/terbentuk bahan kimia baru yang sifatnya berbeda dengan sifat bahan kimia asalnya.

Dalam daur bahan kimia yang terjadi di lingkungan hidup, selain merupakan proses perubahan kimia seperti beberapa contoh diatas, ada juga yang merupakan perubahan fisika, karena hanya terjadi perubahan wujud saja, sedangkan sifatnya masih sama dengan sifat bahan kimia asalnya. Sebagai contoh, dalam daur air tidak terbentuk bahan kimia baru, tetapi hanya terjadi perubahan wujud cair menjadi wujud gas kemudian kembali lagi menjadi wujud cair lagi dan kadang-kadang terjadi wujud padatnya. Air menguap menjadi uap air

kemudian mengembun menjadi air kemabli kadang-kadang dapat menjadi es atau salju. Selain terjadi perubahan wujud dalam daur bahan kimia ada juga yang mengalami perubahan bentuk yaitu dari bentuk benda padat yang besar, menjadi bentuk serbuk yang disebut partikel-partikel. Contoh, karena pengaruh cuaca gunung kapur atau gunung batu kalsium dapat berbentuk menjadi partikel-partikel senyawa lain yang kemudian beterbangan masuk dalam atmosfer.

Setiap proses pertukaran susunan unsur-unsur dari bentuk yang satu menjadi bentuk yang lain mempunyai istilah/nama tertentu misalnya, oksidasi, mengendap, menguap, mengembun, membeku dan lain-lain. Istilah-istilah ini ada yang termasuk istilah proses perubahan kimia (ionisasi, oksidasi, fiksasi, denitrifikasi), ada yang termasuk proses perubahan fisika (melarut, mengendap, menguap, mengembun, membeku). Sedangkan istilah melapuk atau pelapukan dapat termasuk baik untuk proses kimia maupun untuk proses fisika. Apabila dalam proses pelapukan terjadi penguraian suatu bahan menjadi bahan-bahan kimia lain yang sifatnya berbeda dengan sifat bahan kimia asalnya, maka berarti pelapukan disini merupakan proses kimia. Contoh melapuknya senyawa karbon (daun-daunan yang berguguran, tumbuh-tumbuhan dan hewan mati termasuk jenazah manusia) mengurai menjadi humus yang mengandung mineral-mineral, maka pelapukan disini termasuk proses kimia. Sedangkan apabila dalam pelapukan hanya terjadi perubahan bentuk kristal besar menjadi bentuk kristal kecil yang disebut partikel-partikel, maka pelapukan ini merupakan proses fisika. Contoh melapuknya batu-batu (batu karang) menjadi partikel-partikel/debu yang disebabkan pengaruh cuaca, kemudian partikel-partikel ini dapat berterbangan masuk atmosfer atau melarut dalam air atau terbawa aliran air.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan, bahwa dalam proses pelapukan terjadi peristiwa penguraian atau peristiwa degradasi bahan-bahan kimia menjadi bahan-bahan kimia yang lebih sederhana susunan unsur-unsurnya (proses kimia) atau menjadi bahan kimia yang sama susunan unsur-unsurnya, tetapi lebih kecil bentuknya (proses fisika)

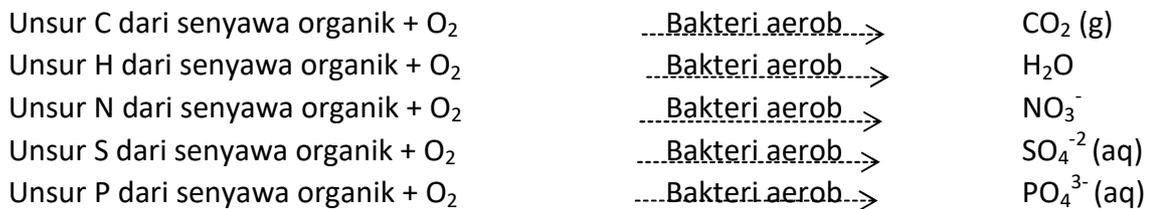
Proses pelapukan yang termasuk proses fisika biasanya terjadi karena pengaruh cuaca yang berubah-ubah. Sedangkan proses pelapukan yang termasuk proses kimia yang terjadi dalam lingkungan hidup dapat disebabkan oleh bakteri aerob atau bakteri anaerob. Bahan kimia baru sebagai hasil pelapukan senyawa karbon oleh bakteri aerob berbeda dengan yang dihasilkan dari pelapukan senyawa karbon yang sama oleh bakteri anaerob. Sebagai contoh pelapukan senyawa karbon yang mengandung unsur N yang disebabkan oleh bakteri aerob menghasilkan gas NH_3 dan asam nitrat. Sedangkan yang disebabkan oleh bakteri anaerob menghasilkan gas NH_3 dan amina. Pelapukan senyawa karbon yang mengandung unsur karbon (senyawa karbohidrat) oleh bakteri aerob menghasilkan gas karbon dioksida CO_2 , sedangkan pelapukan oleh bakteri anaerob menghasilkan gas metana CH_4 . Contoh-contoh lain dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 1.3
 Hasil akhir dari pelapukan oleh bakteri aerob dan pelapukan bakteri anaerob

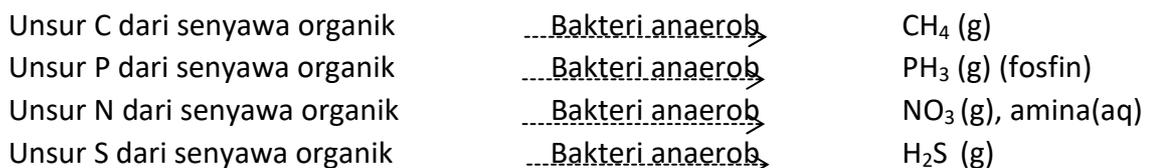
Senyawa karbon yang mengandung	Hasil akhir pelapukan oleh:	
	Bakteri aerob	Bakteri anaerob
C	CO ₂	CH ₄
P	H ₃ PO ₄	PH ₃ (fosfin)
N	NH ₃ dan HNO ₃	NH ₃ dan amina
S	H ₂ SO ₄	H ₂ S

Dikutip dari: "Chemistry Outlines", volume 2: Electives for Higher School Certificate Students, R.C. Warren and A.J. Sperring, Pergamon, hal 184.

Pelapukan senyawa oleh bakteri aerob dapat juga disebut proses oksidasi biologis, dengan persamaan reaksi sebagai berikut:

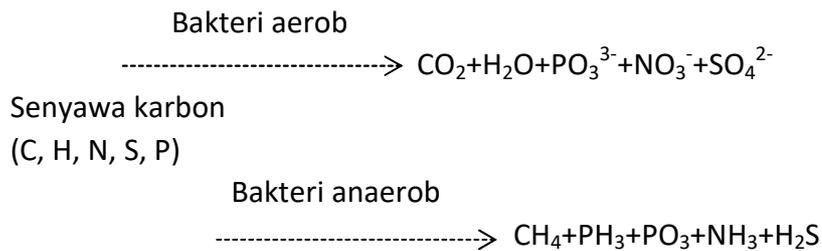


Pada umumnya bahan kimia dari proses pelapukan oleh bakteri aerob berupa mineral-mineral yang terlarut dalam air dan sangat berguna bagi kehidupan dalam tanah, untuk pertumbuhan tumbuh-tumbuhan. Sedangkan bahan kimia sebagai hasil pelapukan oleh bakteri anaerob berupa gas-gas beracun dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Proses pelapukan oleh bakteri anaerob senyawa karbon yang menghasilkan gas-gas beracun ini disebut proses pembusukan, dengan persamaan sebagai berikut:



Gas-gas yang dihasilkan itu mempunyai bau tidak enak (bau busuk) dan dapat meracuni lingkungan hidup.

Unsur-unsur C, H dan O adalah merupakan unsur-unsur pokok pembentuk senyawa karbon, unsur-unsur tersebut selalu ada dalam senyawa karbon dalam jumlah besar. Sedangkan unsur-unsur N, S, dan P tidak selalu ada dalam setiap senyawa karbon. Meskipun senyawa karbon dari tumbuh-tumbuhan dan hewan yang mati mengandung unsur-unsur tersebut, jumlahnya tidak sebanyak unsur-unsur C, H, dan O. Secara singkat reaksi yang terjadi pada proses pelapukan terhadap senyawa karbon dapat dituliskan sebagai berikut:



Pelapukan senyawa karbon oleh bakteri anaerob menghasilkan gas-gas beracun seperti yang diuraikan di atas dan dapat mencemari lingkungan. Pelapukan secara fisis juga akan mencemari lingkungan, sebab partikel-partikel hasil pelapukan batu karang beterbangan terbawa angin masuk ke atmosfer, juga dapat mencemari udara bersih dan mengganggu kesehatan manusia.

C. PEMANFAATAN PROSES PELAPUKAN

Diatas telah kita bidarakan bahwa pelapukan senyawa karbon oleh bakteri aerob menghasilkan bahan-bahan kimia/mineral yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan dan kehidupan tumbuh-tumbuhan. Tanpa adanya pelapukan oleh bakteri aerob (bakteri pengurai), mineral yang tersedia sangat diperlukan oleh tumbuh-tumbuhan akan habis terpakai. Sebagai contoh bila tidak ada bakteri nitrat, senyawa nitrat yang ada akan habis terpakai oleh tumbuh-tumbuhan untuk hidupnya, tumbuh-tumbuhan pun akan mati. Selain itu bila tidak ada bantuan bakteri pengurai, maka sampah senyawa karbon yang berupa tumbuh-tumbuhan dan hewan yang mati akan menumpuk/menggunung memenuhi bumi kita ini. Lalat, bibit penyakit makin banyak dan dapat mengganggu kesehatan manusia.

Kita seyogyanya berterima kasih dengan diciptakannya bakteri pengurai oleh Yang Maha Pencipta. Dimana-mana ada bakteri yang membantu kita untuk melapukkan sampah dan bahan-bahan bangunan lain menjadi bahan kimia yang berguna untuk kehidupan. Dengan demikian, maka di lingkungan hidup terjadi daur bahan kimia untuk menyeimbangkan keadaan bahan kimia.

Untuk pelapukan senyawa karbon oleh bakteri anaerob yang menghasilkan gas beracun, dapat mengganggu kesejahteraan dan kesehatan manusia. Pelapukan senyawa karbon selain menghasilkan gas beracun juga memberikan bau busuk dan kemungkinan tersebar nya bakteri patogen, bibit-bibit penyakit. Bakteri anaerob bila ada gas oksigen akan mati. Oleh karena itu agar tidak terjadi pencemaran lingkungan oleh timbulnya gas beracun dan bau busuk yang disebabkan oleh pelapukan senyawa karbon oleh bakteri anaerob, maka anda harus berusaha untuk mencegahnya, agar tidak terjadi pelapukan oleh bakteri anaerob.

Lapisan ganggang yang menutupi permukaan air sungai yang alirannya tidak deras, menyebabkan terhalangnya oksigen (udara bersih) dan energi matahari masuk dalam air sungai tersebut. Hal ini akan mengurangi terpenuhinya kebutuhan oksigen dan energi matahari. Kebutuhan oksigen untuk kehidupan dalam air sungai termasuk untuk pelapukan

senyawa karbon, diambil hanya dari oksigen yang terlarut dalam air sungai. Dengan berkurangnya oksigen, kehidupan dalam air terganggu, termasuk bakteri aerob akan mati sedangkan bakteri anaerob akan tumbuh dengan subur. Pelapukan senyawa karbon oleh bakteri anaerob berlangsung dengan baik, bau busuk dan gas-gas beracun makin banyak dan menyebabkan lingkungan hidup dalam air sungai terganggu atau tercemar.

Latihan

- 1) Setelah Anda mempelajari daur bahan kimia yang terjadi dalam, lingkungan hidup, bagaimana pendapat Anda mengenai hubungan antara daur bahan kimia yang satu dengan yang lain? Adakah hubungan antara daur oksigen dengan daur bahan kimia yang lain?
- 2) Buatlah suatu bagan yang menunjukkan hubungan antara daur oksigen dengan daur karbon!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk menjawab latihan ini hendaknya anda membandingkan daur berbagai jenis bahan kimia yang tercantum dalam bab 1 topik 2 ini, teliti bahan kimia apa saja yang terdapat dalam setiap daur bahan kimia. Dari sana anda dapat menyimpulkan bahwa pada setiap jenis daur bahan kimia ternyata mengikutsertakan unsur oksigen dan unsur hidrogen.
- 2) Untuk membuat bagan daur yang menunjukkan adanya hubungan antara daur oksigen dan perputaran karbon, anda dapat mempelajari dan kemudian merangkumkan gambar 1.5 dan gambar 1.6.

Ringkasan

Dalam lingkungan hidup fisik (atmosfer, hidrosfer, litosfer) tersebar bermacam-macam bahan kimia, baik dalam bentuk gas, larutan maupun padatan baik dikarenakan proses alam maupun karena kegiatan manusia, keadaan bahan kimia ini dapat berubah, menjaga keseimbangan keadaan bahan kimia ini, alam mengadakan daur bahan-bahan kimia. Berdasarkan pada keadaan bentuk bahan kimia yang ada dalam daur ini, maka daur bahan kimia dapat dikelompokkan menjadi daur bahan kimia dalam bentuk gas dan daur bahan kimia yang ada dalam bentuk padatan. Beberapa macam daur bahan kimia dalam bentuk gas antara lain daur oksigen, perputaran nitrogen, daur belerang, daur karbon, dan daur air. Sedangkan daur bahan kimia yang menghasilkan endapan antara lain daur fosfor dan daur kalsium.

Tes 2

Beri tanda silang (X) pada option a, b, c, atau d yang Anda anggap paling benar.

- 1) Sebagai sumber energi yang digunakan dalam peristiwa daur bahan kimia di lingkungan hidup adalah energi:
 - A. panas
 - B. kimia
 - C. listrik
 - D. matahari

- 2) Hal-hal berikut ini yang tidak terjadi pada daur bahan kimia di lingkungan hidup adalah:
 - A. Pertukaran susunan unsur-unsur dari bentuk yang satu menjadi bentuk yang lain.
 - B. Diperlukan bantuan bakteri pengurai (aerob atau anaerob) pada suatu tahap tertentu.
 - C. Degradasi energi matahari menjadi bentuk-bentuk energi lain yang lebih rendah kualitasnya.
 - D. Daur bahan kimia yang terjadi di lingkungan hidup selalu mengikutsertakan air

- 3) Dalam pertukaran bahan kimia di lingkungan hidup selalu mengikutsertakan unsur:
 - A. Karbon
 - B. Nitrogen
 - C. Oksigen
 - D. Kalsium

- 4) Dalam proses daur bahan kimia selalu terjadi proses:
 - A. Oksidasi
 - B. Ionisasi
 - C. Degradasi
 - D. Asimilasi

- 5) Fungsi lapisan ozon di atas atmosfer adalah sebagai:
 - A. Oksidator bagi unsur-unsur dalam lingkungan hidup
 - B. Pelindung terhadap radiasi sinar ultra violet
 - C. Pencegah terjadinya penguapan bahan kimia
 - D. Membantu berlangsungnya proses fotosintesis.

- 6) Unsur nitrogen yang diperlukan oleh tumbuh-tumbuhan adalah:
 - A. Gas nitrogen
 - B. Gas ammonia

🔍 ■ Kimia Lingkungan 🔍 ■

- C. Ion amonium
 - D. Ion nitrat
- 7) Daur bahan kimia yang menghasilkan endapan adalah daur:
- A. Karbon
 - B. Kalsium
 - C. Oksigen
 - D. Nitrogen
- 8) Proses terbentuknya senyawa nitrat dari gas nitrogen disebut proses:
- A. Asiminasi N
 - B. Denitifikasi
 - C. Fiksasi
 - D. Oksidasi
- 9) Daur bahan kimia dibawah ini yang tidak melalui gas oksidanya adalah daur:
- A. Fosfor
 - B. Nitrogen
 - C. Karbon
 - D. Belerang
- 10) Daur bahan kimia yang tidak melalui proses kimia adalah daur:
- A. Karbon
 - B. Oksigen
 - C. Air
 - D. Belerang

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

- 1) A
- 2) A
- 3) B
- 4) C
- 5) B
- 6) A
- 7) B
- 8) C
- 9) D
- 10) A

Tes 2

- 1) A
- 2) C
- 3) C
- 4) B
- 5) C
- 6) D
- 7) B
- 8) C
- 9) A
- 10) C

Daftar Pustaka

Giddings, J.C. (1973). Chemistry, Man and Environmental Change. New York, San Fransisco: Canfield Press.

Kormondy, E. J. (1978). Concepts of Ecology (2nd edition). New Delhi 110001: Prentice Hall of India Private Limited.

Miller G. Tyler Jr.(1982). Living in The Environment. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.

Stoker, H. Stephen and Seage, Spencer .L.(1972). Environmental ChunillAry;_ Air and Water Polution. London: Scott, Foresman and Company, Glenview,- Illinois.

Warren R. C and Spewing A. J. (1973) Chemistry Outline, volume 2 Electives, Perguson press.

BAB II

PARAMETER KIMIA AIR DAN AIR LIMBAH

Djoko Purwoko, SKM, M.Kes & Demes Nurmayanti, ST, M.Kes

PENDAHULUAN

Saudara mahasiswa, pada kesempatan ini kita berjumpa lagi, tentu dengan pembahasan yang lebih khusus dan menarik yaitu pembahasan tentang parameter air dan air limbah. Dalam bab 2 ada tiga topik yang akan dibahas yaitu topik yang berkaitan dengan senyawa-senyawa kimia yang ada dalam air dan air limbah, perubahan komposisi air karena adanya proses pencemaran baik secara alami ataupun yang diakibatkan manusia, cara menentukan titik pengambilan sampel air dan air limbah untuk pemeriksaan parameter kimia. Topik 1 ini akan membahas tentang senyawa-senyawa kimia yang ada dalam air dan air limbah, karena pentingnya materi ini untuk dipelajari lebih mendalam maka perlu dijelaskan terlebih dahulu tentang sifat dan karakteristik air dan air limbah berikut sumber-sumber pencemar air dan perubahan karakteristik air menjadi air limbah.

Topik 2, menjelaskan terjadinya perubahan komposisi kimia air oleh karena adanya proses pencemaran baik terjadi secara alami maupun oleh karena perilaku manusia (antropogenik). Bahasan topik ini berkaitan dengan dampak yang terjadi akibat pencemaran air dan air limbah terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia.

Pada topik 3, akan dibahas tentang cara menentukan titik pengambilan sampel air dan air limbah untuk pemeriksaan parameter kimia berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu SNI 6989.57: 2008 dan SNI 6989.59: 2008. Materi ini sangat penting karena merupakan kompetensi utama yang harus dimiliki dan kuasai oleh seorang tenaga sanitarian.

Sebagai seorang sanitarian anda harus menguasai kompetensi parameter kimia air dan air limbah dan mampu menerapkan teknik pengambilan, pengawetan, pelabelan dan pengiriman sampel parameter kimia air dan air limbah, serta dapat melakukan pemeriksaan sampel air dan air limbah yang dilakukan di laboratorium maupun di lapangan, serta mempunyai kemampuan untuk melakukan interpretasi hasil pemeriksaan dengan menggunakan pikiran kritis berdasar standar baku mutu kimia air dan air limbah yang berlaku.

Manfaat dari proses pembelajaran pada bab 2 ini yang pertama adalah mahasiswa dapat menguasai materi dan menjelaskan parameter kimia air dan air limbah serta dapat menerapkan teknik pengambilan, pengawetan, pelabelan sampai dengan pengiriman sampel kimia air dan air limbah secara tepat dan akurat. Manfaat yang kedua, setelah sampel diperoleh mahasiswa dapat melakukan pemeriksaan sampel kimia air dan air limbah baik di laboratorium maupun di lapangan sesuai parameter yang diukur dan berdasarkan SNI nya. Setelah itu mahasiswa dapat melakukan interpretasi hasil pemeriksaan sampel parameter

📌 ■ Kimia Lingkungan 📌 ■

kimia air dan air limbah secara kritis sesuai standar baku mutu kimia air dan air limbah yang berlaku.

Materi dalam bab 2 ini dilengkapi dengan latihan dan tes serta rambu-rambu jawaban di setiap topik dengan tujuan agar mahasiswa dapat dengan mudah mengukur sendiri kemampuan dan pemahamannya terhadap materi yang dipelajarinya. Bab 2 ini terbagi menjadi teori dan praktek. Teori yang disajikan melalui topik-topik sebagai berikut:

1. Topik 1 : Parameter kimia air dan air limbah
2. Topik 2 : Dampak kesehatan lingkungan akibat pencemaran kimia air dan air limbah.
3. Topik 3 : Titik pengambilan sampel parameter kimia air dan air limbah.

Sementara untuk panduan praktek disajikan pada topik tersendiri yang diberi judul panduan praktikum pengambilannya sampel, pengawetan, pelabelan, pengiriman, pemeriksaan dan interpretasi hasil sesuai standar mutu yang berlaku.

Topik 1

Sifat-sifat atau Karakteristik Kimia Air dan Air Limbah

Saudara mahasiswa dalam kehidupan sehari-hari apakah saudara tahu mengapa air sirup terasa manis dan air limbah berwarna keruh, itu adalah contoh bahwa air merupakan pelarut sejati. Sirup menjadi manis karena gula melarut dalam cairan sirup dan air limbah menjadi keruh karena adanya zat padat tersuspensi dalam bentuk koloid dalam limbah cair. Oleh sebab itu air secara kimiawi akan mengalami perubahan dan zat-zat yang larut tersebut sering disebut pencemar yang terdapat di dalam air.

Pencemar utama yang terdapat di dalam air dapat diklasifikasikan atas 3 kelompok yaitu :

1. Unsur atau senyawa ionik dan terlarut
2. Unsur atau senyawa non ionik dan tidak terlarut.
3. Gas-gas

Pencemar air yang bersifat terlarut diklasifikasikan lebih lanjut menjadi dua golongan tergantung pada muatan ionnya apakah positif atau negatif.

Pencemar-pencemar non ionik dan tak terlarut sering dikategorikan sebagai zat terapung atau sebagai koloidal dan bahan-bahan organik ini dapat diklasifikasikan baik sebagai ionik dan terlarut, maupun sebagai non ionik dan tak terlarut, yang tergantung pada sifat molekulnya. Sebagai contoh humates adalah ionik dan terlarut, sedangkan bahan samak adalah non ionik dan tak terlarut.

Dalam penilaian kualitas air, pencemar di dalam air biasa diklasifikasikan dengan cara-cara fisika, kimiawi dan biologi. Dengan demikian bakteri yang bersifat sebagai koloidal, nonionik dan pencemar-pencemar tak larut dianggap sebagai ciri-ciri biologis. Apabila air yang digunakan sebagai persediaan air bersih maka pencemar-pencemar fisika, kimiawi dan biologis yang mungkin terdapat dalam air disebut juga sebagai kontaminan.

Pada pembahasan bab II ini difokuskan pada parameter kimia air dan parameter kimia air limbah.

A. PARAMETER KIMIA AIR

Parameter kimia air dipergunakan untuk mengukur adanya zat-zat kimia dalam air yang memberikan informasi tentang kualitas air. Hasil pengukuran kualitas air berguna untuk merencanakan pengelolaan air, pemanfaatannya sebagai persediaan air minum. Penjelasan tentang parameter kimia air diuraikan lebih lanjut pada pembahasan berikut:

1. pH air

Digunakan sebagai pengukur sifat keasaman atau kebasaan air. Nilai pH diberi batasan sebagai bilangan logaritma negatif dari tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam mol perliter air murni pada suhu 24 derajat Celsius dengan rumus sebagai berikut:

$\text{pH} = -\text{Log} [\text{Ion H}^+]$ dihitung berkenaan dengan ion H^+ dan ion OH^-

Dan ternyata mengandung 10^{-7} molar per liter dari tiap-tiap jenis ion hidrogen dan ion hidroksida.

Dengan demikian pH air netral adalah 7, air yang pHnya lebih dari 7, bersifat basa. Nilai pH air biasanya didapat dengan suatu potensiometer yang mengukur potensial listrik yang dibangkitkan oleh ion-ion hidrogen atau dengan bahan celup penunjuk warna, misalnya metil orange atau fenoltalein.

2. Kation-kation dan anion-anion terlarut yang terdapat pada kebanyakan air seperti ;

- a. Kation-kation: Kalsium[Ca], Magnesium[Mg] rumus sebagai berikut: Magnesium (Mg^{++}), Potassium (K^+) dan Sodium (Na^+)
- b. Anion-anion: Bikarbonat (HCO_3^-), Karbonat (CO_3^{--}), Klorida (Cl^-), Hidroksida (OH^-), Nitrat (NO_3^-) dan Sulfat (SO_4^{--})

3. Alkalinitas air ($\sum \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{--} + \text{OH}^-$)

Berguna untuk mengukur kapasitas air dalam menetralkan asam-asam. Pada air alamiah, alkalinitas dikaitkan dengan konsentrasi bikarbonat, karbonat dan hidroksidanya. Alkalinitas total dinyatakan dengan padanan kalsium karbonat dalam milligram per liter.

4. Keasaman air

Berguna untuk mengukur jumlah suatu zat basa yang dibutuhkan untuk menetralkan air itu atau dinyatakan sebagai jumlah kalsium karbonat yang dibutuhkan untuk menetralkan air tersebut.

5. Karbon dioksida (CO_2)

Berguna untuk menguji perkaratan air dan kebutuhan dosis bila pengolahan kimiawi harus digunakan untuk memperkirakan pH bila konsentrasi bikarbonatnya diketahui.

6. Kesadahan (\sum kation-kation multi valent)

Berguna untuk mengukur kapasitas konsumsi sabun dan kecenderungan pembentukan skala air. Ion-ion logam terlarut yang bervalensi dua atau tiga, misalnya aluminium, besi, mangan dan seng, mempunyai sumbangan juga dalam pembentukan kesadahan air. Kesadahan dinyatakan dalam milligram per liter padanan dengan kalsium karbonat.

7. Hantaran Listrik (DHL)

Hantaran suatu contoh air ditetapkan dengan mengukur tahanan listriknya antara dua elektroda dan memperbandingkan tahanan ini dengan tahanan suatu larutan potasium klorida (KCl) baku pada 25°C . Bagi kebanyakan air, konsentrasi bahan padat terlarut dalam milligram per liter sama dengan 0,55 hingga 0,7 kali hantaran dalam mikroohms per

sentimeter pada 25°C. Nilai yang pasti dari koefisien ini tergantung pada jenis garam yang ada di dalamnya.

8. Logam-logam terlarut

a. Silikon dalam air

Silikon merupakan unsur terbanyak di kerak bumi setelah oksigen yaitu sebesar 27,7 %. Hal ini menyebabkan silikon tersebar luas dalam air. Konsentrasi normal dari silikon dalam air berkisar antara 1 sampai 30 mg / l sebagai SiO₂, meskipun kadang kala mencapai 100 mg / l. Suatu fenomena yang menarik adalah air laut di bagian permukaan umumnya mempunyai konsentrasi silikon sangat rendah karena unsur ini digunakan oleh kerang dan pembentukan tulang organisme laut.

Silika dalam air dapat juga berasal dari berbagai sumber, diantaranya dari sumber pencemaran. Senyawa silika digunakan dalam pembuatan detergen dan sebagai anti karat. Oleh karena itu ion dari senyawa silikon banyak ditemukan dalam air buangan baik limbah industri maupun limbah domestik.

b. Belereng dalam air

Secara umum sebagian besar belereng yang terdapat dalam air adalah S (IV) dalam ion sulfat, SO₄²⁻. Dalam kondisi anaerobik SO₄²⁻ dapat direduksi oleh aktivitas bakteri menjadi H₂S, sulfida atau garam sulfida yang tidak larut. Gas H₂S yang dihasilkan dari reduksi sulfat tersebut menyebabkan bau “ telur busuk “ yang dikeluarkan oleh banyak air yang tergenang dan air-air tanah. Adanya perbedaan jenis belereng (bilangan oksidasinya) dalam air menggambarkan adanya hubungan antara pH air, potensial, dan aktivitas bakteri.



Adanya H₂SO₄ di atmosfer inilah yang menyebabkan terjadinya hujan asam yang kadang kala pH-nya mencapai 4.

c. Klorida dan fluorida dalam air

Senyawa halogen, klorida, dan fluorida merupakan senyawa-senyawa umum yang terdapat pada perairan alami. Senyawa-senyawa tersebut mengalami proses disosiasi dalam air membentuk ion-ionnya. Ion klorida pada tingkat sedang relatif mempunyai pengaruh kecil terhadap sifat-sifat kimia dan biologi perairan. Kation dari garam-garam klorida dalam air terdapat dalam keadaan mudah larut, dan ion klorida secara umum tidak membentuk senyawa kompleks yang kuat dengan ion-ion logam. Ion ini juga tidak dapat dioksidasi dalam keadaan normal dan tidak bersifat toksik. Tetapi kelebihan garam-garam klorida ini dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang disebabkan oleh tingginya salinitas. Air ini tidak layak untuk keperluan pengairan dan rumah tangga.

Ion fluorida lebih penting dalam air dari pada ion-ion klorida. Fluor adalah salah satu unsur halogen yang keelektronegetatifnya paling tinggi dibandingkan unsur-unsur halogen lainnya.

Dalam media asam, ion fluorida membentuk asam hidrofluorat, yang mengion :



Harga pKa = 3,13 oleh karena itu, dalam kisaran pH air normal, fluorida lebih banyak terdapat sebagai F⁻ dari pada HF. Garam-garam fluorida dari kation-kation divalent mempunyai kelarutan sedang. Konstanta hasil kali kelarutan dari beberapa garam fluorida seperti tercantum dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1.
konstanta hasil kali kelarutan beberapa garam fluorida

Senyawa	Konstanta hasil kali kelarutan
BF ₂	1,05 x 10 ⁻⁶
CaF ₂	3,9 x 10 ⁻¹¹
pbF ₂	3,1 x 10 ⁻⁸
SrF ₂	2,7 x 10 ⁻⁹

Sumber: Henez et al. (1995, hal.)

Kelarutan AgF cukup besar dibandingkan senyawa AgCl, AgBr, dan AgI yang sangat rendah. Selain itu senyawa fluorida membentuk kompleks yang kuat dengan Be (II), dan Fe (III).

Beberapa sifat geokimia dan fisiologi ion fluorida berasal dari kenyataan bahwa ion ini mempunyai jari-jari dan muatan yang sama dengan ion OH. Sebagai konsekuensinya, fluorida dan hidroksida mempunyai tingkah laku yang sama. Oleh karena itu, ion fluorida dapat diganti dengan ion hidroksida dalam mineral-mineral seperti dalam bahan mineral gigi dan tulang.

Dalam kebanyakan air tawar ion fluorida umumnya terdapat dalam konsentrasi kurang dari 1 mg /l. konsentrasi yang melebihi 10 mg /l jarang ditemukan. Fluorida ditambahkan pada air untuk keperluan air minum rumah tangga yaitu mencegah kerusakan gigi dengan konsentrasi kurang lebih 1 mg /l.

d. Kalsium dan Magnesium dalam air

Secara umum dari kation-kation yang ditemukan dalam banyak ekosistem air tawar, kalsium mempunyai konsentrasi tinggi. Kalsium adalah unsur kimia yang memegang peranan penting dalam banyak proses geokimia. Mineral merupakan sumber primer ion kalsium dalam air. Diantara mineral-mineral primer yang berperan adalah gips, CaSO₄.2H₂O; anhidratnya, CaSO₄; dolomite, CaMg (CO₃)₂; kalsit dan aragonite yang merupakan modifikasi yang berbeda dari CaCO₃.

Air yang mengandung karbon dioksida tinggi mudah melarutkan kalsium dari mineral-mineral karbonatnya.



Reaksi sebaliknya akan berlangsung bila CO₂ hilang dari perairan. Karbon dioksida yang masuk perairan melalui keseimbangan dengan atmosfer tidak cukup besar konsentrasinya untuk melarutkan kalsium dalam perairan alami, terutama pada tanah. Pernafasan mikroorganisme, penghancuran bahan organik dalam air, dan sedimen berperan sangat besar terhadap kadar CO₂ dan HCO₃⁻ dalam air. Hal ini merupakan faktor penting dalam proses kimia perairan dan geokimia.

Ion kalsium, bersama-sama dengan magnesium dan kadang-kadang ion ferro, ikut menyebabkan kesadahan air, baik yang bersifat kesadahan sementara maupun kesadahan tetap. Kesadahan sementara disebabkan adanya ion-ion kalsium dan bikarbonat dalam air dan dapat dihilangkan dengan jalan mendidihkan air dengan reaksi:



Sedangkan kesadahan tetap disebabkan oleh adanya kalsium atau magnesium sulfat yang proses pelunakannya melalui proses kapur, soda abu, proses zeolit dan proses resin organik. Banyak ahli masak yang merasa terganggu oleh endapan putih kalsium karbonat, CaCO₃ yang terbentuk di dasar tempat pendidihan / panci karena adanya kesadahan sementara.

Air sadah juga tidak menguntungkan / mengganggu proses pencucian yang menggunakan sabun. Bila sabun digunakan pada air sadah, mula-mula sabun harus bereaksi lebih dahulu dengan setiap ion kalsium dan magnesium yang terdapat dalam air sebelum sabun dapat berfungsi menurunkan tegangan permukaan. Hal ini bukan saja akan banyak memboroskan penggunaan sabun, tetapi gumpalan-gumpalan yang terjadi akan mengendap sebagai lapisan tipis pada alat-alat yang dicuci sehingga mengganggu proses pembersihan dan pembilasan.

Deterjen mempunyai sifat yang agak berbeda dengan sabun, deterjen dapat menurunkan tekanan permukaan air tanpa harus bereaksi dahulu dengan setiap ion kalsium dan magnesium yang terdapat dalam air. Oleh karena itu deterjen dapat digunakan pada berbagai derajat kesadahan air. Sayangnya limbah deterjen kalau masuk ke lingkungan tidak dapat dihancurkan oleh mikroba. Tapi saat ini industri-industri sudah dapat memproduksi sejenis deterjen yang dapat dihancurkan oleh mikroba.

Ion kalsium Ca²⁺ mempunyai kecenderungan relatif kecil untuk membentuk ion kompleks. Dalam kebanyakan sistem perairan air tawar, jenis kalsium yang pertama – tama larut adalah Ca²⁺. Oleh karena itu pada konsentrasi HCO₃⁻ sangat tinggi, pasangan ion Ca²⁺ - HCO₃⁻ dapat terbentuk dalam jumlah yang cukup banyak. Hal yang sama dapat terjadi jika air yang kandungan sulfatnya tinggi membentuk pasangan ion Ca²⁺ - SO₄²⁻.

Tidak seperti halnya dengan kalsium yang densitas muatan dari ion Ca²⁺ relatif lebih kecil dibandingkan dengan ion logam-logam divalent lainnya, maka densitas muatan ion Mg²⁺ jauh lebih besar dan membentuk ikatan yang lebih kuat dengan air untuk melakukan hidrasi. Magnesium dalam air terutama ada sebagai ion Mg²⁺ HCO₃⁻ dan Mg²⁺ SO₄⁻ bila konsentrasi bikarbonat dan sulfat tinggi di dalam air.

Mineral-mineral seperti dolomit adalah sumber magnesium yang paling umum dalam air.



Pada umumnya konsentrasi magnesium dalam air tawar lebih kecil dibandingkan kalsium. Telah diteliti bahwa di lautan magnesium dalam bentuk larutan lebih lama dari kalsium. Hal ini disebabkan senyawa Mg^{2+} mengendap lebih lambat dibandingkan senyawa Ca^{2+} .

e. Logam alkali dalam air

Natrium umumnya terdapat dalam konsentrasi yang lebih tinggi di dalam air tawar dibandingkan dengan kalium. Ion natrium, sama dengan ion klorida, bila berdisosiasi dengan salinitas yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang cukup serius.

Kalium dalam perairan alami relatif rendah konsentrasinya dari natrium karena unsur tidak mudah dilepaskan dari sumbernya dan unsur ini mudah sekali diadsorpsi oleh mineral-mineral. Jenis sumber alami dari kalium adalah feldspar, esensial dan bergabung ke dalam bahan tanaman. Sebagai konsekuensinya bila terjadi kebakaran hutan dimana sering mengandung konsentrasi kalium yang tinggi. Suatu kenyataan bahwa hasil pencucian dari abu banyak digunakan oleh pioneer-pioneer sebagai sumber dari kalium hidroksida untuk pembuatan sabun.

f. Aluminium dalam air

Aluminium merupakan unsur terbanyak ketiga dalam kerak bumi. Kebanyakan aluminium yang dibawa air terdapat sebagai partikel-partikel mineral mikroskopik yang tersuspensi. Konsentrasi aluminium yang terlarut dalam kebanyakan air kemungkinan kurang dari 1,0 mg/l.

Pada nilai pH dari 4.0 jenis aluminium yang terlarut adalah $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})^{3+}$ dan ion Al^{3+} yang terhidrasi kehilangan ion hidrogen pada nilai pH lebih besar dari 4.0. Aluminium bersifat amfoter dan pada perairan alami dengan pH diatas kurang lebih 10, membentuk ion aluminat yang larut $\text{Al}(\text{OH})_4$. Ion fluorida membentuk kompleks yang sangat kuat dengan aluminium dan dengan adanya fluorida dengan konsentrasi tinggi akan membentuk jenis kompleks fluorida seperti AlF_2^{2+} mungkin akan terbentuk dalam air. Ion aluminium membentuk endapan dengan silika dan dengan ion ortofosfat.

g. Besi dalam Air

Besi adalah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin dan alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum dengan konsentrasi diatas kurang lebih 0,31 mg/l, sifat kimia perairan dari besi adalah sifat redoks, pembentukan kompleks, metabolisme oleh mikroorganisme, dan pertukaran dari besi antara fasa cair dan fase padat yang mengandung besi karbonat, hidroksida dan sulphide.

Besi (II) sebagai ion berhidrat yang dapat larut, Fe^{2+} , merupakan jenis besi yang terdapat dalam air tanah. Karena air tanah tidak berhubungan dengan oksigen dari atmosfer, konsumsi oksigen bahan organik dalam media mikroorganisme menghasilkan bentuk keadaan reduksi dalam air tanah. Oleh karena itu, besi dengan bilangan oksidasi rendah, yaitu Fe (II) umumnya ditemukan dalam air tanah dibandingkan Fe (III).

Secara umum konsentrasi Fe (II) terdapat dalam air tanah berkisar antara 1,0- 10 mg/l, namun demikian tingkat kandungan besi sampai sebesar 50 mg/l dapat juga ditemukan dalam air tanah ditempat-tempat tertentu. Air tanah yang mengandung Fe (II) mempunyai sifat yang unik. Dalam kondisi tidak ada oksigen, air tanah yang mengandung Fe (II) jernih, begitu mengalami oksidasi oleh oksigen yang berasal dari atmosfer, ion ferro akan berubah menjadi ion ferri dengan reaksi sebagai berikut :



dan air menjadi keruh, pada pembentukan besi (III) oksidasi terhidrat yang tidak larut menyebabkan air berubah menjadi abu-abu.

Besi (II) dapat terjadi sebagai stabil yang larut dalam dasar danau dan sumber air yang kekurangan oksigen. Ion FeOH^+ dapat terjadi dalam perairan yang bersifat basa, tetapi bila ada CO_2 maka terbentuk FeCO_3 yang tidak larut. Besi (II) dapat membentuk kompleks yang stabil dengan zat organik pengkompleks dan dapat larut dalam air.

Dalam perairan dengan pH sangat rendah, kedua bentuk ion ferro dan ferri dapat ditemukan. Hal ini terjadi bila perairan memperoleh buangan dari limbah tambang asam (Acid Mine Waters). Limbah yang bersifat H_2SO_4 dihasilkan oleh oksidasi, FeS_2 (bijih besi) melalui reaksi sebagai berikut :



Dan tahap selanjutnya oksidasi dari ion ferro menjadi ion ferri dalam suatu proses yang terjadi sangat lambat, dibawah pH 3,5 oksidasi tersebut dikatalisasi oleh bakteri besi, *thiobacillus ferrooxidans*. Bakteri lainnya yang terlibat dalam oksidasi besi dengan adanya air tambang asam adalah *thiobacillus thiooxidans* dan *thiobacillus ferrooxidans*.

Dengan bantuan ini ion ferri selanjutnya melarutkan pyrit



Ion ferro selanjutnya mengalami oksidasi menjadi ion ferri. Peristiwa tersebut merupakan siklus dari pelarutan pyrit.

Kerusakan perairan yang disebabkan oleh aliran limbah tambang asam ini diperlihatkan dengan penutupan permukaan air oleh, suatu lapisan yang sangat tipis dari $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang bersifat semigelatin.

h. Mangan Dalam Air

Toksisitas mangan (Mn) relatif sudah tampak pada konsentrasi rendah. Dengan demikian tingkat kandungan Mn yang diizinkan dalam air untuk keperluan domestik dengan konsentrasi sangat rendah, yaitu dibawah 0,05 mg/l. Dalam kondisi aerob, mangan dalam perairan terdapat dalam bentuk MnO_2 dan pada dasar perairan tereduksi menjadi Mn^{2+} atau dalam air yang kekurangan oksigen (DO rendah). Oleh karena itu pemakaian air yang berasal dari dasar suatu sumber air, sering ditemukan mangan dalam konsentrasi tinggi.

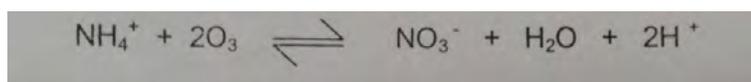
Air yang berasal dari sumber tambang asam dapat mengandung mangan terlarut, dan pada konsentrasi ± 1 mg /l dapat ditemukan pada perairan dengan aliran yang berasal dari tambang asam. Pada pH yang agak tinggi dan kondisi aerob terbentuk mangan yang tidak larut seperti, MnO_2 , Mn_3O_4 , atau $MnCO_3$ meskipun oksidasi dari Mn^{2+} itu berjalan relatif lambat.

i. Senyawa Nitrogen Dalam Air

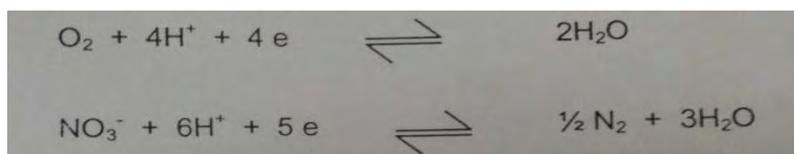
Senyawa-senyawa nitrogen terdapat dalam keadaan terlarut dan juga ditemukan sebagai bahan tersuspensi. Dalam air senyawa-senyawa ini memegang peranan sangat penting dalam perairan melalui reaksi-reaksi biologi perairan. Jenis-jenis nitrogen anorganik utama dalam bentuk nitrat (NO_3^-), dan ammonium (NH_4^+). Dalam kondisi tertentu terdapat dalam bentuk nitrit (NO_2^-). Sebagian besar dari nitrogen total dalam air terikat sebagai nitrogen organik, yaitu dalam bahan-bahan yang berprotein, juga berbentuk bahan pencemar dalam bentuk senyawa / ion- ion lainnya.

Nitrogen perairan merupakan penyebab utama pertumbuhan yang sangat cepat dari ganggang yang menyebabkan eutrofikasi. Pada umumnya nitrogen anorganik dalam perairan aerobik ada dalam keadaan bilangan oksidasi +5, yaitu NO_3^- , dan dengan bilangan oksidasi +3, dalam keadaan anaerob, sebagai NH_4^+ yang stabil.

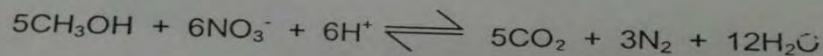
Ion ammonium dan amino nitrogen ($R-NH_2$) dalam bahan berprotein mengalami oksidasi dengan adanya katalis biologis yang cocok :



Reaksi ini dapat terjadi, misalnya dalam pengolahan air buangan dengan aerasi yang cukup dari limbah yang mengandung ion ammonium. Dalam keadaan tanpa oksigen, ion nitrat dapat sebagai penerima elektron dalam reaksi-reaksi dengan mikro organisme sebagai perantara.



Kemampuan ion nitrat sebagai penerima elektron digunakan dalam proses pengolahan air limbah untuk menghilangkan elektron dengan membiarkan ion nitrat mengoksidasi methanol melalui reaksi bermedia bakteri dalam kondisi anaerob :



Reaksi ini disebut denitrifikasi. Dalam keadaan ini terjadi perubahan semua senyawa tersebut menjadi ion NH_4^+ .

j. Senyawa fosfor

Dalam air, senyawa fosfor merupakan suatu komponen yang sangat penting dan sering menimbulkan permasalahan lingkungan. Fosfor termasuk salah satu dari beberapa unsur esensial untuk pertumbuhan ganggang dalam air. Pertumbuhan ganggang yang berlebihan disamping adanya hasil hancuran biomas dapat menyebabkan pencemaran kualitas air. Sumber fosfor adalah limbah industri, hanyutan dari pupuk, limbah domestik, hancuran bahan organik, dan mineral fosfat.

Fosfor dalam air terdapat baik sebagai bahan padat maupun bentuk terlarut. Fosfor dalam bentuk padat dapat terjadi sebagai suspensi garam-garam yang tidak larut, dalam bahan biologis, atau terabsorpsi dalam bahan padat. Fraksi yang paling baik dari senyawa fosfat yang terlarut paling mungkin terdapat dalam bentuk senyawa organik, sedangkan fosfor organik yang terlarut terjadi terutama sebagai bentuk ion ortofosfat (PO_4^{3-}). Protonasi sempurna dari ion ortofosfat menghasilkan H_3PO_4 yang mempunyai nilai $\text{pK}_1 = 2,17$; $\text{pK}_2 = 7,31$; dan $\text{pK}_3 = 12,36$. Dari nilai konstanta disosiasi asam ini dapat disimpulkan bahwa H_3PO_4 adalah asam yang sangat kuat dan PO_4^{3-} sangat basa bila terdapat dalam perairan alami. Oleh karena itu ion fosfat terbentuk sebagai H_2PO_4^- atau HPO_4^{2-} . Fosfat juga dapat berada sebagai ligan dalam sebuah kompleks logam. Karena fosfat bereaksi dengan sejumlah zat membentuk senyawa yang tidak larut, dan mudah diadsorpsi oleh tumbuh-tumbuhan. Konsentrasi fosfat anorganik terlarut dalam perairan konstan.

B. PARAMETER KUALITAS AIR LIMBAH

Parameter kualitas bulk organik merupakan ukuran jumlah zat organik yang terdapat dalam aliran limbah. Jenis parameter ini terdiri dari total organic carbon (TOC), chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), dan minyak dan lemak (O&G) atau total petroleum hydrocarbons (TPH). Parameter – parameter ini bukan merupakan ukuran suatu senyawa tertentu, melainkan lebih kepada kelompok dari senyawa tersebut.

Nilai TOC, COD, dan BOD menunjukkan jumlah zat organik yang terdapat dalam aliran limbah yang membutuhkan stabilitasi, atau oksidasi. BOD mengukur senyawa organik yang dapat diolah secara biologis. TOC dan COD masing-masing mengukur jumlah karbon dalam zat organik, dan jumlah karbon yang secara teoretis dapat dioksidasi menjadi karbondioksida dan berbagai zat organik teroksidasi. Sebagai contoh, aliran limbah dengan konsentrasi COD atau TOC yang tinggi dan konsentrasi BOD yang rendah menunjukkan bahwa limbah tersebut mengandung zat organik yang tidak dapat mengalami degradasi secara biologis. Contoh lainnya adalah, konsentrasi COD yang tinggi dan konsentrasi TOC yang rendah

menunjukkan bahwa terdapat zat organik yang dapat dioksidasi (COD inorganik biasanya tidak dapat diolah secara biologis).

Tabel 2.2.
Jenis kontaminan Dalam Air Limbah

Parameter Bulk Organik Parameter	Keterangan
TOC	Dapat beracun ; mengurangi oksigen terlarut
COD	Dapat beracun ; mengurangi oksigen terlarut
BOD	Mengurangi oksigen terlarut badan air penerima
Minyak dan lemak / TPH	Merusak vegetasi dan kehidupan akuatik
Parameter fisik	
TSS	Mempengaruhi turbiditas ; meracuni kehidupan akuatik
pH	Asam dan basa dapat meracuni kehidupan akuatik
Temperature	Mempengaruhi kehidupan akuatik
Warna	Mempengaruhi estetika dan merusak alga
Bau	Mempengaruhi kehidupan akuatik dan manusia ; estetika
Potensial redoks	Meracuni kehidupan akuatik
Parameter kontaminan spesifik	
NH ₃ / NO ₃	Meracuni kehidupan akuatik ; eutrofikasi
Fosfat	Eutrofikasi
Logam berat	Meracuni kehidupan akuatik dan manusia
Surfaktan	Meracuni kehidupan akuatik dan manusia ; estetika
Sulfida	Meracuni kehidupan akuatik dan manusia ; aestatika
Fenol	Meracuni kehidupan akuatik dan manusia; estetika
Toxic Organics	Meracuni kehidupan akuatik dan manusia
Sianida	Meracuni kehidupan akuatik dan manusia

Sumber: Henez, et al. (1995, hal,)

Keterangan :

TOC = Total Organic Carbon ; COD = Chemical Oxygen Demand

BOD = Biochemical Oxygen Demand ; Total Petroleum Hydrocarbons

TSS = Total Suspended Solids

Kontaminan spesifik dalam air limbah dapat berupa senyawa organik atau anorganik. Tabel 2.2 juga menyajikan beberapa daftar contoh senyawa yang umum. Senyawa spesifik lainnya yang terkandung dalam air limbah bervariasi tergantung dari jenis industrinya, dan kuantitas dalam efluen yang diijinkan dari setiap zat tersebut ditentukan oleh peraturan yang berlaku, yaitu baku mutu air limbah. Pada bagian berikut disajikan metode dan

karakterisasi air limbah yang paling penting, yaitu analisis terhadap kandungan padatan dan senyawa organik dalam air limbah.

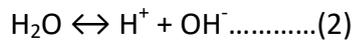
1. pH

Konsentrasi ion hidrogen merupakan salah satu parameter yang penting baik bagi air alamiah maupun air limbah. Cara yang umum dalam menyatakan kekuatan ion hidrogen adalah dengan menggunakan istilah pH, yang secara matematis dinyatakan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen.

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]\dots\dots\dots(1)$$

Rentang pH yang sesuai bagi keberlangsungan hidup sebagian besar kehidupan biologis memiliki nilai yang relatif sempit dan kritis yaitu 6 hingga 9. Air limbah yang memiliki konsentrasi ion hidrogen yang ekstrim akan sulit ditangani oleh proses pengolahan biologis, dan jika konsentrasi ion hidrogen ini tidak diubah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan, maka air buangan ini dapat mengubah konsentrasi ion hidrogen pada badan air di lingkungan. Air limbah yang dibuang ke lingkungan harus berada pada rentang pH yang masih diijinkan biasanya berkisar antara 6.5 hingga 8.5.

Konsentrasi hidrogen dalam air sangat terkait dengan jumlah molekul air yang terurai. Air akan terurai menjadi ion hidrogen dan hidroksida yang dapat dinyatakan sebagai berikut



Menurut reaksi kesetimbangan diperoleh :

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{\text{H}_2\text{O}} = K \dots\dots\dots(3)$$

K_w disebut sebagai konstanta ionisasi atau tetapan kesetimbangan air. Harga K_w pada suhu 25°C besarnya sekitar 1×10^{-14} . Persamaan (4) diatas digunakan untuk menghitung konsentrasi ion hidroksida jika konsentrasi ion hidrogen telah diketahui, demikian juga sebaliknya.

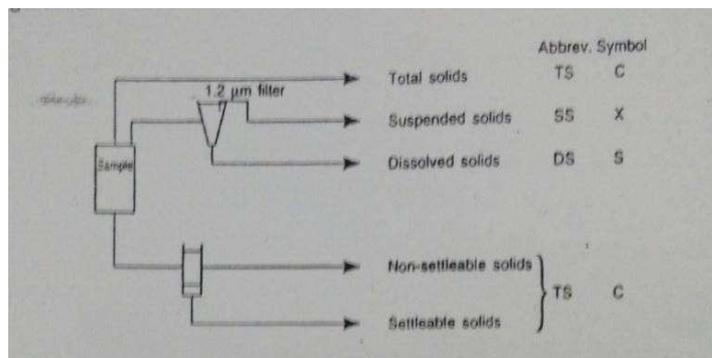
Besaran lain yang sering digunakan adalah pOH, yang didefinisikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidroksida, melalui persamaan (4) dapat dilihat bahwa untuk air pada suhu 25°C berlaku hubungan :

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \dots\dots\dots (5)$$

Nilai pH dari suatu larutan biasanya diukur menggunakan pH meter. Selain itu dapat juga digunakan berbagai jenis kertas pH tertentu. pH larutan ditentukan dengan membandingkan warna dari kertas pH atau larutan dengan serangkaian warna baku.

2. Padatan Tersuspensi, Terlarut, dan Terendapan

Pembagian polutan menjadi padatan terlarut dan tersuspensi merupakan hal yang penting. Hal ini disebabkan banyak proses pengolahan yang hanya efektif mengolah salah satu dari jenis polutan tersebut, namun pembagian padatan terlarut dan tersuspensi belum terdefiniskan secara baik. Di Denmark (Danish Standard) digunakan filter dengan pori berukuran 1.2 μm (Glass Fibre Filter). Filter ini menahan sebagian besar bakteri dan partikel lain dalam air. Pada kebanyakan Negara lainnya digunakan filter dengan ukuran pori 1 μm , atau 0.45 μm . Tentu saja filter ini menyingkirkan padatan tersuspensi lebih banyak. Padatan yang melewati filter didefinisikan sebagai padatan terlarut, S, padatan yang tertahan oleh filter disebut padatan tersuspensi, seperti disajikan pada gambar 2.1



Gambar 2.1.

Pemisahan padatan terlarut dan tersuspensi (Henze et al., 1995, hal.)

Untuk jumlah total padatan (TS), C, berlaku hubungan berikut :

$$C = S + X \quad (1)$$

Padatan terendapan (settleable solids) adalah jumlah padatan yang dapat mengendap setelah dua jam proses pengendapan. Hal ini untuk membedakan antara jumlah kandungan padatan pada sampel air limbah mula-mula (yang teraduk) dan kandungan padatan pada bagian atas kolam air setelah pengendapan selama dua jam. Informasi ini digunakan untuk mengetahui secara cepat, seberapa banyak kandungan padatan dapat dihilangkan dengan mudah pada proses pengendapan awal (primary sedimentation).

3. Senyawa organik

Air limbah biasanya mengandung ribuan zat organik yang berbeda. Kandungan organik tersebut sangat tidak mungkin diukur satu persatu. Oleh karena itu berbagai analisis dikembangkan untuk mengukur gabungan materi organik (bulk parameters) yang terdapat dalam air limbah. Kemungkinan analisis gabungan dapat diilustrasikan pada persamaan reaksi oksidasi materi organik. Pada contoh berikut disimbolkan oleh komposisi rata-rata $\text{C}_{18}\text{H}_{19}\text{O}_9\text{N}$:



Tabel 2.3.
Analisis materi organik dalam air limbah dan saling keterkaitan diantaranya

Elemen	Nama	Konsentrasi (g O ₂ / m ³)	
		Air limbah yang belum diolah	Air limbah yang diolah secara biologis tanpa nitrifikasi
C _{CODP}	Chemical oxygen demand (dengan kalsium permanganat dalam larutan alkalin)	180	30
C _{BOD}	5 hari biochemical oxygen demand	280	25
C _{BOD7}	7 hari biochemical oxygen demand	320	30
C _{BOD-}	Total biochemical oxygen demand	400	35
C _{COD}	Chemical oxygen demand (dengan kalium dikromat)	600	100
S _{S,COD}	Materi yang mudah terdegradasi, diukur sebagai COD	60	5
X _{S,COD}	Materi yang lambat terdegradasi	200	10
C _{TOD}	Total oxygen demand (pada 900°C, katalis platinum)	800	230
C _{TOD (teoritis)}	Total oxygen demand teoritis*	850	270
C _{TOC}	Total organik carbon (pada 800°C)	200**	35**
C _{TOC (teoritis)}	TOC teoritis	200**	35**

*dihitung secara stoikiometris, jika kandungan materi organik diasumsikan diketahui

** unit : g C / m

(Sumber: Henze et al., 1995, hal.)

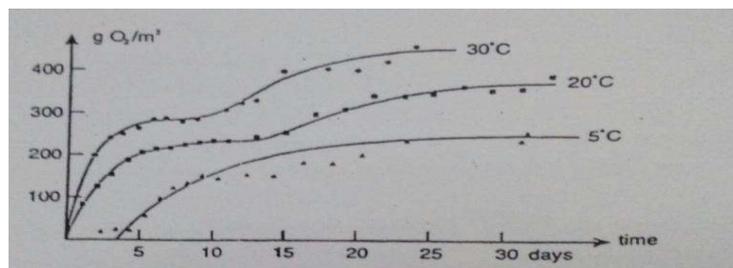
Untuk menggambarkan materi organik yang teroksidasi, terdapat dua kemungkinan pengukuran, pengukuran pertama adalah jumlah oksigen yang dikonsumsi, yang termasuk dalam kategori ini adalah analisis BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), dan TOD (Total Oxygen Demands). Kelompok yang kedua adalah

mengukur jumlah produksi karbon dioksida yang dikenal dengan nama analisis TOC (Total Organic Carbon)

4. *Biochemical oxygen demand (BOD)*

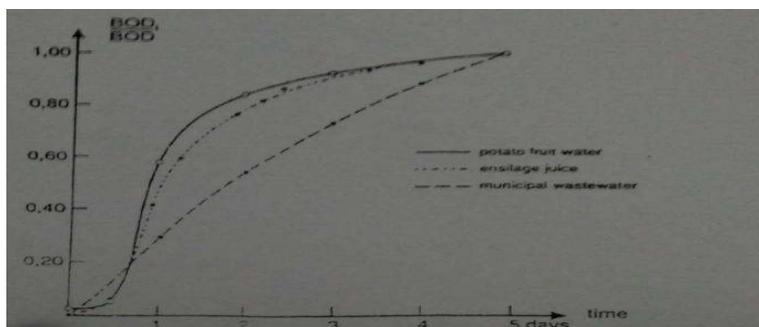
BOD, berarti analisis biochemical oxygen demand yang diinkubasi selama 5 hari. Analisa BOD dikembangkan di Inggris diakhir tahun 1900 an. Analisis ini dilakukan karena teramati bahwa pada air yang tercemar selalu mengalami kekurangan oksigen yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme. Seberapa besar kekurangan oksigen yang dibutuhkan untuk memulihkan pencemaran, inilah yang merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran.

Analisis BOD digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen (akibat aktivitas mikroorganisme) untuk mengoksidasi materi organik dan amoniak. Selama lima hari, sebagian besar dari senyawa yang dapat terbiodegradasi (biodegradable) akan teroksidasi, seperti yang digambarkan dengan garis yang hampir mendatar pada kurva 20°C setelah mencapai 5 hari, seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2
. Kurva BOD (Henze et al., 1995, hal.)

Kebutuhan oksigen, pada umumnya, hanya diukur pada hari ke lima, tidak ada informasi yang tersedia tentang bentuk kurva, apa yang terjadi selama lima hari proses inkubasi. Bentuk kurva tersebut bisa bervariasi seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3
Contoh laju degradasi yang berbeda untuk air limbah industri dan domestik (Henze, et al., 1995, hal.)

Metode pengenceran adalah metode yang paling sering digunakan. Air yang tercemar dicampur dengan air bersih yang telah diaerasi. Campuran tersebut kemudian dituangkan ke dalam botol BOD hingga penuh, kemudian ditutup sedemikian rupa, sehingga tidak ada udara di atas cairan tersebut. Mikroorganisme yang berbeda dalam air tercemar akan mengkonsumsi oksigen.

Hal yang sangat penting adalah untuk memastikan keberadaan oksigen dalam botol uji yang cukup untuk aktivitas mikroba selama 5 hari. Jika oksigen habis, atau konsentrasinya menjadi terlalu rendah pada pengukuran di hari ke lima, maka hasil pengukuran tidak dapat digunakan. Oleh karena itu sangat perlu untuk membuat beberapa variasi pengenceran, sehingga paling tidak satu botol uji yang mengandung oksigen dalam jumlah cukup besar setelah 5 hari dapat diperoleh. Berdasarkan kebutuhan oksigen selama lima hari dan volume air tercemar dalam botol uji, BOD dapat dihitung. Satuan yang digunakan adalah g/m^3 (atau mg/l)

Perlu diketahui bahwa BOD_5 hanya mewakili sebagian materi yang dapat terdegradasi secara biologis. Analisis yang lebih lengkap didapatkan dengan menambahkan durasi analisa dari lima hari menjadi berkisar di antara rentang 20 dan 30 hari yang dikenal dengan nama BOD_∞ atau $\text{BOD}_{\text{ultimate}}^*$ pada air limbah domestik, nilai (BOD_∞) umumnya sekita 40 dan 50 persen lebih tinggi daripada BOD (lima hari), atau $\text{BOD} / \text{BOD}_\infty$ berkisar antara 0.6-0.7. Perbandingan $\text{BOD} / \text{BOD}_\infty$ bagaimana pun bisa bervariasi, tergantung dari jenis asal air limbah, dan nilai tersebut menjadi lebih rendah bagi air hasil pengolahan biologis.

5. **Chemical oxygen demand (COD_p dan COD)**

Pada analisis COD ada dua oksidator kimia berbeda yang digunakan, yaitu kalium permanganat dan kalium dikromat. Standar Nasional Indonesia (SNI) menggunakan metode yang digunakan oleh US-EPA (United States of Environmental Agency) adalah metoda kalium dikromat. Dengan demikian, apabila tidak ada keterangan apapun yang menyertainya, maka analisis COD yang dimaksud adalah metoda dikromat.

Kalium permanganat digunakan untuk menentukan chemical oxygen demand (COD_p).permanganat adalah oksidator yang relatif lebih lemah dibandingkan dengan dikromat, sehingga hanya sebagian senyawa organik yang akan teroksidasi secara sempurna. Pada umumnya analisis ini digunakan untuk memperkirakan pengenceran yang diperlukan pada saat akan menguji nilai BOD.

Oksidasi dengan kalium dikromat, akan menghasilkan oksidasi yang lebih lengkap, termasuk oksidasi terhadap bermacam- macam senyawa anorganik, seperti terhadap senyawa NO_2^- , S^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, Fe^{2+} , dan SO_3^{2-} . Ammonium dan amoniak, yang dilepaskan oleh oksidasi dari nitrogen organik, tidak dioksidasi oleh kalium dikromat, dengan demikian nilai COD dari amoniak adalah nol. Nilai COD yang terukur memberikan gambaran mengenai kandungan total senyawa organik, karena umumnya senyawa anorganik tidaklah terlalu signifikan dalam air limbah. Walaupun demikian, apabila senyawa anorganik tersebut bernilai cukup berarti dalam air limbah, berarti nilai COD tersebut bukan hanya saja menggambarkan senyawa organik, tapi termasuk juga senyawa anorganik.

Tabel 2.4.
Perbandingan nilai TOD, BOD dan BOD₂₀ untuk berbagai senyawa

Senyawa	Rumus kimia	Karbon (%)	TOD	BOD	BOD ₂₀
			g O ₂ / senyawa		
Metana	CH ₄	75	4	-	-
Etana	C ₂ H ₆	80	3.74	-	-
Heksan	C ₆ H ₁₄	84	3.54	-	-
Etilen	C ₂ H ₄	86	3.43	-	-
Asetilen	C ₂ H ₂	92	3.07	-	-
Triklorometan	CHCl ₃	10	0.36	-	-
Tetraklorometan	CCl ₄	8	0.21	-	-
Etil eter	C ₄ H ₁₀ O	65	2.59	-	-
Aseton	C ₃ H ₆ O	62	2.21	0.54	-
Asam formiat	CH ₂ O ₂	26	0.35	0.09	0.25
Asam asetat	C ₂ H ₄ O ₂	40	1.07	0.7	0.9
Asam propiaonat	C ₃ H ₆ O ₂	49	1.52	1.3	1.4
Asam butirrat	C ₄ H ₈ O ₂	55	1.82	1.15	1.45
Asam valeriat	C ₅ H ₁₀ O ₂	59	2.04	1.4	1.9
Asam palminat	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	75	2.88	1.68	1.84
Asam stearate	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	76	2.93	1.13	1.59
Asam oksalat	C ₂ H ₂ O ₄	27	0.18	0.1	0.12
Asam suksinat	C ₄ H ₆ O ₄	41	0.95	0.64	0.84
Maleic acid	C ₄ H ₄ O ₄	41	0.83	-	-
Asam laktat	C ₃ H ₆ O ₃	40	1.07	0.54	0.96
Tartaric Acid	C ₄ H ₆ O ₆	31	0.53	0.35	0.46
Asam sitra	C ₆ H ₈ O ₇	37	0.75	0.46	0.67
Gliserin	C ₂ H ₅ O ₂ N	31	0.96**	0.55	-
Alanin	C ₃ H ₇ O ₂ N	40	1.35**	0.94	-
Valine	C ₅ H ₁₁ O ₂ N	51	1.84**	-	-
Asam glutamate	C ₅ H ₉ O ₄ N	41	1.14**	-	-
Tyrosine	C ₉ H ₁₁ O ₃ N	60	1.81	-	-
Methanol	CH ₄ O	37	1.5	0.96	1.26
Etanol	C ₂ H ₆ O	52	2.09	1.35	1.8
Isopropanol	C ₃ H ₆ O	60	2.4	1.43	-
Amyl alcohol	C ₅ H ₁₂ O	68	2.73	1.27	1.73
Glikol	C ₂ H ₆ O ₂	39	1.29	0.49	-
Gliserin	C ₃ H ₈ O ₃	39	1.22	0.72	0.94
Manitol	C ₆ H ₁₄ O ₆	40	1.14	0.68	0.94
Glukosa	C ₆ H ₁₂ O ₆	40	1.07	0.64	0.95

Senyawa	Rumus kimia	Karbon (%)	TOD	BOD	BOD ₂₀
			g O ₂ / senyawa		
Laktosa	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	42	1.12	0.61	0.91
Dekstrin	C ₆ H ₁₀ O ₅	45	1.19	0.52	0.84
Starch	C ₆ H ₁₀ O ₅	45	1.19	0.68	0.9
Benzen	C ₆ H ₆	92	3.07	-	-
Toluen	C ₇ H ₈	91	3.13	-	-
Naftalen	C ₁₀ H ₈	94	3	-	-
Fenol	C ₆ H ₆ O	77	2.39	1.7	2
o-cresol	C ₇ H ₈ O	78	2.52	1.6	1.8
α-Naphtol	C ₁₀ H ₈ O	83	2.56	0.93	1.6
Pyrocatechol	C ₆ H ₆ O ₂	65	1.89	0.9	0.9
Asam benzoate	C ₇ H ₆ O ₂	69	1.97	1.25	1.45
Asam salisilat	C ₇ H ₆ O ₃	61	1.62	0.95	1.25
Benzyl alcohol	C ₇ H ₈ O ₃	78	2.52	1.55	1.95
Anilin	C ₆ H ₇ N	77	2.66**	1.49	-
Pridin	C ₅ H ₅ N	76	2.53**	1.15	-
Chinolin	C ₉ H ₁₇ N	84	2.66**	1.71	-

* dihitung secara teoritis ** termasuk nitrifikasi
(Sumber: Henze et al., 1995, hal.)

Pada tabel 2.4 diperlihatkan contoh sampel air limbah domestik yang dikarakterisasi secara lengkap kandungan senyawa organiknya. Air limbah domestik diambil dari berbagai tempat yang berbeda. Peekat dan encernya air limbah tergantung pada tercampur tidaknya antara black water dan grey water, dan mana yang mendominasi air limbah tersebut.

Tabel 2.5.
Kandungan rata-rata zat organik dalam air limbah domestik

Parameter Analisis	Simbol	Unit	Tipe Air limbah			
			Terkonsentrasi	Sedang	Encer	Sangat encer
Biochemical Oxygen demand						
ultimate (pengukuran 20-30 hari)	C _{BOD}	g O ₂ /m ³	530	380	230	150
7 hari	C _{BOD7}	g O ₂ /m ³	400	290	170	115
5 hari	C _{BOD}	g O ₂ /m ³	350	250	150	100
Terlarut	S _{BOD}	g O ₂ /m ³	140	100	60	40
Terlarut, sangat mudah terdegradasi	S _{BOD}	g O ₂ /m ³	70	50	30	20
Setelah diendapkan 2 jam	S _{BOD(2h)}	g O ₂ /m ³	250	175	110	70

Parameter Analisis	Simbol	Unit	Tipe Air limbah			
			Terkonsentrasi	Sedang	Encer	Sangat encer
Chemical Oxygen Demand dengan dikromat, COD						
Total	C_{COD}	$g\ O_2/m^3$	740	530	320	210
Terlarut	S_{COD}	$g\ O_2/m^3$	300	210	130	80
Tersuspensi	X_{COD}	$g\ O_2/m^3$	440	320	190	130
Setelah pengendapan 2 jam	$C_{COD(2h)}$	$g\ O_2/m^3$	530	370	230	150
Inert, total	C_1	$g\ O_2/m^3$	180	130	80	50
Terlarut	S_1	$g\ O_2/m^3$	30	20	15	10
Tersuspensi	X_1	$g\ O_2/m^3$	150	110	65	40
Terdegradasi, total		$g\ O_2/m^3$	560	400	240	160
Sangat mudah terdegradasi	$S_{HAC.COD}$	$g\ O_2/m^3$	90	60	40	25
Mudah terdegradasi	$S_{S.COD}$	$g\ O_2/m^3$	180	130	75	50
Lambat terdegradasi	X_{COD}	$g\ O_2/m^3$	290	210	125	85
Chemical Oxygen Demand dengan permanganat, COD_p	C_{BOD-}	$g\ O_2/m^3$				
Total	C_{CODP}	$g\ O_2/m^3$	210	150	90	60
Terlarut	SKI	$g\ O_2/m^3$	80	60	35	25
Total organik karbon	CTOC	$g\ C/m^3$	250	180	110	70
Karbohidrat		$g\ C/m^3$	40	25	15	10
Protein		$g\ C/m^3$	25	18	11	7
Asam lemak		$g\ C/m^3$	65	45	25	18
Lemak		$g\ C/m^3$	25	18	11	7
Detergen (total		$g\ C/m^3$	15	10	6	4
Lemak,oil, dan gemuk		$g\ C/m^3$	100	70	40	30
Fenol		g/m^3	0.2	0.15	0.1	0.05
Detergen, anion ²⁾		$g\ LAS/m^3$	15	10	6	4

Keterangan:

$g/m^3 = mg/l = ppm$

LAS = Linear Alkyl Benzenesulfonate

(Sumber: Guyer dan Henze, 1991, hal.1011-1023)

6. Nitrogen

Nitrogen dan fosfor merupakan unsur yang penting bagi pertumbuhan mikroorganisme, tanaman, dan hewan. Kedua unsur ini dikenal sebagai nutrisi atau biostimulan. Unsur-unsur renik seperti besi juga dibutuhkan bagi pertumbuhan biologis, akan tetapi nitrogen dan fosfor dalam kebanyakan kasus merupakan nutrisi yang paling

pokok. Nitrogen merupakan bahan pembangunan yang paling penting dalam sintesis protein, maka data nitrogen sangat dibutuhkan untuk mengevaluasi keberhasilan pengolahan air limbah dengan proses biologis. Kekurangan nitrogen dalam air limbah harus diatasi dengan jalan menambahkan nitrogen ke dalam sistem agar air limbah dapat diolah dengan proses biologis.

Sifat kimiawi dari nitrogen sangatlah kompleks, karena nitrogen dapat diasumsikan memiliki berbagai jenis bilangan oksidasi dan bilangan oksidasi ini dapat berubah-ubah oleh berbagai proses yang berlangsung dalam makhluk hidup. Kerumitan ini semakin bertambah karena bilangan oksidasi nitrogen ini dapat bernilai positif atau negatif bergantung pada apakah kondisi aerobik atau anaerobik yang dominan. Berbagai bilangan oksidasi dari nitrogen dapat disimpulkan sebagai berikut :

Bil Oksidasi	-III	0	I	II	III	IV	V
Senyawa	NH ₃	N ₂	N ₂ O	NO	N ₂ O ₃	NO ₂	N ₂ O ₅

Bentuk nitrogen serta tingkat oksidasi yang bersesuaian, yang paling umum dan penting dalam lingkungan air adalah ammonia (NH₃, -III), amonium (NH₄⁺, -III), gas nitrogen (N₂ O), ion nitrit (NO₂⁻, + III), dan ion nitrat (NO₃⁻, + V). tingkat oksidasi nitrogen dalam kebanyakan senyawa organik adalah -III.

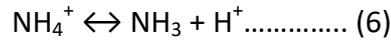
Tabel 2.6.

Definisi dari berbagai jenis istilah yang digunakan untuk mendefinisikan berbagai spesi nitrogen

Bentuk nitrogen	Singkatan	Definisi
Gas amonia	NH ₃	NH ₃
Ion amonium	NH ₄ ⁺	NH ₄ ⁺
Total ammonia nitrogen	TAN	NH ₃ + NH ₄ ⁺
Nitrit	NO ₂ ⁻	NO ₂ ⁻
Nitrat	NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻
Total inorganik nitrogen	TIN	NH ₃ + NH ₄ ⁺ + NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻
Total kjeldahl nitrogen	TKN	N organik + NH ₃ + NH ₄ ⁺
Nitrogen organik	N organic	TKN- (NH ₃ + NH ₄ ⁺)
Total nitrogen	TN	N organik + NH ₃ + NH ₄ ⁺ + NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻

Nitrogen organik ditentukan secara analitis melalui metode kjeldahl. Larutan sampel pertama-tama dididihkan untuk menyingkirkan, ammonia, setelah itu diuraikan (digestion). Selama proses penguraian, nitrogen organik diubah menjadi amonium dengan pemanasan dalam suasana asam. Total kjeldahl nitrogen (TKN) ditentukan melalui cara yang sama dengan nitrogen organik, kecuali pada kasus ini ammonia tidak disingkirkan sebelum proses penguraian. Oleh karena itu total kjeldahl nitrogen merupakan total dari ammonia nitrogen organik.

Ammonia nitrogen dalam larutan berada dalam bentuk ion ammonium (NH_4^+) atau sebagai gas ammonia (NH_3) bergantung pada pH larutan, seperti yang ditunjukkan oleh reaksi kesetimbangan berikut :

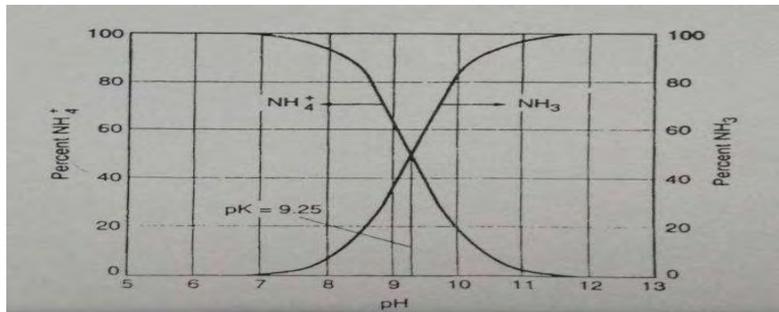


Dengan mengasumsikan aktivitas air adalah 1, maka diperoleh :

$$\frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = K_a \dots\dots\dots (7)$$

Dimana K_a = konstanta ionisasi (disosiasi) asam = $10^{-9,25}$ atau $5,62 \times 10^{-10}$ karena distribusi spesi ammonia merupakan fungsi dari pH, presentase ammonia dapat ditentukan dengan menggunakan hubungan berikut :

$\text{NH}_3, \%$



Gambar. 2.4 .

Distribusi ammonia (NH_3) dan ion ammonia (NH_4^+) sebagai fungsi dari pH.

Sumber : (Metcalf dan Eddy, 2003, hal.)

Nitrit nitrogen merupakan spesi yang relatif tidak stabil dan mudah teroksidasi dibandingkan nitrat, nitrit ditentukan dengan metoda kolorimetri (colorimetry). Nitrit merupakan indikator dari pencemaran yang telah terjadi beberapa waktu yang lalu, atau dengan kata lain sumber pencemaran telah berada dalam air sungai untuk waktu yang relatif lama. Konsentrasi nitrit jarang melebihi 1 mg / L dalam air limbah atau 0.1 mg / L pada air permukaan atau air tanah meskipun terdapat dalam konsentrasi yang rendah, nitrit merupakan bagian yang sangat penting dalam kajian tentang air limbah atau pencemaran air karena sifatnya yang sangat toksik bagi kebanyakan ikan dan spesies perairan lainnya. Nitrit yang terdapat dalam air buangan hasil pengolahan limbah akan dioksidasi oleh klorin, oleh karena itu penggunaan klorin akan meningkat yang berdampak pada naiknya biaya proses disinfeksi.

2. Fosfor

Fosfor juga merupakan unsur yang penting bagi pertumbuhan alga dan organisme biologis lainnya. Fosfor dapat merangsang pertumbuhan alga yang berbahaya di permukaan air, maka akhir-akhir ini banyak perhatian diberikan untuk mengendalikan jumlah senyawa fosfor yang masuk ke dalam limbah domestik, industri dan pertanian. Sebagai contoh, air limbah domestik dapat mengandung fosfor sebagai P dalam rentang konsentrasi 4 hingga 16 mg / L.

Bentuk-bentuk yang umum dari fosfor yang sering ditemukan dalam larutan adalah ortofosfat, polifosfat, dan fosfat organik. Contoh dari ortofosfat adalah : PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4 , biasanya senyawa-senyawa ini dapat langsung digunakan untuk metabolisme biologis tanpa disertai dengan proses penguraian lebih dahulu. Polifosfat mencakup molekul-molekul dengan dua atau lebih atom fosfor, oksigen, dan pada beberapa kasus atom hidrogen yang tergabung dalam molekul yang kompleks. Polifosfat menjalani proses hidrolisis dalam larutan dan kembali kepada bentuk ortofosfat ; biasanya proses hidrolisis ini berjalan dengan lambat. Fosfor yang terikat secara organik biasanya merupakan kelompok yang jarang ditemui dalam air limbah domestik. Pada air limbah industri atau lumpur air limbah, senyawa ini dapat berada dalam jumlah yang cukup berarti (significant).

Latihan

- 1) Jelaskan sifat-sifat atau karakteristik parameter kimia air dan air limbah!
- 2) Sebutkan klasifikasi pencemaran utama yang terdapat di dalam air!
- 3) Tuliskan dan jelaskan secara singkat macam-macam logam yang terlarut dalam air!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silahkan pelajari materi tentang karakteristik kimia air dan air limbah.
- 2) Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silahkan pelajari materi tentang klasifikasi pencemaran kimia air.
- 3) Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silahkan pelajari materi tentang parameter kimia air dan air limbah.

Ringkasan

Pencemar utama yang terdapat di dalam air dapat di klasifikasikan atas 3 kelompok yaitu :

- 1) Unsur atau senyawa ionik dan terlarut
- 2) Unsur atau senyawa non ionik dan tidak terlarut.
- 3) Gas-gas

Dalam penilaian kualitas air, pencemar di dalam air biasa diklasifikasikan secara fisik, kimiawi, dan biologi. Dengan demikian bakteri yang bersifat sebagai koloidal, nonionik dan

pencemar-pencemar tak larut dianggap sebagai ciri-ciri biologis, apabila air yang di gunakan sebagai persediaan air bersih maka pencemar-pencemar fisik, kimiawi dan biologis yang mungkin terdapat dalam air disebut juga sebagai kontaminan.

Parameter kimia air dipergunakan untuk mengukur adanya zat-zat kimia dalam air yang memberikan informasi tentang kualitas air secara kimiawi dan berguna untuk memulai pengolahan air bagi pemanfaatan sebagai persediaan air umum. Parameter kimia air perlu di lakukan pemeriksaan (analisis) antara lain pH, kation-kation dan ion-ion terlarut, alkalinitas air, keasaman air, karbon dioksida, kesadahan, hantaran listrik, serta logam-logam terlarut.

Parameter kualitas bulk organik merupakan ukuran jumlah zat organik yang terdapat dalam aliran limbah. Jenis parameter ini terdiri dari total organic carbon (TOC), chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), dan minyak dan lemak (O&G) atau total petroleum hydrocarbons (TPH). Nilai TOC, COD, dan BOD menunjukkan jumlah zat organik yang terdapat dalam aliran limbah yang membutuhkan stabilitasi, atau oksidasi.

Tes 1

Beri tanda silang (x) pada option a, b, c, atau d yang Anda anggap paling benar.

- 1) pH air netral adalah...
 - A. = 7
 - B. 7
 - C. < 7
 - D. Salah semua

- 2) Berguna untuk menguji perkaratan air dan kebutuhan dosis. Bila pengolahan kimiawi harus di pergunakan dapat juga dipergunakan untuk memperkirakan pH bila konsentrasi bikarbonatnya di ketahui. Penjelasan ini merupakan manfaat analisis dari....
 - A. Kesadahan
 - B. pH
 - C. Keasaman air
 - D. Karbondioksida

- 3) Berguna untuk mengukur jumlah suatu zat basa yang dibutuhkan untuk menetralkan air itu atau dinyatakan sebagai jumlah kalsium karbonat yang dibutuhkan untuk menetralsir air tersebut. Penjelasan ini merupakan manfaat analisis dari....
 - A. Kesadahan
 - B. pH
 - C. Keasaman air
 - D. Karbondioksida

- 4) Adanya H₂SO₄ di atmosfer dapat menyebabkan.....
- Hujan asam
 - Hujan abu
 - Hujan debu
 - Hujan asap
- 5) Kesadahan sementara disebabkan adanya ion-ion kalsium dan bikarbonat dalam air dan dapat di hilangkan dengan jalan mendidihkan air tersebut karena akan terjadi rekasi
- $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$
 - $4 \text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 10 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 8 \text{H}^+$
 - $\text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{OO}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-}$
- 6) Ion ferro akan berubah menjadi ion ferri ketika mengalami oksidasi oleh oksigen yang berasal dari atmosfer, akan membentuk reaksi
- $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$
 - $4 \text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 10 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 8 \text{H}^+$
 - $\text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{OO}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-}$
- 7) Protonasi sempurna dari ion ortofosfat menghasilkan H₃PO₄ yang mempunyai nilai pK.....
- pK₁ = 2,17; pK₂ = 7,31; pK₃ =12,36
 - pK₁ = 2,07; pK₂ = 7,01; pK₃ =12,06
 - pK₁ = 1,17; pK₂ = 6,31; pK₃ =11,36
 - pK₁ = 1,07; pK₂ = 6,01; pK₃ =11,06
- 8) Rentang pH yang sesuai bagi keberlangsungan hidup sebagian besar kehidupan biologis memiliki nilai yang relatif sempit dan kritis yaitu...
- 6 hingga 9
 - 6 hingga 8
 - 6 hingga 7
 - 6 hingga 10
- 9) Jumlah padatan yang dapat mengendap setelah 2 jam proses pengendapan adalah pengertian dari....
- Primary sedimentation
 - Bulk parameters
 - Biodegradable
 - Settleable solids

- 10) Limbah cair rumah sakit termasuk jenis limbah:
- A. Limbah reaktif
 - B. Limbah korosif
 - C. Limbah mudah terbakar
 - D. Limbah infeksius

Topik 2

Dampak Parameter Kimia Air dan Air Limbah

A. PENGARUH AIR TERHADAP KESEHATAN

Uraian terdahulu mengenai sirkulasi air, pemanfaatan air, serta sifat-sifat air telah memberi gambaran tentang kemungkinan terjadinya pengaruh air terhadap kesehatan. Secara khusus, pengaruh air terhadap kesehatan dapat bersifat tidak langsung maupun langsung.

1. Pengaruh Tidak Langsung

Sama bahaya dengan udara, pengaruh yang timbul sebagai akibat penyalahgunaan air dapat meningkatkan atau pun menurunkan kesejahteraan masyarakat. Misalnya air yang dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik, untuk industri, untuk irigasi, perikanan, pertanian dan reaksi dapat meningkatkan kesehatan masyarakat. Sebaliknya pengotoran air dapat menurunkan kesehatan masyarakat. Sebagai contoh adalah pengotoran badan-badan air dengan zat-zat kimia yang dapat menurunkan kadar oksigen terlarut, zat-zat kimia beracun yang sukar diuraikan secara alamiah dan menyebabkan masalah khusus seperti estetika, kekeruhan karena adanya zat-zat tersuspensi.

a. *Zat-Zat Pengikat Oksigen*

Zat-zat pengikat oksigen kebanyakan adalah zat kimia organik. Zat-zat kimia organik banyak yang dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi dan dibutuhkan untuk pertumbuhannya. Zat-zat tersebut diuraikan dalam proses metabolisme mikroba dan terbentuklah senyawa-senyawa yang lebih sederhana dan pada akhirnya menjadi zat-zat anorganik dan gas. Reaksi-reaksi biokimia ini dapat terjadi karena adanya oksigen terlarut, oleh karenanya zat-zat tersebut disebut sebagai zat-zat yang menimbulkan demand oxygen (BOD = Biochemical Oxygen Demand). Jumlah BOD yang terjadi tergantung pada jumlah serta jenis zat kimia yang ada, jumlah serta tipe mikroorganisme yang ada dalam air, temperatur, pH, keberadaan elemen lain, zat hara dan lain-lainnya. Oksigen terlarut ini didapat karena proses tranfer dari atmosfer ke air, dan tranfer fotosintesis alga dan tumbuhan berwarna lain.

Kualitas badan air akan terganggu karena zat-zat tersebut apabila transfer oksigen dari udara ke air berjalan lebih lambat daripada penggunaannya dalam proses biokimia tadi. Ikan yang sensitif akan mati pada kadar oksigen kurang dari 3-5 mg/l. Apabila BOD semakin tinggi, maka kehidupan ikan di perairan semakin terancam serta progresif, sampai terjadi kematian ikan secara total. Habisnya oksigen terlarut akan menyebabkan tumbuhnya organisme anaerob beserta hasil metabolismenya yang menyebabkan bau.

Pengaruh zat-zat pengikat oksigen ini terhadap kesehatan terjadi secara tidak langsung karena kematian mata rantai makanan (ikan) dan untuk alasan estetika. Selain itu dayaguna air untuk keperluan kesehatan juga akan menurun.

1) Pupuk Tanaman

Akhir-akhir ini pupuk buatan banyak digunakan di kegiatan pertanian dan perkebunan untuk meningkatkan produksi bahan pangan per luas area yang sama. Pupuk yang paling banyak dipakai terdiri dari elemen N, P dan K. Hal tersebut dilakukan karena jumlah penduduk yang semakin meningkat, dan lahan bagi pertanian semakin berkurang.

Pupuk yang dipergunakan di daerah pertanian ini tidak semuanya terpakai, sebagian akan masuk ke dalam perairan. Karena pupuk tersebut juga bermanfaat bagi tumbuhan air, maka terjadi pertumbuhan yang lebih intensif di perairan. Suatu perairan dapat sama sekali tertutup oleh tumbuhan sehingga mengurangi cahaya yang dapat masuk ke dalam air. Selain itu oksigen terlarut menjadi berkurang, air menjadi semakin anerobik, anyir dan berbau sehingga mengurangi populasi mikroorganisme yang aerob dan menurunkan nilai estetik. Dengan demikian, dayaguna air bagi kesehatan juga menurun. Pertumbuhan tanaman sedemikian dapat pula mengganggu sistim pengolahan air. Hal ini pun memberi pengaruh terhadap kesehatan secara tidak langsung lewat musnahnya rantai makanan yang bersifat aerob.

2) Material Tersuspensi

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih besar daripada molekul/ion yang terlarut. Materi tersuspensi ini digolongkan menjadi dua, yakni zat padat dan koloid. Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan; materi inipun disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan saringan (filter) air biasa. Materi tersuspensi mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk kedalam air. Oleh karenanya, manfaat air dapat berkurang dan organisme yang butuh cahaya akan mati, setiap kematian organisme akan menyebabkan terganggunya ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu aliran dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dan bereaksi dengan air asin, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara-muara dan proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta. Dapat dimengerti, bahwa pengaruh terhadap kesehatan pun menjadi tidak langsung.

b. Zat-Zat Kimia Penyebab Masalah Khusus

Kedalam kategori ini termasuk segala macam zat organik dan anorganik. Misalnya, fenol yang dapat bereaksi dengan klor (desinfektan dalam pengolahan air) menjadi klor yang menimbulkan bau dan rasa tidak enak. Dapat pula zat-zat kimia dalam air masuk kedalam tubuh ikan dan menyebabkan bau dan rasa ikan yang kurang enak. Dengan demikian timbul masalah estetika, dan masalah perikanan. Zat organik yang bereaksi dengan klor dapat juga menjadi senyawa yang karsinogenik, seperti trihalometan, dalam hal ini, maka pengaruhnya terhadap kesehatan dapat bersifat langsung.

- **Panas**

Panas merupakan contoh pengotoran air karena zat fisis. Buangan panas terutama berasal dari industri yang besar, dimana air diperlukan untuk proses industri dapat langsung dibuang ke perairan apabila air hanya dialirkan satu saja, tetapi apabila pendinginan dilakukan dengan memakai menara pendingin, maka sebagian dari panas akan hilang karena terjadinya evaporasi.

Panas akan mengurangi potensi sumber air untuk suatu proses pendinginan yang biasanya dibutuhkan dalam proses industri. Selain itu meningginya temperatur air dapat menyebabkan meningkatnya rasa dan bau karena reaksi biokimia akan berjalan dengan lebih cepat, padahal daya larut oksigen dalam air menjadi berkurang.

Juga temperatur dapat mematikan ikan yang sensitif terhadap kenaikan suhu. Meningkatnya temperatur juga akan menambah penguapan oksigen terlarut, sehingga kematian ikan dapat bertambah. Kadang-kadang ikan tidak sampai mati tetapi proses reproduksinya dapat terganggu ataupun organisme makanan ikan dapat mati.

Juga temperaur dapat mempengaruhi reaksi-reaksi zat kimia di dalam air. Sifat toksitas zat kimia dapat pula meningkat dengan meningkatnya temperatur. Biota akuatik dapat terpengaruh oleh toksitas ini, demikian pula manusia. Jadi pencemar panas dapat berpengaruh secara tidak langsung terhadap kesehatan.

Buangan air yang panas, di negara beriklim dingin kadang-kadang dapat dimanfaatkan untuk penghangatan. Secara langsung air yang panas dapat dipakai untuk irigasi di musim dingin, sehingga waktu bercocok tanam bisa diperpanjang karenanya. Demikian pula halnya untuk bidang perternakan ikan dan kerang.

2. Pengaruh Langsung

Pengaruh langsung terhadap kesehatan tergantung sekali pada kualitas air dan terjadi karena air berfungsi sebagai penyalur ataupun penyebar penyebab penyakit ataupun sebagai sarang insekta penyebab penyakit. Kualitas air berubah karena kapasitas air untuk membersihkan dirinya telah terlampaui. Hal ini disebabkan bertambahnya jumlah serta intensitas aktivitas penduduk yang tidak hanya meningkatkan kebutuhan akan air tetapi juga meningkatkan jumlah air buangan. Buangan-buangan inilah yang merupakan sumber-sumber pengotoran perairan. Secara ringkas, berbagai sumber pengotoran badan air dapat dilihat dalam Tabel 2.13. Di antara zat-zat pengotor air tersebut ada yang berpengaruh langsung ataupun tidak langsung. Beberapa yang berpengaruh tidak langsung telah dibicarakan

terdahulu, seperti zat pengikat oksigen, pupuk, material tersuspensi dan panas. Sedangkan yang dapat langsung mempengaruhi kesehatan adalah sebagai berikut: zat-zat yang persisten, zat radioaktif dan penyebab penyakit.

Tabel 2.7
Sumber-Sumber Pengotor Air

Sumber Alamiah	Udara Mineral terlarut Tumbuhan/hewan busuk Tumbuhan air Air hujan
Sumber Pertanian	Erosi Kotoran hewanpupuk Pestisida Air irigasi
Air buangan	Pemukiman Industri Air hujan kota Kapa/perahu, dll Pengolahan limbah
Waduk	Lumpur Tumbuhan akuatik
Lain-lain	Industri konstruksi Pertambangan Air tanah Sampah

Sumber : (Lamb,,1985, hal.)

a. *Zat-Zat Kimia Yang Persisten*

Sebaliknya dari zat-zat yang terurai dengan memanfaatkan oksigen terlarut, zat-zat berikut ini tidak dapat diuraikan untuk jangka waktu lama dalam kondisi perairan yang normal. Zat-zat inilah yang disebut sebagai zat yang persisten. Oleh karena tidak didapat mekanisme alamiah yang dapat menguraikan zat-zat tersebut dan tidak ada jalan alamiah bagi perairan untuk membersihkan diri dari zat-zat tersebut, maka akan terjadi akumulasi di dalam air maupun di dalam organisme air. Oleh karena itulah timbul kekhawatiran di antara para ahli lingkungan.

Sebagai contoh adalah detergen yang terbuat dari akil sulfonat yang tidak linear atau bercabang. Selain itu, detergen juga menimbulkan busa di perairan yang secara estetika tak dapat diterima, dan menimbulkan kesulitan dalam pengolahan air. Contoh lain adalah DDT (Dichloro-diphenyl-trichloroetan) yang digunakan dalam pemberantasan nyamuk malaria di seluruh dunia. DDT telah banyak bermanfaat diberbagai negara dalam pemberantasan penyakit yang menyebar lewat nyamuk. Oleh karenanya penyakit-penyakit tersebut yang

setiap tahunnya menyebabkan banyak kematian menurun secara drastis. Selain itu DDT juga digunakan untuk pemberantasan hama tanaman. Disatu pihak DDT banyak bermanfaat tetapi dilain pihak DDT sangat persisten di alam. Akumulasi DDT terdapat tidak hanya pada ikan dan hewan, tetapi juga pada manusia. Sekalipun sampai saat ini belum dapat dibuktikan pengaruh jeleknya terhadap kesehatan manusia, tetapi efek jangka panjangnya belum dapat di ketahui. Dengan demikian penggunaan DDT menimbulkan suatu dilema tersendiri.

b. Zat Radioaktif

Zat radioaktif dalam jumlah yang cukup banyak menimbulkan efek terhadap kesehatan, tetapi hal ini tidak akan terjadi apabila pengendalian buangan zat radioaktif dilaksanakan dengan sangat ketat. Namun demikian, zat radioaktif dalam jumlah sedikit dapat pula menimbulkan masalah apabila terjadi biomagnifikasi di dalam organisme akuatik. Besar kecilnya masalah ini sangat tergantung pada kadar magnifikasi, peran organisme tersebut dalam rantai makanan, serta lamanya waktu paruh zat radioaktif. Selain itu air sedemikian biasanya tidak dapat digunakan oleh industri pembuatan film.

c. Penyebab Penyakit

Adanya penyebab penyakit di dalam air, dapat menyebabkan efek langsung terhadap kesehatan. Penyebab penyakit yang mungkin ada dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu:

- 1) Penyebab hidup, yang menyebabkan penyakit menular, dan
- 2) Penyebab tidak hidup, yang menyebabkan penyakit tidak menular.

Latihan

- 1) Jelaskan secara singkat dampak tidak langsung dan dampak langsung yang dapat ditimbulkan dari dampak parameter kimia air dan air limbah terhadap kesehatan.
- 2) Sebutkan dampak yang ditimbulkan besi, air raksa, dan flourida bagi kesehatan.
- 3) Jelaskan mengapa panas termasuk dalam contoh pengotoran air?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan nomor 1, 2 dan 3 tersebut silahkan pelajari materi tentang dampak pencemaran parameter kimia air dan air limbah.

Ringkasan

Sama bahaya dengan udara, pengaruh yang timbul sebagai akibat penyalahgunaan air yang dapat meningkatkan atau pun menurunkan kesejahteraan masyarakat. Misalnya air yang dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik, untuk industri, untuk irigasi, perikanan, pertanian dan reaksi dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Secara khusus, pengaruh air terhadap kesehatan dapat bersifat tidak langsung maupun langsung.

Pengaruh tidak langsung antara lain dapat diakibatkan oleh pengaruh zat-zat pengikat oksigen yang terdiri dari pupuk tanaman dan material tersuspensi. Selain itu ada juga zat-zat kimia penyebab masalah khusus yang terdiri dari panas. Sedangkan pengaruh langsung yang dapat mempengaruhi kesehatan dapat diakibatkan oleh zat-zat kimia yang persisten, zat radio aktif, dan penyebab penyakit.

Tes 2

Berilah tanda silang (x) pada jawaban yang paling tepat.

- 1) Dampak yang ditimbulkan akibat keracunan timbal (Pb) dalam air adalah.....
 - A. Rasa logam dimulut, garis hitam pada gusi, gangguan GI, anoreksia, muntah-muntah, kolik, encephalitis, wirst drop, irritable, perubahan kepribadian, kelumpuhan, dan kebutaan.
 - B. rasa kesat, warna dan korosi pada pipa, sambungan dan peralatan dapur
 - C. GI, SSP, ginjal, hati, muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, kramp, konvulsi, shock, koma dan dapat meninggal
 - D. Semua jawaban salah

- 2) Dalam dosis tinggi kandungan tembaga (Cu) dalam air dapat mengakibatkan...
 - A. Rasa logam dimulut, garis hitam pada gusi, gangguan GI, anoreksia, muntah-muntah, kolik, encephalitis, wirst drop, irritable, perubahan kepribadian, kelumpuhan, dan kebutaan.
 - B. rasa kesat, warna dan korosi pada pipa, sambungan dan peralatan dapur
 - C. GI, SSP, ginjal, hati, muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, kramp, konvulsi, shock, koma dan dapat meninggal
 - D. Semua jawaban salah

- 3) Senyawa yang dapat menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi dan kekeruhan adalah...
 - A. Mangan (Mn)
 - B. Tembaga (Cu)
 - C. Timbal (Pb)
 - D. Besi (Fe)

- 4) Unsur nitrogen dan fosfor dalam air buangan industri pangan harus dihilangkan karena:
 - A. Menyuburkan tanaman pangan
 - B. Merusak penggunaan air
 - C. Menimbulkan sekam dan bau anyir
 - D. Kombinasi A, B dan C

- 5) Limbah industri yang mengandung bakteri, kapang dan khamir dapat dibedakan menurut proses aerobik dan anaerobik. Yang dimaksud dengan proses aerobik adalah:
- A. Diperlukan oksigen untuk tumbuhan dan berkembang biak
 - B. Oksigen memegang peranan penting dalam pengolahan air buangan
 - C. Tidak perlu oksigen dalam pertumbuhannya
 - D. Kombinasi A, B dan C
- 6) Air yang mengandung larutan pekat dan berwarna gelap akan mengurangi penetrasi sinar matahari kedalam air, akibatnya adalah:
- A. Jumlah oksigen yang terlarut didalam air berkurang
 - B. Kehidupan organisme dalam air terganggu
 - C. Proses fotosintesis tanaman dalam air menurun aktifitasnya
 - D. Semuanya benar
- 7) Terjadinya endapan didasar sungai sangat mengganggu kehidupan organisme di dalam air sehingga akan menyebabkan :
- A. Sumber makanan bagi ikan yang ada didasarkan sungai jumlahnya berkurang
 - B. Telur ikan tidak dapat menetas
 - C. Populasi ikan menjadi menyusut
 - D. Semuanya benar
- 8) Bahan insektisida dalam air sulit dipecah oleh mikroorganisme hal ini disebabkan karena bahan tersebut bersifat:
- A. Persisten
 - B. Memerlukan waktu lama untuk degradasi oleh mikroorgansime
 - C. Kebanyakan bahan tersebut bersifat racun dalam air
 - D. Semuanya benar
- 9) Untuk menghindari cemaran krom pada air lingkungan sebagai bahan penyamak kulit digunakan :
- A. Enzim
 - B. Gugus amina
 - C. Logam berat
 - D. Semuanya benar
- 10) Jumlah mikroorganisme dalam air lingkungan tergantung pada:
- A. pH
 - B. Kebersihan air
 - C. A dan B benar
 - D. A dan B salah

Topik 3

Titik Pengambilan Sampel Parameter Air dan Air Limbah

A. PENGAMBILAN SAMPEL AIR/AIR LIMBAH

1. Penentuan Titik Pengambilan Contoh Air

a. Titik pengambilan contoh air tanah

Titik pengambilan contoh ditentukan berdasarkan pada tujuan pemeriksaan. Titik pengambilan contoh air tanah harus memperhatikan pola arah aliran air tanah, dapat berasal dari air tanah bebas (tak tertekan) dan air tanah tertekan.

b. Air tanah bebas (akuifer tak tertekan)

Titik pengambilan contoh air tanah bebas dapat berasal dari sumur gali dan sumur pantek atau sumur bor dengan penjelasan sebagai berikut:

- 1) Di sebelah hulu dan hilir sesuai dengan arah aliran air tanah dari lokasi yang akan di pantau;
- 2) Di daerah pantai dimana terjadi penyusupan air asin dan beberapa titik ke arah daratan, bila diperlukan;
- 3) Tempat-tempat lain yang dianggap perlu tergantung pada tujuan pemeriksaan.

c. Air tanah tertekan (akuifer tertekan)

Titik pengambilan contoh air tanah tertekan dapat berasal dari sumur bor yang berfungsi sebagai:

- 1) Sumur produksi untuk pemenuhan kebutuhan perkotaan, pedesaan, pertanian, industri dan sarana umum.
- 2) Sumur-sumur pemantauan kualitas air tanah.
- 3) Sumur observasi untuk pengawasan imbuhan.
- 4) Sumur observasi di suatu cekungan air tanah artesis.
- 5) Sumur observasi di wilayah pesisir dimana terjadi penyusupan air asin.
- 6) Sumur observasi penimbunan atau pengolahan limbah domestik atau limbah industri.

2. Titik Pengambilan Sampel Air Limbah

Air limbah atau limbah cair adalah bagian bahan sisa yang berwujud cair dari kegiatan produksi termasuk air bekas pakai proses produksi dan bekas pencucian peralatan dan/atau bahan yang tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya karena kadaluwarsa atau sebab lain. Sesuai dengan ketentuan pertauran perundang-undangan lingkungan hidup, air limbah industri harus dipantau setiap waktu yang telah ditetapkan. Lokasi pemantauan dan titik pengambilan sampel air limbah harus representatif sehingga data yang diperoleh dapat menggambarkan kualitas air limbah yang akan disalurkan ke perairan penerima atau badan

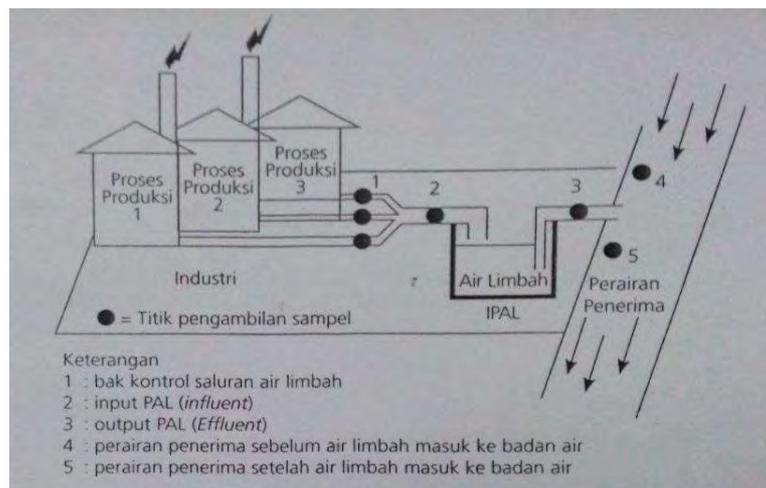
air. Gambar 2.5 memberikan ilustrasi lokasi dan titik pengambilan sampel air limbah industri.

a. Untuk Industri yang Telah Memiliki IPAL

Pemilihan lokasi dan titik pengambilan sampel air limbah dilakukan berdasarkan pada tujuan, antara lain:

1) Efisiensi proses produksi

Sampel diambil pada bak kontrol air limbah sebelum masuk ke pipa atau saluran gabungan menuju unit instalasi pengolahan air limbah (IPAL).



Gambar 2.5. Lokasi dan titik pengambilan sampel air limbah industri

Sumber: (Hadi, 2015, hal.)

Pengambilan sampel pada lokasi ini dilakukan dalam suatu industri menghasilkan berbagai jenis produk melalui proses yang berbeda dan menghasilkan karakteristik limbah yang berbeda pula. Data pengujian air limbah ini dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi proses produksi. Semakin kecil nilai konsentrasi air limbah yang dihasilkan dan beban pencemarannya sedikit, efisiensi proses produksi semakin tinggi, begitu juga sebaliknya.

2) Evaluasi efisiensi IPAL

Sampel diambil pada titik sebelum (inlet) dan setelah (outlet) pengolahan limbah dengan memperhatikan waktu tinggal (retention time) limbah di dalam IPAL. Pengambilan sampel di inlet dan di outlet seharusnya dalam waktu bersamaan dan pada saat proses industri berjalan normal atau pada saat produksi tidak fluktuatif. Oleh karena itu, petugas pengambil sampel harus mengetahui informasi detail terkait kinerja dan efisiensi IPAL pada saat pertama kali IPAL dipasang dan diuji coba (commissioning). Hal yang perlu diperhatikan pada saat pengambilan sampel di inlet adalah kondisi sampel harus dalam keadaan homogen setelah terjadi proses pencampuran sempurna

antara limbah yang berbeda. Idealnya pengambilan sampel di inlet dilakukan pada bak ekualisasi, sedangkan pengambilan sampel di outlet dilakukan pada end pipe treatment atau pada lokasi dimana air limbah yang mengalir sebelum memasuki ke badan air penerima.

3) Pengendalian pencemaran air

Pengambilan sampel limbah cair untuk tujuan pengendalian pencemaran air diambil pada titik:

- a) Perairan penerima sebelum air limbah masuk ke badan air. Pengambilan sampel pada titik ini untuk mengetahui kualitas perairan sebelum dipengaruhi oleh air limbah. Data hasil pengujian sampel yang diperoleh pada titik ini biasanya digunakan sebagai perbandingan atau kontrol (base line);
- b) Akhir saluran pembuangan limbah (outlet) sebelum air limbah disalurkan ke perairan penerima (end pipe treatment). Pengambilan sampel pada titik ini untuk mengetahui kualitas effluent. Apabila data hasil pengujian effluent melebihi nilai baku mutu lingkungan, dapat disimpulkan bahwa industri terkait melakukan pelanggaran hukum;
- c) Perairan penerima setelah air limbah masuk ke badan air namun sebelum menerima air limbah lainnya. Pengambilan sampel pada titik ini untuk mengetahui kontribusi air limbah terhadap kualitas perairan penerima.

b. Untuk Industri yang Belum Memiliki IPAL

Jika suatu industri belum memiliki IPAL, pengambilan sampel harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut (SNI 6989.59-2008):

1) Air limbah industri dengan proses kontinu berasal dari satu saluran pembuangan

- a) Jika tidak terdapat bak ekualisasi
 - (1) Kualitas air limbah tidak berfluktuasi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (grab sampling).
 - (2) Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu.
- b) Jika terdapat bak ekualisasi
Pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan air limbah, dengan cara sesaat.

- 2) Air limbah industri dengan proses batch berasal dari satu saluran pembuangan
 - a) Jika tidak terdapat bak ekualisasi
Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu dan proporsional pada saat pembuangan dilakukan.
 - b) Jika terdapat bak ekualisasi
Pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (grab sampling).
- 3) Air limbah industri dengan proses kontinu berasal dari beberapa saluran pembuangan
 - a) Jika tidak terdapat bak ekualisasi
 - (1) Kualitas air limbah tidak berfluktuasi dan semua saluran pembuangan limbah dari air beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat.
 - (2) Kualitas air limbah tidak berfluktuasi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit tempat dengan mempertimbangkan debit.
 - (3) Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah tidak disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah dengan cara komposit waktu dan tempat.
 - b) Jika terdapat bak ekualisasi
Kualitas air limbah berfluktuasi atau tidak berfluktuasi akibat proses produksi, semua air limbah dari masing-masing proses ditentukan dan dibuang melalui bak ekualisasi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat.
- 4) Air limbah industri dengan proses batch berasal dari beberapa saluran pembuangan.
 - a) Jika tidak terdapat bak ekualisasi
 - (1) Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan penerima limbah disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu.

(2) Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi dan semua saluran pembuangan limbah dari beberapa sumber sebelum masuk perairan limbah tidak disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima limbah, dengan cara komposit waktu dan tempat dengan mempertimbangkan debit.

b) Jika terdapat bak ekualisasi

Kualitas air limbah berfluktuasi atau sangat berfluktuasi akibat proses produksi, semua air limbah dari masing-masing proses disatukan dan dibuang melalui bak ekualisasi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat.

3. Penentuan Lokasi dan Titik Pengambilan Sampel Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang berasal dari sungai, air danau, air waduk, mata air, air rawa dan air gua. Pengujian air permukaan antara lain bertujuan untuk:

- a. Kajian rona awal lingkungan terkait sumber daya air permukaan;
- b. Dasar penetapan kebijakan pengelolaan air permukaan;
- c. Mengetahui kualitasnya sehingga dapat ditentukan peruntukannya sebagai air minum, air untuk rekreasi, air untuk industri, air untuk perikanan, atau air untuk pertanian dan lain sebagainya; dan
- d. Pembuktian adanya pencemar air sehingga dapat dilakukan pengendaliannya.

4. Penentuan Lokasi dan Titik Pengambilan Sampel Air Sungai

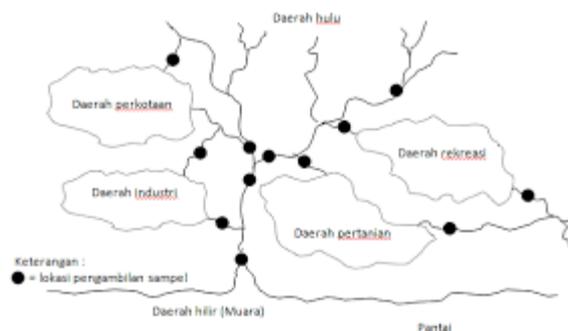
a. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Setelah menetapkan tujuan pengambilan sampel, langkah awal dalam penentuan lokasi pengambilan sampel air sungai adalah mengetahui tentang geografi yang menggambarkan aliran sungai serta aktivitas yang ada di sekitar daerah aliran sungai. Secara umum, penentuan lokasi pengambilan sampel air sungai adalah:

- 1) Daerah hulu daerah air sumber alamiah yaitu lokasi yang belum terjadi pencemaran. Penentuan lokasi ini untuk identifikasi kondisi dasar (background atau base line) dari sistem tata air;
- 2) Daerah pemanfaatan atau peruntukan air sungai yaitu suatu lokasi dimana air sungai akan dimanfaatkan untuk bahan baku air minum, air untuk rekreasi, industri, perikanan, pertanian dan lain-lain. Penentuan ini untuk mengetahui kualitas air sebelum dipengaruhi suatu aktivitas;
- 3) Daerah yang potensial sebagai penerima kontaminan yaitu lokasi yang mengalami perubahan kualitas air disebabkan setelah adanya aktivitas industri, pertanian, domestik dan lain sebagainya. Penentuan lokasi ini untuk mengetahui pengaruh aktivitas yang ada dengan penurunan kualitas air sungai;

- 4) Daerah pertemuan dua sungai atau lokasi masuknya anak sungai. Penentuan lokasi ini diperlukan apabila antara sungai dan anak sungai terdapat aktivitas masing-masing mempunyai pengaruh terhadap penurunan kualitas air;
- 5) Daerah hilir atau muara yaitu daerah pasang-surut pertemuan antara air sungai dengan air laut. Penentuan lokasi ini untuk pengujian yang diperoleh dari hilir, daerah tngah dan daerah hulu, maka evaluasi tersebut bersifat komprehensif dan histolik sehingga dapat digunakan sebagai bahan kebijakan pengelolaan kualitas air sungai terpadu (one river one management programme).

Pada permukaan dua air sungai atau masuknya air sungai ke aliran utama, penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan pada daerah dimana dua air sungai diperkirakan telah terjadi pencampuran sempurna. Untuk mengetahui pencampuran sempurna tersebut, perlu dilakukan pengujian homogenitas air sungai. Uji homogenitas dilakukan dengan cara mengambil sampel sepanjang lebar sungai, yaitu pada sisi kanan, kiri dan tengah sungai.



Gambar 2.6
Lokasi pengambilan sampel air sungai

Sumber: Anwar Hadi, Pengambilan Sampel Lingkungan. 2015



Gambar 2.7
Daerah pencampuran air dari anak sungai dengan air sungai utama
Sumber: Anwar Hadi, Pengambilan Sampel Lingkungan. 2015

Parameter yang diuji antara adalah suhu, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (dissolved oxygen, DO) dan daya hantar listrik (DHL). Apabila hasil pengujian parameter tersebut tidak berbeda nyata, yang artinya batas keberterimaan sebagaimana dalam Tabel 2.7 dipenuhi, dapat disimpulkan bahwa telah terjadi pencampuran sempurna terhadap dua air sungai tersebut.

Tabel 2.8
Batas keberterimaan homogenitas air sungai

Parameter	DHK ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Suhu	DO(mg/L)
Syarat	$\pm 5\%$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 10\%$

Sumber: Anwar Hadi, Pengambilan Sampel Lingkungan. 2015

Tabel menggambarkan perkiraan jarak pencemaran sempurna air sungai untuk penentuan lokasi pengambilan sampel.

Tabel 2.9.
Perkiraan jarak pencampuran sempurna air sungai

Lebar rerata (m)	Kedalaman rerata (m)	Perkiraan jarak yang sempurna (km)
5	1	0,08-0,70
	2	0,05-0,30
	3	0,03-0,20
10	1	0,30-2,70
	2	0,20-1,40
	3	0,10-0,90
	4	0,08-0,70
	5	0,07-0,50
20	1	1,30-11,2
	3	0,40-4,00
	5	0,30-2,00
	7	0,20-1,50
50	1	8,00-70,0
	3	3,00-20,0
	5	0,20-14,0
	10	0,80-7,00
	20	0,40-3,00

(Sumber:WHO,1998)

b. Penentuan Jumlah Titik Pengambilan Sampel

Bila lokasi pengambilan sampel setelah ditetapkan, langkah selanjutnya adalah menentukan titik pengambilan sampel. Jumlah titik pengambilan sampel air sungai sangat tergantung pada debit rerata tahunan dan klasifikasi sungai. Semakin banyak jumlah titik pengambilan sampel, semakin dapat menggambarkan kualitas air sungai yang

sesungguhnya. Tabel 2.9 memberikan ilustrasi jumlah titik pengambilan sampel air sungai sesuai klasifikasinya (WMO, 1988).

Tabel 2.10
Jumlah titik pengambilan sampel air sungai sesuai klasifikasinya.

Debit rerata tahunan (m ³ /detik)	Kalsifikasi Sungai	Jumlah titik pengambilan sampel	Jumlah kedalaman pengambilan sampel*
< 5	Kecil	2	1
5-150	Sedang	4	2
150-1000	Besar	6	3
>1000	Sangat besar	Minum 6 seperti pada sungai besar, tambahan lebih banyak tergantung dari pada sungainya, kenaikan ditambah dengan faktor 2	4

Catatan: (*) Pengambilan sampel air sungai dilakukan pada 30 cm dibawah permukaan air dan/atau 30 cm diatas sadar sungai serta harus hati-hati sehingga endapan dasar sungai (sedimen) tidak terambil, (WMO, 1988).

Dalam praktiknya jumlah titik pengambilan sampel sangat dipengaruhi oleh situasi dan kondisi air sungai serta biaya yang tersedia. Titik pengambilan contoh air sungai ditentukan berdasarkan debit air sungai yang diatur dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Untuk sungai dengan kategori sangat kecil yaitu debit kurang dari 5 m³/detik dengan kedalaman air rerata kurang dari 1 m, sampel air sungai diambil pada satu titik tengah sungai pada kedalaman 0,5 kali kedalaman dari permukaan air sungai;
- 2) Untuk sungai dengan kategori kecil yaitu debit kurang dari 5 m³/detik dengan kedalam air rerata lebih dari 1 m, sampel air air sungai diambil pada dua titik pada jarak 1/3 dan 2/3 lebar sungai di 0,5 kali kedalaman air sungai;
- 3) Untuk sungai dengan kategori sedang, yaitu debit air antara 5-150 m³/detik, sampel air sungai diambil pada empat titik pada jarak 1/3 dan 2/3 lebar air sungai di 0,2 dan 0,8 kali kedalaman air sungai;
- 4) Untuk sungai dengan kategori besar, debit antara 150-1000 m³/detik, sampel air sungai diambil pada empat titik pada jarak 1/4, 2/4, dan ¾ lebar sungai di 0,2; 0,5; dan 0,8 kali kedalaman air sungai;
- 5) Untuk sungai kategori sangat besar , debit lebih dari 1000 m³/detik, sampel air sungai diambil pada enam belas titik pada jarak 1/5, 2/5, 3/5 dan 4/5 lebar air sungai di 0,2;0,4;0,6 dan 0,8 kali kedalaman air sungai.

Latihan

- 1) Sebutkan tujuan dari pengujian air permukaan!
- 2) Hal-hal apa saja yang perlu diutamakan dalam penentuan lokasi pengambilan sampel air danau/waduk? Jelaskan!
- 3) Jelaskan tentang penentuan lokasi pengambilan sampel air muara dan air laut!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk menjawab latihan diatas saudara diminta untuk mempelajari materi tentang penentuan lokasi dan titik pengambilan sampel air permukaan.
- 2) Untuk menjawab latihan diatas saudara diminta untuk mempelajari materi tentang penentuan lokasi dan titik pengambilan sampel air danau/waduk.
- 3) Untuk menjawab latihan diatas saudara diminta untuk mempelajari materi tentang penentuan lokasi dan titik pengambilan sampel muara dan laut.

Ringkasan

Titik pengambilan contoh ditentukan berdasarkan pada tujuan pemeriksaan. Titik pengambilan contoh air tanah harus memperhatikan pola arah aliran air tanah, dapat berasal dari air tanah bebas (tak tertekan) dan air tanah tertekan. Air limbah atau limbah cair adalah bagian bahan sisa yang berwujud cair dari kegiatan produksi termasuk air bekas pakai proses produksi dan bekas pencucian peralatan dan/atau bahan yang tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya karena kadaluwarsa atau sebab lain. Sesuai dengan ketentuan pertauran perundang-undangan lingkungan hidup, air limbah industri harus dipantau setiap waktu yang telah ditetapkan.

Titik pengambilan parameter sampel air/ air limbah terdiri dari:

- 1) Pengambilan sampel air danau/waduk
- 2) Pengambilan sampel air muara dan air laut
- 3) Pengambilan sampel air tanah

Tes 3

- 1) Titik pengambilan contoh air tanah dapat berasal dari sumur gali dan sumur pantek, atau sumur bor. Penjelasan yang sesuai dengan pernyataan diatas yaitu, kecuali:
 - A. Disebelah hulu dan hilir dengan aliran tanah dari lokasi yang akan dipantau
 - B. Tempat-tempat lain dianggap perlu tergantung tujuan pemeriksaan.
 - C. Diaerah pantai dimana terjadi penyusupan air asin dan beberapa titik kearah daratan bila diperlukan.
 - D. Didaerah hulu diteruskan ke hilir dengan arah aliran air permukaan dari lokasi yang diamati.

- 2) Sampel diambil pada titik sebelum (inlet) dan setelah (outlet) pengolahan limbah dengan memperhatikan waktu tinggal (retention time) limbah didalam IPAL, ini merupakan bagian dari :
 - A. Efisiensi proses produksi
 - B. Evaluasi efisiensi IPAL
 - C. Pengendalian pencemaran air
 - D. Proses pengambilan sampel air

- 3) Secara umum penentuan lokasi pengambilan sampel air sungai adalah:
 - A. Daerah hulu daerah daerah air alamiah yaitu lokasi yang belum terjadi pencemaran.
 - B. Daerah potensial sebagai penerima kontaminan yaitu lokasi yang mengalami perubahan kualitas air, disebarkan setelah adanya aktivitas industri, pertanian dll.
 - C. A dan B benar
 - D. A dan B salah

- 4) Danau atau waduk dengan kedalaman rerata kurang dari 10 meter tidak mempunyai perbedaan temperatur yang nyata, maka lapisan temperaturnya dinamakan sebagai berikut:
 - A. Empilinion
 - B. Metalimnion/ termoklin
 - C. Hipolimnion
 - D. A, B dan C benar

- 5) Danau/waduk yang pengambilan sampelnya diambil dipermukaan lapisan metalimnion, lapisan hipolimnion dan dasar danau/waduk merupakan danau/waduk yang memiliki kedalaman:
 - A. 31-100 meter
 - B. 100 meter
 - C. A dan B salah
 - D. A dan B benar

- 6) Pengambilan sampel air limbah untuk tujuan pengendalian pencemaran air diambil pada titik:
 - A. Perairan penerima sebelum air limbah masuk ke badan air
 - B. Outlet sebelum air limbah disalurkan ke saluran penerima
 - C. Perairan penerima setelah air limbah masuk ke badan air
 - D. A dan B benar

- 7) Pengambilan sampel air jika IPAL memiliki bak ekualisasi dilakukan pada titik pengambilan:
- A. Pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah dengan cara sesaat
 - B. Pada saluran sebelum masuk ke perairan air limbah dengan cara komposit waktu
 - C. Pada saluran sebelum masuk ke perairan air limbah dengan cara komposit waktu dan proposional pada saat pembuangan dilakukan
 - D. Saluran sebelum masuk ke perairan air limbah dengan cara intergretis sampling
- 8) Penentuan titik sampel air muara atau air laut pada beberapa kedalaman didasarkan pada :
- A. Perbedaan suhu
 - B. Perbedaan salinitas
 - C. Perbedaan suhu dan salinitas
 - D. Perbedaan pH
- 9) Kualitas air laut sangat dipengaruhi oleh:
- A. Suhu
 - B. Salinitas
 - C. Arus air laut
 - D. Suhu, salinitas dan arus air laut
- 10) Pada lokasi yang sama nilai salinitas air muara pada saat surut dapat mencapai:
- A. 18 per mil
 - B. 0,5 per mil
 - C. 20 per mil
 - D. 10 per mil

Panduan Praktikum Pengambilan, Pengiriman, Pemeriksaan dan Interpretasi Hasil

A. PENGAMBILAN SAMPEL AIR

Tujuan

Setelah selesai mempelajari materi pembelajaran yang diuraikan pada Kegiatan Belajar-2 ini, anda dapat memahami tentang pengambilan contoh air untuk pemeriksaan kimia.

Manfaat

Setelah selesai mempelajari materi pembelajaran yang diuraikan pada Kegiatan Belajar-2 ini, secara khusus dapat :

1. Mahasiswa dapat mengetahui teknik pengambilan contoh air secara kimia
2. Mahasiswa dapat mengetahui alat, bahan yang digunakan dalam pemeriksaan kimia secara benar.

Jumlah Contoh Air

Untuk analisa fisika dan kimia hendaknya dikirimkan contoh air kira-kira 2 liter. Bila dibutuhkan pemeriksaan tertentu, dibutuhkan air lebih banyak, tidak dibiarkan air yang sama diperiksa secara kimia, bakteriologis serta mikroskopik, karena persyaratan cara pengambilan dan tempat contoh air sangat berbeda.

Selang Waktu Antara Pengambilan Contoh Air dan Analisa

Makin pendek selang waktu antara pengambilan dan analisa, hasil pemeriksaan akan lebih baik. Sebenarnya sukar untuk menentukan selang waktu tersebut karena tergantung dari sifat contoh air, parameter yang akan diperiksa serta penyimpanannya. Perubahan yang diakibatkan oleh kegiatan jasad renik dapat dicegah dengan menyimpan di tempat gelap dan suhu rendah sampai pemeriksaan dilakukan. Berikut ini adalah batas waktu maksimum untuk pemeriksaan fisika dan kimia

- | | |
|------------------------------|--------|
| 1. Air bersih | 72 jam |
| 2. Air yang sedikit tercemar | 48 jam |
| 3. Air kotor/limbah | 12 jam |

Selang waktu tersebut hendaknya dicantumkan dalam laporan laboratorium. Jika contoh air diawetkan dengan penambahan asam atau pembunuh jasad renik lainnya, selang waktu dapat diperpanjang. Penambahan bahan pengawet ini perlu dicantumkan dalam laporan.

Beberapa kation akan hilang karena adsorpsi atau penukaran ion oleh dinding gelas tempat contoh air. Contoh air untuk pemeriksaan kation-kation aluminium, cadmium,

chromium, tembaga, besi, timbal, mangan, perak, seng, zat organik, dan K.K.O perlu dipisahkan dalam botol yang bersih serta diasamkan dengan asam chlorida pekat atau asam sulfat sehingga dicapai pH 3,5 untuk mencegah pengendapan dan adsorpsi oleh dinding botol.

Untuk pemeriksaan senyawa nitrogen, harus dipisahkan dalam botol yang bersih dan ditambahkan beberapa tetes bahan pengawet tulol. Beberapa parameter fisika dan kimia harus segera ditentukan di lapangan. Adapun parameter tersebut adalah : suhu, pH, gas yang terlarut (oksigen, karbondioksida, hidrogen sulfida, gas klor). Senyawa besi dan mangan akan terlarut dalam valensi tinggi (teroksidasi) oleh karenanya kation-kation ini dapat mengendap atau larut tergantung pada potensi reaksi contoh tersebut.

Contoh air yang representatif

Contoh air yang representatif dari beberapa sumber hanya dapat diperoleh dengan mencampur contoh yang diambil pada periode waktu tertentu atau dari beberapa titik/tempat pengambilan berlainan. Cara pengambilan/pengumpulan contoh air itu berbeda-beda tergantung pada macam dan keadaan tempat tersebut, sehingga tidak ada petunjuk secara mendalam yang dapat dipergunakan secara umum.

Cara dan selang waktu penyimpanan juga merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi analisa. Tiap contoh air harus diberi keterangan yang jelas dan tidak mudah hilang pada tempat contoh tersebut. keterangan meliputi nama tempat pengambilan, tanggal, jam, lokasi, dan suhu. Juga data lainnya seperti keadaan cuaca, tinggi air, aliran dan lain-lainnya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum pengambilan contoh : Karakteristik aliran air mungkin tidak banyak berubah selama beberapa waktu. Akan tetapi banyak juga aliran air yang selalu berubah didalam waktu yang singkat. Karakteristik air sungai di daerah hulu umumnya hanya berubah karena pengaruh curah hujan. Sehingga perubahan tersebut bersifat musiman. Di daerah hilir yang telah terkena pencemaran oleh penduduk dan industri. Perubahan tersebut dapat bersifat harian bahkan jam-jaman untuk memperoleh contoh yang mewakili keadaan sesungguhnya dapat dipilih tiga metode :

1. Contoh Sesaat (Grap Samples)

Contoh sesaat mewakili keadaan air pada suatu saat dari suatu tempat apabila suatu sumber air mempunyai karakteristik yang tidak banyak berubah didalam periode waktu yang singkat. Karakteristik air sungai di dalam suatu periode atau dalam batas jarak waktu dan tempat tersebut. umumnya periode pekerjaan pengambilan contoh selama 24 jam. Pemeriksaan beberapa parameter tertentu memerlukan metode sesaat seperti pengukuran temperatur, karbondioksida, sulfur, sianida, dan klorida.

2. Contoh Gabungan Waktu (Composible Samples)

Contoh sesaat yang diambil dari suatu tempat yang sama dan waktu yang berbeda. Hasil pemeriksaan contoh gabungan menunjukkan dari tempat tersebut di dalam satu

periode. Metode ini tidak dapat dilakukan untuk pemeriksaan beberapa unsur yang memerlukan pemeriksaan contoh sesaat.

3. Contoh Gabungan Tempat (Integrated Samples)

Adalah campuran contoh sesaat yang diambil dari suatu tempat yang berbeda pada waktu yang sama. Hasil pemeriksaan contoh gabungan menunjukkan keadaan merata dari suatu daerah atau tempat pemeriksaan. Metode ini berguna apabila diperlukan pemeriksaan kualitas air dari suatu penampungan aliran sungai yang dalam atau lebar. Pada pengambilan pertama, air dibuang untuk membilas botol pengambil. Pengambilan kedua dipergunakan untuk membilas tempat contoh air yang akan dikirimkan ke laboratorium. Pengambilan ketiga diisikan ke dalam tempat yang akan dikirim ke laboratorium dengan cara membalikkan botol pengambil air tadi, sehingga ujung pipa diluar mengenai dasarnya. Hal ini untuk mencegah terjadinya aerasi. Pada prinsipnya, air yang akan diperiksa diusahakan mempunyai susunan yang sesuai dengan air aslinya. Semua tindakan yang merubah susunan kimianya harus dihindarkan, baik tempat pengiriman maupun peralatan serta contoh pengambilan.

Alat Bahan Dan Prosedur Pengambilan Contoh Air

1. Alat dan Bahan

a. Alat:

- 1) Botol timba
- 2) Botol oksigen
- 3) Jerigen plastic

b. Bahan

- 1) H₂SO₄
- 2) Natrium thio sulfat (Na₂S₂O₃)

2. Prosedur Kerja

- a) Siapkan alat yang akan digunakan.
- b) Semua peralatan dibilas dengan contoh air yang diambil minimal 3 kali.
- c) Isilah masing-masing dengan contoh air dan hindarkan terjadinya aerasi, dengan cara membalik botol timba, sehingga ujung selang pada botol timba menempel pada dinding atau dasar tempat contoh air.
- d) Kemudian tambahkan bahan pengawet
- e) Masing-masing tempat contoh yang dikirim ke laboratorium harus ditempel suatu label sebagai berikut :

Dinas Kesehatan Kabupaten / Kotamadya :
Kode :
Contoh untuk pemeriksaan kimia/bakteriologis :
Diambil oleh :

Tanggal :
Jam :
Tanda tangan pengambil sampel :

B. PENGIRIMAN

Pengiriman dari lokasi pengambilan sampel ke laboratorium merupakan hal yang harus dipertimbangkan, karena beberapa sampel lingkungan mempunyai batas maksimum waktu simpan yang kurang dari 1 (satu) hari (Parr, 1998). Batasan waktu simpan ini disebabkan karakteristik sampel lingkungan yang dapat berubah antara waktu pengambilan sampel sampai diterima di laboratorium. Perubahan karakteristik tersebut diakibatkan oleh beberapa hal berikut:

1. Lamanya waktu transportasi,
2. Penyimpanan dalam wadah yang kurang tepat,
3. Pada suhu yang terlalu tinggi, atau terlalu rendah,
4. Pada pH tinggi atau rendah,
5. Tanpa pengawetan yang memadai

Pertimbangan utama melakukan analisis sampel lingkungan segera mungkin di laboratorium lebih disebabkan adanya batasan waktu simpan dari masing-masing parameter yang harus dianalisis ketimbang masalah wadah sampel atau cara pengawetannya. Sebagai gambaran, apabila pengambilan sampel lingkungan dilakukan pada jarak lebih dari 1 (satu) hari perjalanan ke laboratorium, akankah didapatkan hasil analisis BOD yang dapat mewakili kondisi sesungguhnya? Hal ini dikarenakan batas maksimum waktu simpan yang direkomendasikan untuk BOD adalah 1 (satu) hari atau 24 jam. Sampel lingkungan yang dibiarkan atau tidak dikondisikan pada suhu $3^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ akan menimbulkan bau yang diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme. Namun, apabila dijaga agar teraerasi, sampel tersebut tetap tidak mewakili karena nilai BOD-nya akan berkurang.

Beberapa usaha yang telah dilakukan untuk menyelesaikan masalah ini adalah:

1. Sampel yang telah diambil sesegera mungkin didinginkan ($3^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$), namun sampel tidak sampai dibekukan, kemudian segera kirim ke laboratorium dalam waktu kurang dari 24 jam;
2. Usahakan mendapatkan laboratorium kompeten yang berada di dekat lokasi pengambilan sampel sehingga dapat dilakukan analisis sesegera mungkin;
3. Bila memungkinkan, gunakan kurir atau jasa pelayanan pengirim agar sampel dapat diterima di laboratorium sebelum batas maksimum waktu simpan;

Pengiriman sampel lingkungan melalui darat dengan menggunakan kendaraan atau kereta api harus memenuhi peraturan setempat yang ditentukan, sedangkan sampel

lingkungan yang diangkut melalui udara harus memenuhi peraturan penerbangan internasional.

C. PEMERIKSAAN PARAMETER KIMIA AIR DAN AIR LIMBAH

1. Uji Jumlah Padatan Tersuspensi (Total Suspended Solid/ TSS) Dalam Air Permukaan dan Air Limbah Secara Gravimetri

a. Ruang Lingkup

Metode ini digunakan untuk menentukan jumlah padatan tersuspensi dalam air permukaan (sumur, sungai, danau, laut dan air limbah).

b. Prinsip

Penimbangan berat padatan di dalam sampel yang tertahan pada kertas saring yang berpori $0,45\mu\text{m}$ dan telah dikeringkan dalam oven pada temperatur $103\text{-}105^{\circ}\text{C}$ hingga diperoleh berat tetap.

c. Alat dan Bahan

1) Alat

Alat yang digunakan meliputi: cawan Goch atau alat penyaring lain yang dilengkapi pengisap, kertas saring Fiber berpori $0,45\mu\text{m}$, tempat khusus yang terbuat dari baja tahan karat dan aluminium untuk menaruh kertas saring, oven, neraca analitik dengan ketelitian $0,1\text{ mg}$ dan penjepit cawan.

2) Bahan

Bahan yang digunakan aquades

d. Metode Uji

1) Pemindahan kertas saring kosong

Taruh kertas saring ke dalam alat penyaring. Bilas kertas saring dengan akuades sebanyak 20 ml dan dioperasikan alat penyaring. Ulangi pembilasan hingga bersih dari partikel-partikel halus pada kertas saring. Ambil kertas saring dan taruh diatas tempat khusus kertas saring. Keringkan kertas saring di dalam oven pada temperatur $103^{\circ}\text{-}105^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam . Dinginkan dalam desikator selama 15 menit . Timbang dengan neraca analitik. Ulangi pengeringan hingga diperoleh berat tetap. Taruh kertas kering di dalam desikator hingga saatnya hendak digunakan.

2) Penyaringan sampel dan penimbangan padatan tersuspensi

Saring sampel (volume yang diambil berkadar suspensi antara $2,4\text{-}200\text{ mg}$). Bilas padatan tersuspensi dengan air suling sebanyak 10 ml dan lakukan sebanyak 3 kali . Ambil kertas saring dan taruh diatas tempat khusus kertas

saring. Keringkan kertas saring tersebut di dalam oven bertemperatur 103-105°C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit. Timbang dengan neraca analitik. Ulangu pengeringan hingga diperoleh berat tetap.

3) Perhitungan

$$\text{Jumlah padatan tersuspensi (mg/l)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{mL sampel}}$$

Keterangan:

A= Berat kertas saring berisi padatan (mg)

B= Berat kertas saring kosong (mg)

2. Uji Jumlah Padatan Terlarut (Total Dissolved Solid-TDS) Dalam Air Permukaan dan Air Limbah

a. Ruang Lingkup

Metode ini digunakan untuk penetapan jumlah padatan terlarut dalam air, yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas ion-ion terlarut dalam air yang dapat menghantarkan arus listrik dalam air permukaan dan air limbah.

b. Prinsip

Jumlah padatan terlarut dalam air secara langsung dengan elektroda konduktometer dengan membandingkan larutan standar.

c. Alat dan Bahan

1) Alat

Alat yang digunakan meliputi : Conductivity/TDS Meter Model:YK-22CT, gelas piala, botol semprot aquades dan kertas tissue.

2) Bahan

Bahan yang digunakan meliputi: air suling, larutan standar 12,41 g/L TDS Calibration solution, larutan standar 707 ppm TDS Calibration solution dan larutan standar 1500 ppm TDS Calibration solution.

d. Metode uji

1) Pengawetan sampel

Sampel air yang diambil dianalisis di lapangan atau segera setelah tiba di laboratorium. Sampel air yang belum bisa dianalisis, dapat diawetkan dengan cara pendinginan 4°C dengan lama penyimpanan maksimum 28 hari.

2) Persiapan analisis

Cuci elektroda konduktometer dengan akuades, kemudian dikeringkan dengan kertas tissue. Kalibrasi konduktometer dengan larutan standar TDS dengan konsentrasi 707 ppm. Sesuaikan operasional alat dengan menu pilihan TDS.

3) Prosedur uji TDS

Cuci elektroda konduktometer dengan akuades, kemudian dikeringkan dengan kertas tissue. Bilas elektroda konduktometer dengan sampel sebanyak 3 kali. Ukur konsentrasi sampel, TDS dengan membaca skala atau digit alat yang tertera. Apabila TDS sampel lebih kecil dari 2000 ppm, maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan larutan standar 1382 ppm atau 707 ppm. Apabila TDS sampel lebih besar dari 2000 ppm, maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan larutan standar 1500 ppm atau 12410 ppm. Apabila TDS sampel nilainya lebih besar dari 20.000 ppm maka sampel dilakukan pengenceran.

3. Uji Daya Hantar Listrik (DHL) Dalam Air Permukaan dan Air Limbah

a. Ruang Lingkup

Metode ini digunakan untuk penetapan kadar daya hantar listrik dan padatan larutan dalam air dan air limbah bertujuan untuk mengetahui kapasitas ion-ion terlarut di dalam air yang dapat menghantarkan arus listrik.

b. Prinsip

Daya hantar air dan air limbah diukur secara langsung dengan elektroda. Konduktometer dengan membandingkan larutan standar. Daya hantar listrik dinyatakan $\mu\text{S}/\text{cm}$ adalah konduktansi dari suatu konduktor dengan panjang 1 cm dan mempunyai penampang 1 cm^2 .

c. Alat dan Bahan

1) Alat

Alat yang digunakan meliputi : Conductivity/ TDS Meter Model:YK-22CT, gelas piala, botol semprot aquadest dan kertas tissue.

2) Bahan

Bahan yang digunakan meliputi: air suling, larutan standar 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ Conductivity Calibration solution, larutan standar 12,880 $\mu\text{S}/\text{cm}$ Conductivity Calibration solution, larutan standar 84,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ Conductivity Calibration solution dan larutan standar 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ Conductivity Calibration solution.

d. Metode Uji

1) Pengawetan sampel

Sampel air yang diambil dianalisis di lapangan atau segera setelah tiba dilaboratorium. Sampel air yang mempunyai DHL cukup rendah sebaiknya dianalisis di lapangan untuk menghindari pengaruh CO₂ atau amoniak yang berasal dari udara. Bila DHL air sangat tinggi, melebihi kisaran kemampuan alat instrument yang digunakan maka contoh uji harus diencerkan dengan akuades. Apabila sampel air belum bisa dianalisa dapat diawetkan dengan cara pendinginan 4oC dan lama penyimpanan maksimum 28 hari.

2) Persiapan analisis

Cuci elektroda konduktometer dengan akuades, kemudian dikeringkan dengan tissue. Kalibrasi konduktometer dengan larutan standar DHL dengan konsentrasi 1413µS/cm. Sesuaikan operasional alat dengan menu pilihan DHL.

3) Prosedur uji DHL

Cuci elektroda konduktometer dengan aquades, kemudian dikeringkan dengan kertas tissue. Bilas elektroda konduktometer dengan contoh uji sebanyak 3 kali. Ukur larutan sampel DHL dengan membaca skala atau digit angka yang tertera pada alat. Apabila contoh uji nilainya lebih besar dari 20000 µS/cm, maka contoh uji dilakukan pengenceran.

4) Perhitungan

Perhitungan contoh uji yang diencerkan

$$DHL \text{ Sampel} = \frac{(A \times B) - [C \times (A - D)]}{D}$$

Yang mana:

A= volume akhir (pengenceran) sampel

B= pengukuran DHL

C= DHL air pengencer

D= volume sampel

4. Metode Pengujian Fosfat Dalam Air dan Air Limbah dengan Metode Amonium Molibdovanadat Dengan Spektrofotometer UV

a. Ruang Lingkup

Metode ini digunakan untuk pengujian kadar fosfat dalam air dan air limbah secara spektrofometri dengan metode amonium molibdovanadat.

b. Prinsip

Penentuan fosfor secara spektrofotometri didasarkan atas terbentuknya senyawa kompleks berwarna kuning molibdovanadofosfat dalam suasana asam pembacaan pada panjang gelombang 430 nm (Shapiro dan Brannock).

c. Alat dan Bahan

1) Alat

Alat yang digunakan meliputi: spektrofotometer, alat-alat gelas (sebelum digunakan dicuci dengan HCl 1:1 dan dibilas dengan air bebas fosfat) dan kertas saring membran 0,45µm.

2) Bahan

Bahan yang digunakan meliputi: larutan amonium molibdovanadat (dibuat dengan melarutkan 1,5 g NH₄VO₃ dalam 400 ml HNO₃ 1:1, dicampur dengan larutan 90 g (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O dalam 400ml air. Kemudian diencerkan menjadi 1 L di dalam labu takar. Larutan disimpan dalam botol plastik, larutan baku induk standar fosfat (1 ml= 0,5mg PO₄) (dibuat dengan melarutkan 0,715 g kalium hidrogen fosfat anhidrat (KH₂PO₄) dengan air suling dalam labu takar 1 L dan encerkan sampai tanda batas, larutan baku kerja standar fosfat (dibuat dengan mengencerkan 100 ml larutan baku induk fosfat dengan air suling di labu takar 1 L sampai tanda batas), HNO₃ pekat dan HClO₄ pekat.

d. Metode uji

1) Pembuatan kurva kalibrasi

Pipet 0,1-2 ml (dibuat tabel pengenceran) larutan baku kerja standar fosfat masukan ke beberapa labu takar 100 ml, encerkan dengan air suling sampai 50 ml. Pada labu takar lainnya masukkan 50 ml air sebagai blanko. Tambahkan masing-masing labu 10 ml larutan amonium molibdovanadat dan encerkan dengan air sampai tanda batas. Kocok hingga homogen dan biarkan selama 10 menit kemudian pindahkan ke dalam kuvet, tetapkan serapan pada panjang gelombang 430 nm.

Tabel 2.11
Pengenceran

Pengenceran larutan baku induk PO ₄ sampai 100 ml	Kadar PO ₄ (mg/L)
0	0
0,1	0,05
0,2	0,1
0,4	0,2
0,8	0,4
1,6	0,8
2	1

Sumber: Harsojo, dkk. Analisis Makanan dan Lingkungan secara Fisika-Kimia (2012)

- 2) Pengukuran kadar fosfat terlarut pada contoh uji
Saring contoh uji dengan saringan memberan 0,45 µm, pipet 50 ml filtrat masukkan ke dalam labu 100 ml, tambahkan 10 ml larutan amonium molibdovanadat. Encerkan dengan air suling hingga tanda batas. Baca serapan pada panjang gelombang 430 nm.
- 3) Pengukuran kadar fosfat total pada contoh uji
Kocok contoh uji hingga homogen, pipet 50 ml contoh uji ke dalam erlenmeyer 250 ml, tambahkan 10 ml HNO₃ pekat, kemudian panaskan hingga volume setengah, tambahkan 5 ml HClO₄, panaskan lagi hingga hampir kering. Tambahkan aquades 25 ml lalu dituang ke dalam labu takar 50 ml, encerkan dengan air hingga tanda batas. Ke dalam labu 100 ml larutan uji 50 ml ditambah 10 ml larutan amonium molibdovanadat, encerkan dengan air, hingga tanda batas, kocok hingga homogen diamkan selama 10 menit, baca serapannya pada panjang gelombang 430nm.
- 4) Perhitungan

$$\text{Kadar } PO_4 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{serapan contoh}}{\text{serapan baku}} \times \text{kadar baku}$$

5. Uji Mangan (Mn) dalam Air dan Air Limbah dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)- Nyala

a. Ruang Lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam dan mangan (Mn) total dan terlarut dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Mn 0,1 mg/L sampai dengan 10mg/L dengan panjang gelombang 279,5 nm.

b. Prinsip

Analit logam dalam nyala udara-asetilen diubah menjadi bentuk atomnya, menyerap energi radiasi elektromagnetik yang berasal dari lampu katoda dan besarnya serapan berbanding lurus dengan kadar analit.

c. Alat dan Bahan

1) Alat

Alat yang digunakan meliputi: Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), lampu katoda berongga (Hollow Cathode Lamp/ HCL) mangan, gelas piala 100 mL dan 250 mL, pipet volumetrik 10,0 mL dan 50,0 mL, labu ukur 50,0 mL; 100,0 mL dan 1000,0 mL, Erlenmeyer 100mL, corong gelas, kaca arloji, pemanas listrik, seperangkat alat saring vakum, saringan membran dengan ukuran pori 0,45 µm, timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g, labu semprot.

2) Bahan

Bahan yang digunakan meliputi: Air bebas mineral, asam nitrat (HNO₃) pekat p.a, logam Mangan (Mn) dengan kemurnian minimum 99,0%, gas astilen (C₂H₂) HP dengan tekanan minum 100 psi, larutan pengencer HNO₃ 0,05 M (dibuat dengan melarutkan 3,5 mL HNO₃ pekat ke dalam 1000 mL air bebas mineral dalam gelas piala), larutan pencuci HNO₃ 5% (v/v) (dibuat dengan menambahkan 50 mL asam nitrat pekat kedalam 800 mL air bebas mineral kedalam gelas piala 1000mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan), larutan kalsium (dibuat dengan melarutkan 630 mg kalsium karbonat (CaCO₃) dalam 50 mL HCL (1+5). Bila perlu larutan di didihkan untuk menyempurnakan larutan. Dinginkan dan encerkan dengan air bebas mineral hingga 1 liter), udara tekan HP atau udara tekan dari komposer.

d. Metode Uji

1) Pengawetan sampel uji

Bila contoh uji tidak dapat segera diuji, maka contoh uji diawetkan sesuai petunjuk di bawah ini:

Wada : Botol plastik (polyethylene) atau botol gelas.

Pengawet :

- a) Untuk logam larutan, saring dengan saringan membran berpori 0,45 µm diasamkan dengan HNO₃ hingga pH <2
- b) Untuk logam total, asamkan dengan HNO₃ hingga pH <2.

Lama Penyimpanan : 6 bulan

Kondisi Penyimpanan : Suhu ruang

2) Persiapan sampel uji

Persiapan sampel uji mangan terlarut

Siapkan contoh uji yang telah disaring menggunakan saringan membran berpori 0,45µm dan diawetkan. Contoh uji siap diukur.

3) Pembuatan larutan baku logam mangan 100 µg/mL

Timbangan ± 0,100g logam mangan, masukkan kedalam labu ukur 1000,0 mL. Tambahkan campuran 10 mL HCL pekat dan 1 mL HNO₃ pekat hingga larut. Tambahkan air bebas mineral hingga tepat tanda tera, lalu homogenkan; (≈ 100 mg/L). Hitung kembali kadar sesungguhnya berdasarkan hasil pertimbangan. Larutan ini juga dapat dibuat dengan mengencerkan larutan induk Mn 1mg/mL

- 4) Pembuatan larutan baku logam mangan 10 μ g/mL
Pipet 10,0 mL larutan standar logam mangan 100 mg/L kedalam labu ukur 100,0 mL. Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera dan homogenkan.
- 5) Pembuatan larutan kerja logam mangan
Buat deret larutan kerja dengan 1 (satu) blanko dan minimal 3 (tiga) kadar yang berada secara proporsional dan berada pada rentang pengukuran.
- 6) Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi
Operasikan alat dan optimasikan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengukuran mangan total (Catatan: Salah satu cara optimasi alat dengan uji sensitifikasi. Tambahkan matrix modifier (larutan kalsium) dan/atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan). Aspirasikan larutan blanko ke dalam SSA-nyala kemudian atur serapan hingga nol. Aspirasikan larutan kerja satu persatu ke dalam SSA-nyala, lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 279,5 nm, kemudian catat. Lakukan pembilasan pada selang aspirator dengan larutan pengencer Buat kurva kalibrasi dari data, dan tentukan persamaan garis lurus nya. Jika koefisien korelasi regresi linear (r) , 0,995 periksa kondisi alat dan ulangi langkah diatas hingga diperoleh koefisien $\geq 0,995$.
- 7) Pengukuran sampel uji
Aspirasikan contoh uji kedalam SSA-nyala dan ukur serapannya pada panjang gelombang 279,5 nm. Bila diperlukan, lakukan pengenceran. Catat hasil pengukuran.
- 8) Perhitungan
Konsentrasi logam mangan total:
 $Mn = C \times fp$
Dengan pengertian:
C adalah kadar yang didapat hasil pengukuran (mg/L).
fp adalah faktor pengenceran.

D. ASSESMENT DATA PENGAMBILAN SAMPEL

Assesment data pengambilan sampel bertujuan untuk mengetahui apakah data hasil pengambilan sampel memenuhi kesesuaian kebutuhan pengguna data serta persyaratan jaminan mutu dan pengendalian mutu di lapangan. Assesment dilakukan dengan cara memverifikasi serta memvalidasi data pengambilan sampel secara kualitatif maupun kuantitatif.

1. Pendapat dan Interpretasi

Bila pendapat dan interpretasi hasil pengambilan sampel dicantumkan dalam laporan pengambilan sampel, lembaga atau institusi yang melakukan pengambilan sampel harus mendokumentasikan dasar yang digunakan untuk membuat pendapat dan interpretasi tersebut. Adapun pendapat dan interpretasi yang tercakup dalam suatu laporan pengambilan sampel dapat terdiri dari, tetapi tidak terbatas pada hal-hal berikut:

- a. Suatu pendapat terhadap pernyataan kesesuaian atau ketidaksesuaian hasil pengambilan sampel dengan persyaratan;
- b. Pemenuhan persyaratan berdasarkan perjanjian atau kontrak;
- c. Rekomendasi tentang bagaimana menggunakan hasil pengambilan sampel.

Pendapat dan interpretasi dapat pula dikomunikasikan melalui dialog langsung dengan pelanggan, namun kesimpulan dari hasil dialog sebaiknya ditulis.

Kunci Jawaban Tes

Kunci Jawaban Tes 1

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jawaban	A	D	B	A	C	B	A	A	D	D

Kunci Jawaban Tes 2

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jawaban	D	C	A	D	A	D	D	D	A	B

Kunci Jawaban Tes 3

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jawaban	D	B	C	D	A	D	A	C	D	B

Daftar Pustaka

- Benyamin, M.M. (2002). Water chemistry. New York: Mc Graw-Hill.
- Crosby, D.G. (1998). Environmental Toxicology and Chemistry. New York: Oxford University Press.
- Hadi, A. (2015). Pengambilan sampel lingkungan. Jakarta: Erlangga
- Harsojo, dkk. (2012). Analisis makanan dan lingkungan secara fisika-kimia. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Hemmer, M. J. (1984). Water and waste water technology. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Lu, F. C. (1995). Toksikologi dasar (terjemahan oleh Adi Nugroho). Jakarta: UI Press.
- Metcalf and Eddy (2003). Treatment and Reuse Wastewater Engineering. (, Edisi 4). Boston: McGraw Hill,.
- Kantor Lingkungan Hidup [KLH]. (1986). Pedoman Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No. 24 Tahun 1986 Tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. Jakarta: KLH
- Saeni, M.S. (1989). Kimia Lingkungan. Bogor: Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat-DIKTI, IPB.
- Sawyer, Clair N. Perry L. M, and Gene F.P. (2003). Chemistry Forenviromental Engineering and Science, (5thEd). Boston: Mc. Graw-Hill.
- Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16th Edition, p.94, Method 208D. 198

BAB III PARAMETER KIMIA UDARA

*Djoko Purnomo, SKM., M.Kes;
Demes Nurmayanti, ST., M.Kes*

PENDAHULUAN

Saudara mahasiswa dalam Bab III di topik 1 kita akan membahas tentang parameter kimia sampel udara. Melihat pentingnya materi parameter kimia sampel udara, maka perlu di jelaskan terlebih dahulu komposisi udara/atmosfir. Topik ini juga mempelajari definisi pencemaran udara yang sekarang lagi marak dibicarakan. Setelah mengetahui definisi pencemaran udara, perlu diketahui asal sumber pencemar. Didalam sumber pencemar terdapat parameter, adapun parameter dalam sumber pencemar tersebut dapat berbentuk gas ataupun partikel yang merupakan bahan pencemar di udara. Parameter pencemar juga tergantung dari parameter meteorologi yang mempengaruhi distribusi pencemar, oleh karena itu harus dipelajari juga karena perannya dalam pencemaran udara sangat mendukung.

Topik 2 menjelaskan parameter kimia yang ada di udara. Parameter ini akan menunjukkan apakah komposisi udara telah mengalami perubahan. Apabila iya mengalami perubahan maka pada topik 3 kita membahas tentang dampak yang terjadi akibat pencemaran udara baik dampak terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan manusia. Topik 3 akan membahas tentang titik pengambilan sampel baik sampel udara emisi berdasarkan SNI 19-7117.2:2005 dan SNI 7117.13 :2009, baik di cerobong maupun di jalan raya. Titik pengambilan sampel yang kedua pada udara ambien. Materi ini sangat penting karena merupakan kompetensi yang harus dimiliki oleh tenaga sanitarian.

Sebagai seorang sanitarian anda harus menguasai kompetensi parameter kimia udara, yang mampu menerapkan pengambilan sampel, pengawetan, labeling, pengiriman sampel ke laboratorium, dan pemeriksaan sampel yang meliputi pemeriksaan gas dan partikel hingga interpretasi hasil yang berdasarkan standar baku mutu.

Manfaat dari proses pembelajaran pada bab ini mahasiswa dapat menjelaskan parameter kimia udara dan mampu menerapkan teknik pengambilan sampel, pengawetan, labeling sampai pengiriman. Manfaat yang kedua setelah sampel di dapat dari lapangan, mahasiswa dapat memeriksakan sampel tersebut sesuai dengan parameter yang diambil di lapangan, setelah itu mahasiswa dapat berfikir kritis dalam melakukan interpretasi hasil pemeriksaan tersebut.

Materi dalam Bab III ini dilengkapi dengan latihan dan tes beserta rambu jawaban di setiap topik. Tujuannya agar mahasiswa dapat mengukur sendiri kemampuan dan pemahaman terhadap materi yang dipelajari dalam bab ini. Bab III ini terbagi menjadi Teori dan Praktek. Teori disajikan melalui topik-topik berikut

- Topik 1 : Parameter Kimia Udara
- Topik 2 : Dampak Kesehatan Lingkungan Akibat Pencemaran Udara

■ Topik 3 : Titik Pengambilan Sampel Parameter Kimia Tanah

Sementara untuk panduan praktek disajikan pada topik tersendiri yang diberi judul Panduan Praktikum Pengambilan Sampel, Pengawetan, Labeling, Pengiriman, Pemeriksaan Dan Interpretasi Hasil. Setelah mempelajari Bab ini mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan tentang parameter kimia udara
2. Menentukan titik pengambilan sampel udara
3. Melakukan pengambilan sampel, pengawetan serta pengiriman untuk dilakukan pemeriksaan sampel udara
4. Melakukan interpretasi hasil

Topik 1 Parameter Kimia Udara

A. KOMPOSISI UDARA

Saudara mahasiswa sebelum kita membahas tentang pencemaran udara, kita harus mengetahui tentang komposisi udara. Mari kita perhatikan bahwa udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara / tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Udara merupakan bagian dari atmosfer bumi yaitu lapisan yang membungkus bumi dengan ketebalan ± 86 km diatas permukaan tanah, yang memiliki sifat tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Udara/atmosfer kita ini berada disekeliling bumi yang berfungsi sangat penting bagi kehidupan. Adapun komposisi udara dapat dijelaskan sebagai berikut :

Komposisi utama adalah Nitrogen (78,09%), Oksigen (20,94%), sedangkan komponen udara dalam jumlah sedikit yaitu Argon ($9,34 \times 10^{-1}\%$), Karbon dioksida ($3 \times 10^{-2}\%$), dan komponen dalam jumlah sangat sedikit meliputi Neon, Helium, Metana, Krypton, Xenon, Hidrogen, CO, NO, ozon, NO₂, Amoniak, SO₂(Mulyono, 2008)

B. PENCEMARAN UDARA

Sebelum menjelaskan tentang pencemaran udara, kita harus tahu terlebih dahulu fungsi dari komponen yang ada diudara. Komponen yang ada diudara memiliki fungsi yang berbeda contohnya oksigen didalam udara untuk bernapas, karbondioksida untuk proses fotosintesis oleh khlorofil daun dan ozon (O₃) untuk menahan sinar ultra violet. Apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan keadaan normal akan mengganggu kehidupan manusia, hewan dan binatang, hal ini disebut udara tersebut telah tercemar.

Saudara mahasiswa mari kita pelajari apa yang dimaksud dengan pencemaran udara. Pencemaran udara adalah masuknya substansi atau, kombinasi berbagai substansi ke dalam udara, dapat berupa gas, cairan atau limbah padat serta produk samping dalam konsentrasi dan waktu yang sedemikian rupa, sehingga menciptakan gangguan, kerugian, atau memiliki potensi merugikan terhadap kesehatan dan kehidupan manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan atau benda serta menciptakan ketidaknyamanan, bersifat menyerang atau merugikan bagian luar atau dalam tubuh manusia, atau keberadaannya baik langsung maupun tidak langsung merugikan kesejahteraan manusia.

Setelah mengetahui definisi dari pencemaran udara, mari kita masuk dalam proses pencemaran udara. Pencemaran udara terbagi menjadi dua yaitu pencemaran secara langsung dan tidak langsung. Pencemaran secara langsung adalah pencemaran yang langsung berdampak pada makhluk hidup yaitu kesehatan manusia, tumbuhan dan hewan, tidak hanya makhluk hidup yang berdampak tetapi keseimbangan ekologi baik tanah, air, dan udara. Pencemaran secara tidak langsung terjadi karena adanya reaksi kimia yang

terjadi baik diudara, air maupun tanah, sehingga mengakibatkan pencemaran. Mari kita lihat pencemaran udara bersumber dari mana. Sumber pencemaran dapat dibagi menjadi dua sumber utama yaitu :

1. Berasal dari alam sendiri
2. Akibat aktivitas manusia

Pencemaran udara yang berasal dari alam relative kecil (5%), contoh yang sering terjadi adalah kebakaran hutan yang diakibatkan oleh teriknya matahari, gunung meletus yang menyemburkan debu vulkanik, dan sebagainya. Pencemaran udara terbesar dilakukan oleh aktivitas manusia dengan presentase 95%, secara umum yang mengakibatkan proses terjadinya pencemaran udara, dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Attriction (gesekan)

Attriction dapat terjadi pada setiap aspek kehidupan mulai dari yang sederhana seperti gesekan sepatu atau gesekan ban maupun sampai yang lebih kompleks. Seperti penyebaran partikel udara yang diakibatkan oleh proses sanding (pemecahan butir grinding proses pemotongan), drilling (pengeboran) dan spray penyemprotan.

2. Vaporization (penguapan)

Vaporization adalah terjadinya perubahan bentuk dari benda cair menjadi bentuk gas atau uap. Perubahan bentuk tersebut dapat disebabkan oleh pengaruh tekanan atau pemanasan, dan dapat juga terjadi secara alami. Vaporization biasanya menyebabkan timbulnya bau.

3. Combustion (pembakaran)

Combustion adalah proses pembakaran dari bahan bakar minyak, kayu dan batu bara atau bahan-bahan lain yang dapat terbakar. Hasil pembakaran dapat berupa asap, gas dan partikel karbon. Pembakaran dapat terjadi secara sempurna atau terjadi secara tidak sempurna. Bila terjadi pembakaran tidak sempurna akan terbentuk suatu gas CO yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.(Mukono, 2008)

Sekarang kita lihat bahwa sumber pencemaran dari aktivitas manusia dapat dibagi menjadi dua yaitu sumber bergerak dan sumber tidak bergerak.

Sumber bergerak adalah sumber emisi yang selalu bergerak seperti kendaraan bermotor, 65% penyuplai terbesar di atmosfer kita yang diakibatkan karena pembakaran bahan bakar minyak.

Sumber tidak bergerak adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat, dalam hal ini adalah aktivitas rumah tangga, dengan prosentase 15% penyuplai pencemaran udara di atmosfer. Pembakaran bahan bakar minyak, gas dan kayu, serta kegiatan industri memberikan peran dalam pencemaran udara sebesar 10%.

Besar-kecilnya pencemaran udara sangat tergantung pada jumlah penduduk. Umumnya pencemaran udara akan bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Bahan pencemar secara fisik dapat dibedakan menjadi dua bentuk yaitu gas dan partikulat atau aerosol. Bagaimana anda mengetahui suatu daerah telah mengalami pencemaran, dapat diketahui dengan melihat tanda-tanda seperti dibawah ini.

1. Terhalangnya pandangan mata oleh karena adanya partikel bahan pencemar di udara. Partikel bahan pencemar yang melayang-layang di udara terutama yang mempunyai diameter kurang dari 1 – 5 mikron akan membentuk suspensi yang stabil di udara. Bila suspensi itu konsentrasinya tinggi, maka akan mengganggu jarak pandangan mata seseorang.
2. Munculnya bau yang dapat tercium diseluruh daerah. Bau yang dihasilkan dari proses industri maupun proses dekomposisi (seperti bau gas), bau ini dapat menyebar ke seluruh udara karena gas memiliki sifat dapat berdifusi keseluruh ruangan. Bau itu dapat menimbulkan gangguan ketidaknyaman bagi penduduk di wilayah tersebut.
3. Terdapatnya kabut (smog) yang menyelimuti udara. Kabut (smog) yang terjadi akan menyelimuti wilayah tersebut dalam bentuk bahan partikulat, yang berupa padatan maupun cair. Contoh sumber kabut itu dapat terjadi dari industri yang menggunakan sumber energi dalam proses kegiatannya yang menggunakan bahan bakar minyak bumi dan batu bara, dimana dalam proses pembakaran yang kedua akan menghasilkan gas SO_2 . Kabut dapat terjadi pada daerah yang beriklim panas dan kering, serta transportasi yang digunakan banyak menggunakan kendaraan bermotor, dari proses pembakaran tersebut akan membentuk kabut yang disebut dengan photochemical smog. Photochemical smog itu terbentuk akibat gas buang NO_2 , hasil reaksi pada temperatur tinggi dari nitrogen dan oksigen diruang pembakar kendaraan bermotor. Gas NO_2 yang berwarna kuning kecoklatan ini, akan membentuk kabut yang menyelimuti terutama udara perkotaan.
4. Cuaca yang selalu redup
Adanya berbagai kabut yang terdapat di udara secara terus menerus, akan menyebabkan sinar matahari tidak dapat menembus sampai ke bumi. Hal ini tentunya akan menyebabkan cuaca yang selalu redup dan tentunya akan mengganggu kehidupan manusia maupun kehidupan makhluk lainnya terutama tumbuh-tumbuhan karena akan mengganggu proses fotosintesa.



*Gambar 3.1
Kabut yang ada diudara akibat pencemaran*

5. Terdapatnya endapan partikel bahan pencemar
Pada daerah industri pembuatan semen, disamping udaranya terselimuti kabut, sebagian partikel padat (terutama yang diameter partikelnya relative besar) akan mengendap baik pada daun-daunan maupun pada atap rumah penduduk. Partikel ini akan tetap disitu sampai tersapu oleh turunnya hujan.

C. PARAMETER KIMIA

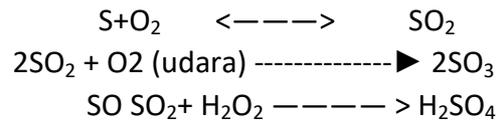
1. Parameter Gas

Para mahasiswa diatas telah dibahas komponen udara, bagaimana komponen udara tersebut mengalami perubahan hingga terjadi pencemaran udara. Salah satu pencemaran udara dapat berupa gas yaitu :

a. Belerang Dioksida

Senyawa sulfur di atmosfer terdiri dari H_2S , SO_2 , SO_3 , dan H_2SO_4 . Senyawa ini dapat berbentuk asam maupun garam, dimana asam dan garamnya dalam bentuk aerosol. Disebut aerosol yaitu suspensi padatan atau cairan dalam gas. Perlu mahasiswa ketahui bahwa cemaran senyawa sulfur diatas yang paling penting adalah SO_2 yang memberikan sumbangan $\pm 50\%$ dari emisi total. Cemaran garam sulfat dan sulfit dalam bentuk aerosol yang berasal dari percikan air laut memberikan sumbangan 15% dari emisi total (Sastrawijaya,2009)

Ciri ciri dari gas belerang oksida (SO_x) bau sangat tajam, beracun, bersifat korosif, diudara SO_x terikat dengan oksigen membentuk SO_2 dan SO_3 . Sifat dari Gas SO_2 tidak mudah terbakar dan berbau tajam, sehingga dapat tercium oleh manusia pada konsentrasi 0,3 – 1 ppm. Gas SO_3 bersifat sangat reaktif, jika diudara bereaksi dengan uap air membentuk asam sulfat atau H_2SO_4 . Mekanisme pembentukan SO_x dapat dituliskan dalam dua tahap reaksi.



Sekarang mahasiswa dapat mengetahui bahwa SO₃ di udara dalam bentuk gas apabila konsentrasi uap airnya sangat rendah, akan tetapi jumlah uap air yang cukup, maka SO₃ dan uap air bergabung membentuk asam sulfat dengan rumus kimianya H₂SO₄ dengan reaksi sebagai berikut :

Jumlah H₂SO₄ di atmosfer lebih banyak dari pada yang dihasilkan dari emisi yaitu SO₃, asam sulfat/H₂SO₄ juga berasal dari senyawa SO₂ yang berada di atmosfer dan berubah menjadi SO₃. Perubahan SO₂ teroksidasi menjadi SO₃ dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jumlah air yang tersedia, intensitas, waktu dan distribusi spektrum sinar matahari, jumlah bahan katalik, bahan sorptif dan alkalin yang tersedia (Sastrawijaya,2009)

b. Karbon Monoksida

Mahasiswa perlu diketahui bahwa di atmosfer tidak hanya SO₂, SO₃ saja, ada juga karbon monoksida (CO) yang berasal dari pembakaran tidak sempurna, contohnya adalah bensin pada kendaraan bermotor, proses pembakaran baik di industri maupun pertanian, pemanas rumah, pembangkit listrik, asap rokok. Mahasiswa harus mengenal ciri-ciri dari karbon monoksida yaitu sifat dari gas ini tidak berwarna dan tidak berbau. CO lebih mudah terikat oleh darah.

Polusi akibat gas buangan kendaraan bermotor, disamping mengandung zat – zat karbon , juga mengandung gas CO dan Pb (timah hitam). Gas CO terbentuk pada pembakaran yang tidak sempurna, sedangkan Pb berasal dari penambahan pada proses pembuatan bensin. Setelah gas buangan tadi terisap bersama udara pernafasan , maka kedua zat tersebut akan sampai pada alveoli paru – paru.

c. Karbondioksida

Karbon dioksida (CO₂) adalah hasil pembakaran sempurna, yang bersifat tidak beracun, namun dampaknya mengakibatkan suhu bumi menjadi meningkat. CO₂ di udara sangat bermanfaat oleh makhluk hidup.

d. Nitrogen Oksida

Nitrogen memegang peran penting di siklus unsur, tujuannya untuk keseimbangan alam. Sekitar 78% udara terdiri dari nitrogen, dan 20% adalah oksigen. Nitrogen bebas sangat dibutuhkan oleh beberapa mikroorganism. Nitrogen dioksida (NO₂) dan nitrogen monoksida (NO) adalah bahan pencemar di udara, NO merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, contributor smog dan deposisi asam, bereaksi dengan senyawa organik volatile membentuk ozon. NO berubah jadi nitrat mempunyai peran dalam hujan asam jika udara dalam kondisi lembab atau hujan, NO₂ adalah berbau tajam dan berwarna coklat kemerahan. (Sastrawijaya,2009)

e. *Hidrokarbon*

Senyawa ini mengandung unsur hidrogen dan karbon, hidrokarbon yang dihasilkan manusia hanya sebesar 15%. Sumber hidrokarbon dari aktivitas manusia adalah proses perindustrian, kendaraan bermotor dan pembakaran sampah. HC (Hidrokarbon) adalah bahan pencemar udara yang dapat berbentuk gas, cairan maupun padatan (Sastrawijaya, 2009)

f. *Ozon (O_3)*

Ozon adalah gas berwarna biru bening dan berbau tajam, memiliki sifat mengoksidasi. Ozon diperoleh karena loncatan listrik di udara, ozon dapat bereaksi dengan lapisan atas daun sehingga berbentuk bintik-bintik. Ozon dapat merusak warna tekstil di mana warna tersebut akan memudar, dan akhirnya bahan tekstil akan terurai.

g. *Khlorin*

Senyawa klorin adalah asam hipoklorit (HOCl) dan garam hipoklorit (OCl). Gas Klorin (Cl_2) adalah bersifat bukan logam, radioaktif, toksik dan gas berwarna kuning kehijauan. Khlorin sering digunakan oleh industri, seperti PDAM dan kolam renang memanfaatkan khlorin sebagai desinfektan.

h. *Timbal (Pb)*

Mahasiswa perlu mengetahui bahwa timbal diudara dalam bentuk senyawa Pb-organik, contohnya Pb-tetraetil dan Pb-tetrametil yang biasanya terdapat dalam bensin. Timbal yang terlepas diudara berasal dari proses pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, penambangan, incinerator, peleburan batuan Pb.

2. Parameter Partikel

Partikel dapat dibedakan menjadi PM 10 dan PM 2,5, dimana arti PM 10 adalah partikulat yang berukuran 10 mikron atau kurang, sedangkan PM 2,5 adalah partikulat yang berukuran kurang dari 2,5 mikron. Sumber partikel dapat berasal dari cerobong asap pabrik, debu, gas buang kendaraan bermotor, tanah, pembakaran. Salah satu bentuknya adalah aerosol yaitu partikel zat padat atau cair yang memberi suspensi di udara. Suspensi ini akan stabil bila ukuran partikelnya kurang dari 1-5 mikron. Partikel ini akan tinggal di udara untuk beberapa hari. Mengapa ukuran partikel bermacam-macam, partikel dibedakan berdasarkan ukurannya mulai 0,1 sampai 10 mikron. Mari kita bicarakan jenis – jenis partikel dibawah ini.

a. *Dust*

Debu merupakan campuran dari berbagai senyawa organik dan anorganik serta melayang di udara. Partikel padat berdiameter antara 5 - 100 mikron..

b. *Fume*

Partikel padat yang berdiameter antara 0.1 - 1 mikron yang terbentuk akibat pencairan benda padat.

- c. *Mist*
Partikel zat cair yang melayang-layang di udara dengan diameter lebih besar dari 100 mikron.
- d. *Smog*
Partikel padat hasil pembakaran yang berdiameter kurang dari 1 mikron.
- e. *Fog*
Fog terjadi akibat kondensasi uap air di udara.

Beberapa pencemar lain yang perlu diperhatikan yaitu senyawa fluor dan asbes. Fluorida adalah senyawa beracun dan terbesar di udara dalam bentuk gas dan padatan. Asbes dipakai untuk keperluan rumah tangga, yang terbuat dari senyawa magnesium hidrat.

Latihan

- 1) Pencemaran udara berdasarkan sumbernya dapat dibedakan menjadi 2 jenis, sebutkan dan jelaskan?
- 2) Sebutkan komposisi unsur udara yang terbesar?
- 3) Sebutkan dan jelaskan tanda – tanda apabila suatu daerah terjadi pencemaran udara ?
- 4) Bagaimana proses SO_2 bisa berubah menjadi SO_3 ?
- 5) Bagaimana proses H_2SO_4 di udara dapat terjadi ?
- 6) Sebutkan jenis bahan pencemar udara yang dapat berbentuk gas, cairan maupun padatan?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang

- 1) Bagian tengah pembahasan pencemaran udara
- 2) Komposisi udara
- 3) Bagian akhir pembahasan pencemaran udara
- 4) Parameter gas pada bagian belerang oksida
- 5) Parameter gas pada bagian belerang oksida
- 6) Parameter gas

Ringkasan

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara / tekanan udara dan lingkungan sekitarnya

Pencemaran udara diartikan sebagai masuknya substansi atau kombinasi berbagai substansi ke dalam udara, dapat berupa gas, cairan atau limbah padat serta produk samping

dalam konsentrasi dan waktu yang sedemikian rupa, sehingga menciptakan gangguan, kerugian, atau memiliki potensi merugikan terhadap kesehatan dan kehidupan manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan atau benda serta menciptakan ketidaknyamanan, bersifat menyerang atau merugikan bagian luar atau dalam tubuh manusia, atau keberadaannya baik langsung maupun tidak langsung merugikan kesejahteraan manusia.

Sumber pencemaran pada hakekatnya dapat dibagi menjadi dua sumber utama yaitu Berasal dari alam sendiri dan Akibat aktivitas manusia. Proses pencemaran udara disebabkan oleh aktivitas manusia dapat dibagi menjadi tiga kategori, yang meliputi Attrition (gesekan), Vaporization (penguapan), Combustion (pembakaran)

Umumnya pencemaran udara akan bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Untuk mengetahui suatu daerah telah mengalami pencemaran, dapat diketahui dengan melihat tanda-tanda seperti dibawah ini.

- 1) Terhalangnya pandangan mata oleh karena adanya partikel-partikel bahan pencemar di udara.
- 2) Adanya bau yang dapat tercium diseluruh daerah.
- 3) Terdapatnya kabut (smog) yang menyelimuti udara.
- 4) Terdapatnya endapan partikel bahan pencemar
- 5) Cuaca yang selalu redup

Tes 1

Kerjakan soal dibawah ini, dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat.

- 1) Berikut yang merupakan komposisi utama pada udara adalah
 - A. Argon dan Karbondioksida
 - B. Neon dan Helium
 - C. Oksigen dan Metana
 - D. Nitrogen dan Oksigen
- 2) Penyuplai terbesar pencemaran udara adalah
 - A. Kendaraan bermotor
 - B. Aktivitas rumah tangga
 - C. Aktivitas industri
 - D. Pembakaran minyak
- 3) Photochemical smog terbentuk akibat gas buang
 - A. HC
 - B. SO_3
 - C. SO_2
 - D. NO_2

- 4) Penyuplai pencemaran udara sumber yang tidak bergerak di atmosfer terbesar adalah
- A. Industri
 - B. Kegiatan rumah tangga
 - C. Pembakaran minyak
 - D. Pembakaran kayu
- 5) Particulate yang berukuran 10 mikron atau kurang adalah
- A. PM 100
 - B. PM 2,5
 - C. PM 7
 - D. PM 10
- 6) Partikel pada yang berukuran antara 5-100 mikron yang melayang-layang diudara adalah
- A. Fume
 - B. Dust
 - C. Mist
 - D. Fog
- 7) True gas adalah suatu zat yang keadaan fisiknya dapat menyebar dan berdifusi pada tempat dimana dia berada. Yang termasuk dalam true gas adalah, kecuali
- A. O₂
 - B. CO₂
 - C. H₂S
 - D. CH₄

Topik 2

Dampak Kesehatan Lingkungan Akibat Pencemaran Udara

Setelah saudara mahasiswa mengetahui parameter kimia udara, mari kita melihat dampak yang diakibatkan dari pencemaran tersebut. Ada yang langsung terasa dampaknya, misalnya berupa gangguan kesehatan langsung (penyakit akut), atau akan dirasakan setelah jangka waktu tertentu (penyakit kronis). Sebenarnya alam memiliki kemampuan sendiri untuk mengatasi pencemaran (self recovery), namun alam memiliki keterbatasan. Setelah batas itu terlampaui, maka pencemar akan berada di alam secara tetap atau terakumulasi dan kemudian berdampak pada manusia, material, hewan, tumbuhan dan ekosistem. Berikut adalah parameter pencemar udara kriteria beserta dampaknya terhadap kesehatan manusia, ekosistem dan lingkungan, tumbuhan, hewan serta material.

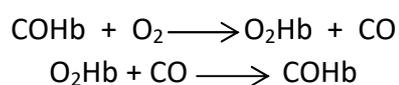
A. DAMPAK PENCEMARAN UDARA PADA MANUSIA

1. Dampak pencemar oleh gas karbonmonoksida, CO.

Gas CO bersifat tidak berbau, tidak berasa dan tidak berwarna. Secara visual kita tidak mengetahui apakah kita mengalami keracunan CO atau tidak. Gas CO terbesar terdapat di perkotaan yang terdapat banyak kendaraan bermotor yang sangat banyak kurang lebih 1015 ppm. Keracunan CO dapat menimbulkan jumlah kematian bayi dan kerusakan otak.

Masuknya Gas CO kedalam alveoli paru-paru menyebabkan gangguan pada fungsi darah. Fungsi darah sebagai pengangkut oksigen akan berubah setelah masuknya gas CO, dimana gas CO tersebut dapat mengikat hemoglobin dalam darah menjadi membentuk HbCO. Ikatan gas CO lebih kuat dibandingkan Oksigen dengan hemoglobin. Kekuatan ikatan 210 kali lebih kuat dari pada ikatannya dengan oksigen. Ikatan yang terbentuk tersebut, dinamakan : karboksi hemoglobin : ikatan ini susah diambil alih / digantiakn oleh ikatan dengan oksigen menjadi ikataan oksihemoglobin. Akibatnya kadar oksihemoglobin akan sangat rendah dan akibat selanjutnya` pengangkutan oksigen dari paru – paru keseluruh tubuh akan terganggu, maka akan terjadilah sianosis, lemas dan pingsan.

Tanda-tanda Keracunan gas CO adalah pusing, sakit kepala dan mual. Dapat menyebabkan gangguan sistem kardiovaskuler, serangan jantung hingga menyebabkan kematian, serta dapat menurunkan gerak tubuh. Pertolongan penderita kategori ringan yaitu dengan memberi kesempatan menghisap udara bersih (segar) agar CO dalam Hb darah dapat terganti oleh oksigen, sebab kerja reaksi Hb dengan gas CO dan O₂ bersifat reaksi kesetimbangan diperlihatkan seperti:



2. Dampak pencemar Nitrogen Oksida (Nox)

Gas nitrogen oksida ada dua macam yaitu: gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO₂). Keduanya mempunyai sifat berbeda dan sangat berbahaya bagi kesehatan. Gas NO sulit diamati secara visual karena tidak berbau dan tidak berwarna. Sifat racun gas ini pada konsentrasi tinggi menyebabkan gangguan pada syaraf sehingga menimbulkan kejang-kejang, bila keracunan terus berlanjut mengakibatkan kelumpuhan.

Sedangkan untuk gas NO₂ empat kali lebih berbahaya dari pada gas NO. Organ tubuh yang paling peka terhadap gas NO₂ adalah paru-paru, paru-paru yang terkontaminasi dengan NO₂ akan membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematian. Pada konsentrasi rendah gas NO₂ juga menyebabkan iritasi pada mata yang menyebabkan mata perih dan berair.

3. Dampak Pencemar Belerang Oksida (SOx)

Ada dua macam gas SOx yaitu gas SO₂ dan gas SO₃. Pembakaran menghasilkan gas SO₂ lebih banyak dari pada gas SO₃, namun dengan udara SO₂ lebih cepat membentuk SO₃ sehingga gas ini jumlahnya akan bertambah banyak juga di udara. Gas SOx sangat berbahaya bagi manusia terutama pada konsentrasi di atas 0,4 ppm.

Akibat yang ditimbulkan oleh gas SOx sangat mengganggu kesehatan manusia. Adapun gangguan yang ditimbulkan adalah gangguan sistem pernafasan, karena gas SOx yang mudah menjadi asam, menyerang selaput lendir pada hidung, tenggorokan dan saluran pernafasan yang lain sampai ke paru-paru. Pada konsentrasi 1-2 ppm, bagi orang yang sensitif, serangan gas SOx ini menyebabkan iritasi pada bagian tubuh yang terkena langsung. Namun bagi orang yang cukup kebal akan terasa teriritasi pada konsentrasi 6 ppm dengan waktu pemaparan singkat. Pemaparan dengan SOx lebih lama dapat menyebabkan peradangan yang hebat pada selaput lendir yang diikuti oleh kelumpuhan sistem pernafasan, kerusakan dinding ephitelium dan pada akhirnya diikuti oleh kematian.

4. Dampak Pencemar Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon bersifat toksik, akan berbahaya jika di udara terikat dengan bahan pencemar lainnya. Hidrokarbon memiliki tiga bentuk yaitu gas, cair dan padat, hidrokarbon yang berupa gas lebih bersifat toksik mudah terikat dan membentuk ikatan- kimia baru. Ikatan hidrokarbon yang sering terbentuk adalah Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH).

Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) ini dapat merangsang sel kanker dan bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan iritasi pada membran mukosa dan menimbulkan infeksi paru-paru bila terhisap. Ikatan ini banyak terdapat di daerah industri dan daerah yang padat lalu lintasnya. Sumber Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) berasal dari gas buangan hasil pembakaran bahan bakar fosil. Toksisitas Hidrokarbon aromatik lebih tinggi dari pada Hidrokarbon alisiklik.

5. Dampak Pencemar Partikel.

Partikel pencemar udara dapat menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pernapasan atas atau pneumokoniosis. Ukuran partikel 5 mikron sampai ukuran lebih kecil 1 mikron masuk ke paru-paru masuk lebih dalam lagi ke alveoli. Penempelan atau pengendapan partikel berdasarkan ukuran. Masa inkubasi partikel dalam tubuh bisa 2-4 tahun. Macam penyakit pneumokoniosis tergantung jenis partikel debu yang masuk ke dalam paru-paru dan tergantung kegiatan dan teknologi yang digunakan di daerah tersebut.

Efek Polutan Partikel

Efek yang ditimbulkan dari polutan partikel terhadap manusia adalah

Asbes	:	Fibrosis paru, kanker paru
Kadmium (Cd)	:	Kerusakan paru, kerusakan ginjal
Berilium (Be)	:	acute pneumonic disease dan chronic granulomatous disease
Arsen (As)	:	kanker paru dan kanker kulit
Kromium (Cr)	:	Iritasi mukosa, perforasi hidung, perforasi hidung dan kanker paru
Timbal	:	bersifat neurotoksik dan senyawanya mempengaruhi sistem pusat saraf, anemi dan keguguran, menurunkan kecerdasan / IQ, dapat menghambat pembuatan haemoglobin yang menyebabkan tidak berfungsinya beberapa organ ginjal, dan menyebabkan kanker. Ciri-ciri keracunan timbal ialah pusing, kehilangan selera, sakit kepala.

Debu silika SiO ₂	:	Silikosis
Serat asbes dari magnesium silikat	:	Asbestosis
Debu kapas	:	Bisinosis
Debu batubara	:	Antrakosis

6. Keracunan Pb (Timah hitam)

Pb masuk ke Alveoli paru – paru , Pb akan sampai kesumsum tulang merah (suatu organ tubuh yang berfungsi untuk sintesa hemoglobin)m melalui peredaran darah. Pb ini akan meracuni salah satu dar enzim yang katalisa senyawa hemoglobin, yaitu enzim amino leulenic acid dehidratase (ALAD).

Inhibisi pada enzim ini, akan berakibat sintesa hemoglobin tergannggu, dan terjadilah anemia (kurang darah merah)., Jadi akibat pencemaran CO dan Pb dalam tubuh, akan menyebabkan terjadinya gejala- gejala sianosis akibat kekurangan oksigen , lemas dan bila keracunakannya berat akan menyebabkan pingsan.

7. Klorin

Klorin dalam wujud gas akan berwarna kehijau- hijauan dan memiliki berat 2.5 air . Gas memiliki bau tidak meyenang kan ., menusuk dan iritasi. Merupakan oksidator kuat, tidak mudah terbakar dan dikapalkan dalam larutan yang ditekan. Klorin menyebabkan iritasi kulit , mata, hidung dan membran gulkosa, Gas ini dapat menyebabkan iritasi paru-

paru, Waktu inhalasi 30-60 menit pada konsentrasi 2.5 mg/l atau 8333 ppm dapat menyebabkan kematian, Keterpaan pada konsentrasi yang rendah menyebabkan mata, hidung atau kerongkongan terasa tersengat atau terbakar, iritasi pada bagian hidung kadang bisa menyebabkan sakit kepala, bisa menyebabkan muka menjadi merah, bersin batuk, sakit kepala dan kehilangan suara. Mungkin bisa menyebabkan muncul pendarahan di hidung, dahak dari trachea dan larynx akan kemerahan – merahan. Inhalasi klorin dalam jumlah yang banyak akan menyebabkan edema pulmonary. Gejala yang sering terlihat ialah rasa sesak seperti tercekik di tenggorokan. Inhalasi pada 40 – 60 ppm sudah cukup berbahaya dan pada 1000 ppm bisa segera menyebabkan kematian. Kadar terendah yang sudah menyebabkan iritasi pada tenggorokan ialah 15- 30 ppm dan kadar yang bisa menyebabkan iritasi tanpa memberi efek yang serius ialah 5 ppm. Khusus dalam bentuk cair klorin menyebabkan kulit melepuh.

B. DAMPAK PENCEMARAN UDARA PADA LINGKUNGAN

Bahan polutan bersifat asam, akan menyebabkan terjadinya hujan asam. Hujan asam memberikan dampak negatif berupa air yang bersifat asam, karena lingkungan termasuk ion hidrogen yang berasal dari asam sulfat (H_2SO_4) atau asam nitrat (HNO_3). Bahan polutan udara yang potensial untuk membentuk asam adalah SO_2 ($\rightarrow H_2SO_4$), NO_2 ($\rightarrow HNO_3$) dan NH_3 ($\rightarrow HNO_3$).

Proses pengasaman tersebut disebabkan oleh tiga komponen, yaitu sulfur dioksida (SO_2), NO_2 dan NH_3 . SO_2 berasal dari pembakaran minyak dan batu bara serta proses industri, nitrogen dioksida (NO_2) berasal dari proses pembakaran, dan amoniak (NH_3) yang terutama berasal dari kandang ternak. Hujan asam akan berakibat buruk terhadap lingkungan seperti perusakan hutan, perusakan ekosistem akuatik dan perubahan vegetasi menjadi kaya nitrogen serta terlarutnya logam berat beracun di dalam lingkungan asam tersebut.

Hujan asam mempunyai dua efek yang berbeda. Efek langsung adalah kerusakan bangunan dan vegetasi serta adanya komponen asam yang bereaksi dengan mineral dan tanah, contohnya kerusakan cat jendela pada bangunan. Sedangkan efek tidak langsung adalah perubahan struktur tanah yang berakibat pada kerusakan biota, pencucian atau hilangnya nutrisi kation K^+ dan Mg^{++} dari tanah. Sebagian besar NO_2 dan SO_2 dikeluarkan oleh instalasi pembangkit listrik dan industri berat bersama dengan gas bersuhu tinggi melalui cerobong asap. Oleh karena itu sebaiknya tinggi cerobong asam termasuk plum rise mencapai ketinggian 500-1000 m.

Dampak pencemaran udara yaitu Gas Rumah Kaca (CH_4 , CO_2 dan N_2O). Adanya lapisan ozon yang rusak, maka sifat ozon sebagai penyaring sinar ultra violet tidak akan berfungsi, sehingga sinar ultra violet yang tidak tersaring oleh lapisan ozon akan terus ke bumi dan merusak kulit manusia seperti iritasi dan kanker kulit. Adanya gas rumah kaca disertai rusaknya lapisan ozon di stratosfir menaikkan suhu bumi yang disebabkan oleh meningkatnya jumlah karbondioksida (CO_2), CH_4 dan N_2O di udara yang biasa disebut efek

rumah kaca. Kadar CO₂ pada 100 tahun yang lalu sebesar 290 ppm. Setiap 40 tahun akan terjadi perubahan iklim di muka bumi, dengan ditandai naiknya suhu bumi sebesar 0,5⁰C setiap 40 tahun. Apabila kenaikan kadar CO₂ tidak dicegah maka suhu bumi dapat cepat naik dan memberikan efek mencairnya gunung es di kutub. Akibat cairnya gunung es di kutub membuat permukaan air laut naik, sehingga garis pantai akan bergeser naik.

Latihan

- 1) Apa dampak yang di rasakan oleh manusi terhadap pencemaran hidrokarbon (HC)?
- 2) Jelaskan dan sebutkan efek langsung dan tidak langsung yang ditimbulkan oleh hujan asam?
- 3) Sebutkan 3 bahan polutan udara yang potensial untuk membentuk asam?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang

- 1) Dampak pencemaran terhadap manusia
- 2) Dampak pencemaran lingkungan
- 3) Dampak pencemaran lingkungan

Ringkasan

Dampak pencemaran udara bagi manusia antara lain gas CO mengakibatkan turunnya berat janin pada ibu hamil dan meningkatkan jumlah kematian bayi serta kerusakan otak. Gas CO mudah terikat dengan hemoglobin darah mengganti posisi oksigen (COHb). Bila (COHb) terhisap masuk ke paru-paru, mengakibatkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu. Keracunan gas CO dapat ditandai pusing, sakit kepala dan mual.

Gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO₂). Keduanya mempunyai sifat berbeda dan sangat berbahaya bagi kesehatan. Gas NO pada konsentrasi tinggi menyebabkan gangguan pada syaraf, bila keracunan terus berlanjut mengakibatkan kelumpuhan. Sedangkan gas NO₂ empat kali lebih berbahaya dari pada gas NO. Organ tubuh yang paling peka terhadap gas NO₂ adalah paru-paru, apabila membengkak menimbulkan sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematian dan juga menyebabkan iritasi pada mata.

Gas SO_x yaitu gas SO₂ dan gas SO₃. Gas SO_x sangat berbahaya bagi manusia terutama pada konsentrasi di atas 0,4 ppm dan dapat mengganggu kesehatan manusia yaitu pernafasan. Pemaparan dengan SO_x lebih lama dapat meyebabkan peradangan yang hebat pada selaput lendir, kelumpuhan sistem pernafasan, kerusakan dinding ephitelium. Bisa menimbulkan kematian. Hidrokarbon dalam jumlah sedikit tidak membahayakan kecuali dalam jumlah banyak di udara dan tercampur dengan bahan pencemar lain maka sifat toksiknya. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) dapat membentuk sel-sel kanker bila

terhisap masuk ke paru-paru, dan PAH bersifat karsinogenik. Toksisitas Hidrokarbon aromatik lebih tinggi dari pada Hidrokarbon alisiklik. Dalam keadaan gas Hidrokarbon, dapat menyebabkan iritasi pada membran mukosa dan menimbulkan infeksi paru-paru.

Partikel pencemar udara dapat menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pernapasan atas atau pneumokoniosis. Salah satu efek yang ditimbulkan dari polutan partikel terhadap manusia adalah asbes yang dapat menimbulkan fibrosis paru, kanker paru. Kekurangan Kadmium (Cd) menyebabkan kerusakan paru, kerusakan ginjal.

Bahan polutan udara yang potensial untuk membentuk asam adalah SO_2 , NO_2 dan NH_3 . Pencemaran udara dapat menimbulkan hujan asam. Gas yang di keluarkan efek pencemaran udara disebut Gas Rumah Kaca (CH_4 , CO_2 dan N_2O) yang menimbulkan efek rumah kaca.

Tes 2

Kerjakan soal dibawah ini, dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat.

- 1) Efek polutan gas yang menyebabkan peningkatan sekresi mucus ialah
 - A. O_2
 - B. SO_2
 - C. O_3
 - D. NO

- 2) Gas CO dihasilkan dari.....
 - A. Kebakaran hutan
 - B. Aktivitas pabrik
 - C. Pembakaran fosil
 - D. Asap rokok

- 3) Gejala yang tidak ditimbulkan dari dampak keracunan CO adalah
 - A. Mual
 - B. Muntah
 - C. Pusing
 - D. Demam

- 4) Ketinggian cerobong plum rise seharusnya mencapai ketinggian
 - A. 400 m
 - B. 500-1000m
 - C. 1500m
 - D. 700m

- 5) Efek dari polutan asbes adalah
 - A. Kanker paru
 - B. Kerusakan paru
 - C. Iritasi mukosa
 - D. Kanker kulit

Topik 3 Titik Pengambilan Sampel Udara

A. TITIK PENGAMBILAN SAMPEL UDARA EMISI

Sebelum melakukan praktek pengambilan sampel, anda harus mengetahui terlebih dahulu teori tentang titik pengambilan sampel udara. Sebelum pengambilan sampel emisi cerobong industri harus mempertimbangkan beberapa hal. Berikut ini persyaratan pengambilan sampel emisi cerobong industri :

1. Terdapat tangga besi dan selubung pengaman berupa pelat besi;
2. Lantai kerja dan ketentuan, antara lain :
 - a. Dapat mendukung beban minimal 500 kg;
 - b. Keleluasan kerja bagi minimal 3 orang;
 - c. Lebar lantai kerja terhadap lubang pengambilan sampel adalah 1,2 m dan melingkari cerobong;
 - d. Pagar pengaman minimal setinggi 1 m;
 - e. Dilengkapi dengan katrol pengangkat alat pengambil sampel;
3. Stop kontak aliran listrik yang sesuai dengan peralatan yang digunakan;
4. Penempatan sumber aliran listrik dekat dengan lubang pengambilan sampel;
5. Perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja bagi petugas pengambil sampel.

1. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel Cerobong

Lokasi pengambilan sampel cerobong industri harus dilaksanakan minimal 8 kali diameter cerobong dari gangguan bawah (hulu) dan 2 kali diameter cerobong dari gangguan atas (hilir). Apabila lokasi pengambilan sampel tidak dapat memenuhi persyaratan tersebut, maka lokasi pengambilan sampel dilaksanakan minimal 2 kali diameter dari gangguan bawah dan 0,5 kali diameter dari gangguan atas dengan jumlah titik-titik lintas yang lebih banyak.

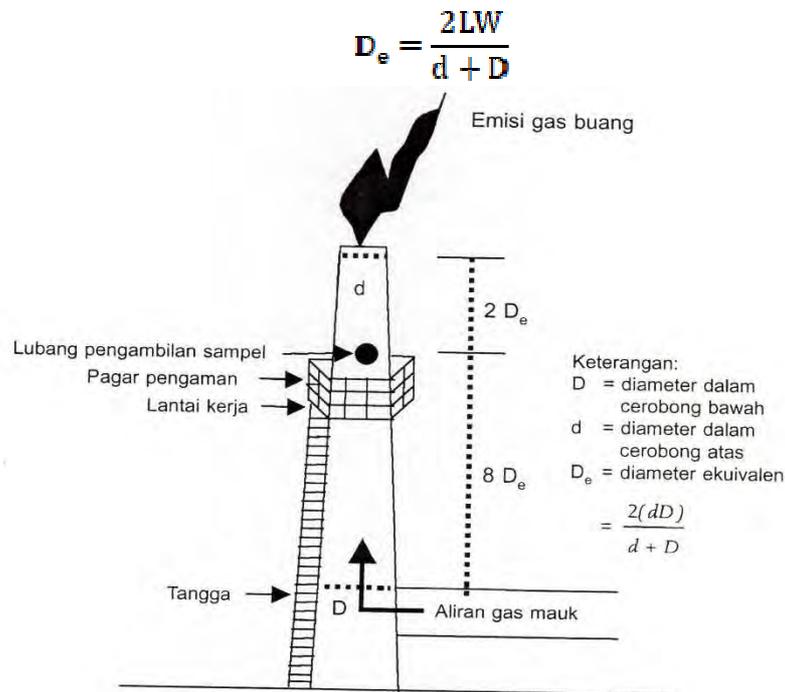
Bagi cerobong pada aliran atas berdiameter dalam lebih kecil (d) dari diameter dalam aliran bawah (D), maka diameter ekuivalen (D_e) harus ditentukan lebih dulu dengan perhitungan sebagai berikut. (Anwar 2002)

$$D_e = \frac{2dD}{d + D}$$

Keterangan :

- D_e = diameter ekuivalen
 D = diameter dalam cerobong bawah
 d = diameter cerobong atas

Cerobong berpenampang empat persegi panjang, maka diameter ekuivalen (D_e) dapat ditemukan dengan rumus sebagai berikut.



Gambar 3.2
 Penentuan Titik Pengambilan Sampel di Cerobong

Sumber : (nama belakang, tahun) *Anwar, 2002 ??*

2. Penentuan Titik-Titik Lintas

Sebelum melakukan titik lintas, anda harus mengetahui terlebih dahulu definisi dari titik lintas adalah jumlah minimum titik pengambilan sampel partikulat dan kecepatan linier gas buang yang mewakili dalam suatu penampang lintang cerobong. Karena itu, penentuan titik lintas hanya diperuntukkan saat pengambilan sampel partikel dalam emisi gas buang sumber tidak bergerak (SNI 19-71 17.2-2005, SNI 7117.13:2009). Mahasiswa perlu mengetahui lokasi pengambilan sampel cerobong, di mana ada dua bentuk cerobong asap, bentuk yang pertama adalah pengambilan sampel pada cerobong yang berbentuk lingkaran dan yang kedua dalam bentuk bujursangkar/persegi panjang. Titik lintas ditentukan berdasarkan bentuk penampang cerobong sebagai berikut :

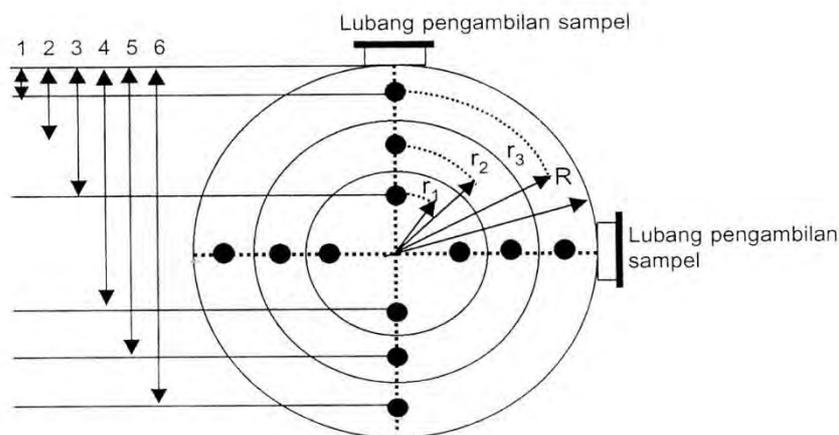
a. Penampang cerobong berbentuk lingkaran

Jika bentuk penampang cerobong lingkaran, maka jumlah pembagi jari-jari dan jumlah titik lintas ditentukan berdasarkan tabel. Sedangkan jarak titik-titik lintas terhadap pusat cerobong ditentukan dengan pengalihan nilai konstanta dengan jari-jari cerobong.

Tabel 3.1
Jarak Titik-Titik Lintas Terhadap Pusat Cerobong

Diameter pipa cerobong 2R (m)	Jumlah pembagian jari-jari	Jumlah titik lintas pengukuran	Jarak dari pusat pipa cerobong ke titik lintas pengukuran (m)				
			r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅
<1	1	4	0,707R	-	-	-	-
1<2R<2	2	8	0,500R	0.866R	-	-	-
2<2R<4	3	12	0.408R	0,707R	0.913R	-	-
4<2R<4,5	4	16	0.354R	0,612R	0,791R	0.935R	-
>4,5	5	20	0,316R	0,548R	0,707R	0,837R	0,949

Sumber : Anwar, 2002



Gambar 3.3

Ilustrasi titik-titik lintas pengukuran untuk cerobong berbentuk lingkaran dengan pembagi jari-jari 3 dan jumlah titik lintas 12.

Sumber Anwar, 2002

b. Penampang cerobong berbentuk persegi panjang atau bujur sangkar

Jika bentuk penampang berbentuk persegi panjang/bujur sangkar, maka jumlah pembagi sisi dan jumlah titik lintas ditentukan berdasarkan tabel

Tabel 3.2
Titik lintas pengukuran untuk cerobong berbentuk bujur sangkar atau persegi

Luas Penampang cerobong (A) M ²	Panjang sisi pembagi (l) M
≤ 1	$1 < 0,5$
$1 < A \leq 4$	$1 < 0,667$
$4 < A \leq 20$	$1 < 1$

Apabila panjang sisi pembagi dan jumlah titik lintas pengukuran telah dihitung, matrik penampang cerobong ditentukan berdasarkan Tabel berikut:

Tabel 3.3
Penentuan matrik berdasarkan jumlah titik lintas pada penampang cerobong persegi panjang dan bujur sangkar

Jumlah titik lintas	Matriks
9	3 x 3
12	3 x 4
16	4 x 4
20	5 x 4
25	5 x 5
30	6 x 5
36	6 x 6
42	7 x 6
49	7 x 7

Cerobong berbentuk persegi panjang dan bujur sangkar dengan 12 titik lintas dan 16 titik lintas pengukuran.

c. *Penentuan Lokasi dan Titik Pengambilan Sampel Emisi Tepi Jalan Raya (Roadside)*

Perlu diketahui mahasiswa, bahwa pemantauan daerah di tepi jalan raya ditentukan pada lokasi yang memiliki kadar polutan yang lebih tinggi. Indikasi yang dapat digunakan adalah kepadatan jumlah kendaraan bermotor yang melalui jalan raya tersebut, yaitu pada daerah (SNI 19-71 19.9-2005):

- 1) <2.000 kendaraan bermotor per hari;
- 2) 2.000-10.000 kendaraan bermotor per hari;
- 3) >10.000 kendaraan bermotor per hari.

Saudara mahasiswa saat melakukan pemantauan kualitas udara roadside, kondisi meteorologis yang perlu direkam, antara lain : arah angin, kecepatan angin, kelembaban dan suhu.

Persyaratan lokasi pengambilan sampel udara roadside udara ambien, antara lain :

- 1) Alat pengambil sampel diletakkan pada daerah terbuka atau memiliki aliran udara bebas/tidak terhalang. Menempatkan alat jika memungkinkan adanya gedung atau bangunan yang rendah dan saling berjauhan.
- 2) Hindari daerah dekat gedung, bangunan atau pepohonan yang menimbulkan terjadinya proses absorpsi atau adsorpsi pencemaran udara;
- 3) Hindari daerah yang dapat mengganggu baik bersifat kimia atau fisika, sehingga dapat mempengaruhi pengukuran pencemar udara emisi kendaraan bermotor, misalnya dapur restoran, incinerator, pedagang di pinggir jalan, tempat pembuangan sampah, sungai tercemar berat, limbah industri atau rumah tangga.

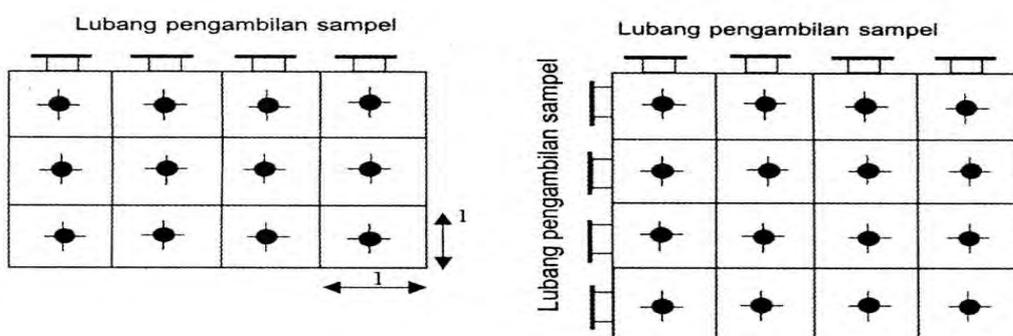
Sedangkan, persyaratan penempatan peralatan pengambilan sampel udara roadside adalah :

- 1) Letakkan peralatan pada daerah yang aman dari pencurian, kerusakan, gangguan orang-orang yang tidak bertanggung jawab;
- 2) Letakkan peralatan pada daerah yang dilengkapi dengan sumber listrik yang cukup dan bebas dari daerah banjir;
- 3) Probe ditempatkan pada jarak 1-5 meter dari tepi jalan raya dengan ketinggian 1,5-3 meter dari permukaan jalan;
- 4) Perhatikan tipe jalan (lebar, sempit, jalan tol, persimpangan jalan, atau perhentian kendaraan); dan
- 5) Ukur kepadatan lalu lintas dan jenis kendaraan yang melintas saat pengukuran kualitas udara roadside dilakukan.

Mahasiswa jangan lupa melakukan pemantauan kondisi meteorologis yang meliputi arah angin, kecepatan angin, kelembapan dan suhu guna mendukung pemantauan kualitas udara roadside. Apabila di suatu daerah tidak ada bangunan yang rendah/ /banyak pohon yang tinggi, maka saudara mahasiswa dalam penetapan titik stasiun pemantauan meteorologis, harus mempertimbangkan hal-hal berikut :

Tinggi probe alat pemantau meteorologist (anemometer, thermometer dan hygrometer) minimal 2,5 kali dari tinggi penghisap alat pemantau;

Tinggi alat pemantau meteorologis minimal 2 m lebih tinggi dari bangunan atau pohon tertinggi di sekitarnya:



Gambar 3.4
titik penempatan alat pengambilan sampel

B. TITIK PENGABILAN SAMPEL UDARA AMBIEN

Perlu diketahui oleh mahasiswa yang dimaksud dengan udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia dan makhluk hidup lain termasuk ekosistem atau lingkungannya. Titik pemantauan kualitas udara ambien ditetapkan dengan mempertimbangkan :

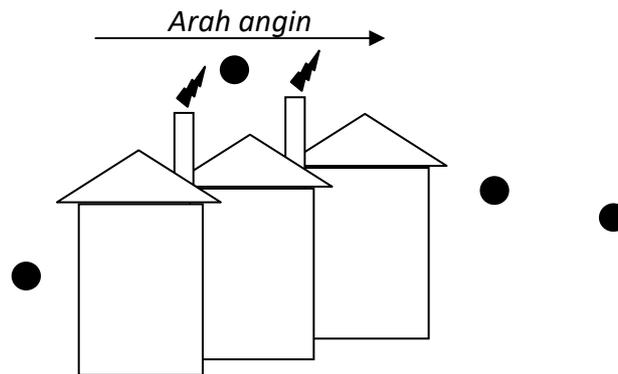
1. Faktor meteorologi, yaitu arah dan kecepatan angin dominan serta temperatur dan kelembapan udara;
2. Faktor geografi seperti topografi;
3. Tata guna lahan.

Hal yang harus dipertimbangkan oleh saudara mahasiswa dalam penetapan lokasi pemantauan meteorologis, adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi pemantau yang dekat dengan bangunan atau pohon tertinggi adalah:
 - a. Tinggi probe alat pemantau minimal 2,5 m kali dari tinggi bangunan atau pohon tertinggi yang ada dan membentuk sudut 30° terhadap bangunan atau pohon tertinggi.
 - b. Minimal 2 m lebih tinggi dari bangunan atau pohon tertinggi di sekitarnya.
 - c. Tinggi probe stasiun pemantau meteorologis minimal 10 m dari permukaan tanah.
2. Menentukan lokasi pemantau yang relatif jauh dari bangunan atau pohon tertinggi atau jarak stasiun ke bangunan minimal 10 kali tinggi bangunan atau pohon tertinggi.
 - a. Tinggi probe alat pemantau minimal 2,5 kali dari tinggi bangunan/pohon tertinggi
 - b. Tinggi lokasi dalam penempatan stasiun pemantau kondisi meteorologis minimal 10 m dari permukaan tanah.

Sekarang kita akan mempelajari pengambilan sampel udara ambien yang diperuntukkan untuk daerah pemukiman penduduk, perkantoran, kawasan sekitar industri atau daerah lain yang dianggap penting untuk mengetahui kualitas udara ambien akibat dari suatu kegiatan tertentu. Berikut kriteria yang dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pengambilan sampel udara ambien :

1. Daerah yang memiliki potensi konsentrasi pencemar tinggi akibat paparan emisi sumber tidak bergerak maupun sumber bergerak;
2. Daerah dengan kepadatan penduduk tinggi;
3. Daerah sekitar lokasi penelitian yang diperuntukkan bagi kawasan studi;
4. Daerah proyeksi penerima sumber pencemar dari emisi sumber bergerak maupun sumber tidak bergerak sehingga dapat digunakan untuk prediksi dampak akibat dari suatu kegiatan.



Gambar 3. 5
Titik Pengambilan Sampel Berdasarkan Arah angin

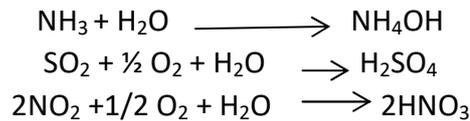
Saudara mahasiswa dalam menentukan arah angin dominan harus diperhatikan, lokasi pemantauan kualitas udara ambien minimum 2 lokasi dengan mengutamakan daerah pemukiman atau lokasi spesifik, sedangkan pada arah angin lainnya minimum satu titik dengan kriteria penetapan lokasi. Data arah angin dapat diperoleh dari data sekunder dari stasiun meteorologis terdekat atau data pengukuran langsung di lapangan, sedangkan jarak lokasi pemantauan dari industri ditentukan berdasarkan hasil model stimulasi yang menggambarkan proyeksi konsentrasi pencemar, pengamatan lapangan atau pengukuran sesaat. Apabila dalam penetapan lokasi pemantauan meteorologis diperlukan, maka hal-hal yang harus dipertimbangkan, antara lain :

1. Ketentuan lokasi stasiun pemantau yang dekat dengan bangunan atau pohon tertinggi, adalah :
 - a. Tinggi probe alat pemantau minimal 2,3 kali dari tinggi bangunan atau pohon tertinggi yang ada dan membentuk sudut 30° terhadap bangunan atau pohon tertinggi;
 - b. Minimal 2 meter lebih tinggi dari bangunan atau pohon tertinggi di sekitarnya;
 - c. Tinggi probe stasiun pemantau meteorologist minimal 10 meter dari permukaan tanah.

2. Ketentuan lokasi stasiun pemantau yang relatif jauh dari bangunan atau pohon tertinggi atau jarak stasiun ke bangunan atau pohon tertinggi minimal 10 kali tinggi bangunan atau pohon tertinggi, adalah :
 - a. Tinggi probe alat pemantau minimal 2,5 kali tinggi bangunan atau pohon tertinggi; dan
 - b. Tinggi lokasi untuk penempatan stasiun pemantau kondisi meteorologis minimal 10 meter dari permukaan tanah.

Saudara mahasiswa pada waktu anda akan melakukan pengambilan sampel udara ambien, hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Alat impinger harus ditutup dengan aluminium foil atau kotak pendingin agar terhindar dari proses penguapan yang berlebihan pada larutan penjerat(trapper).
2. Pengambilan sampel tidak boleh dalam keadaan hujan, karena air hujan dapat melarutkan atau bereaksi dengan gas di udara dan membentuk senyawa polutan sekunder, contohnya



3. Waktu simpan (holding time) parameter udara relative singkat, oleh karena itu pemeriksaan seharusnya sesegera mungkin dilakukan setelah di pengambilan sampel di lapangan

Latihan

- 1) Dalam menempatkan peralatan pengambilan sampel di roadside, persyaratan apa yang harus dipenuhi ?
- 2) Dalam pemantauan meteorologis apabila diperlukan, jelaskan persyaratan yang harus dipenuhi tersebut?
- 3) Didalam pengambilan sampel emisi cerobong industri (sumber tidak bergerak), beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan, jelaskan persyaratan yang harus dipenuhi tersebut?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang

- 1) Penentuan Lokasi dan Titik Pengambilan Sampel Emisi Tepi Jalan Raya (Roadside)
- 2) Pemantauan kualitas udara ambien minimum dua lokasi dengan mengutamakan daerah pemukiman atau lokasi spesifik
- 3) Titik pengambilan sampel udara emisi

Ringkasan

Persyaratan pengambilan sampel emisi cerobong industri :

- 1) Terdapat tangga besi dan selubung pengaman berupa pelat besi
- 2) Lantai kerja dan ketentuan, antara lain :
 - a) Dapat mendukung beban minimal 500 kg
 - b) Keleluasan kerja bagi minimal 3 orang;

- c) Lebar lantai kerja terhadap lubang pengambilan sampel adalah 1,2 m dan melingkari cerobong;
 - d) Pagar pengaman minimal setinggi 1 m;
 - e) Dilengkapi dengan katrol pengangkat alat pengambil sampel;
- 3) Stop kontak aliran listrik yang sesuai dengan peralatan yang digunakan;
 - 4) Penempatan sumber aliran listrik dekat dengan lubang pengambilan sampel
 - 5) Perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja bagi petugas pengambil sampel.

Titik lintas adalah jumlah minimum titik pengambilan sampel partikular dan kecepatan linier gas buang yang mewakili dalam suatu penampang lintang cerobong. Karena itu, penentuan titik lintas hanya diperuntukkan saat pengambilan sampel partikel dalam emisi gas buang sumber tidak bergerak (SNI 19-71 17.2-2005, SNI 7117.13:2009). Titik lintas ditentukan berdasarkan bentuk penampang cerobong sebagai berikut :

- 1) Penampang cerobong berbentuk lingkaran
- 2) Penampang cerobong berbentuk persegi panjang atau bujur sangkar

Persyaratan lokasi pengambilan sampel udara roadside sebagaimana persyaratan udara ambien, antara lain :

- a) Menempatkan alat pengambil sampel pada daerah terbuka
- b) Menghindari daerah dekat gedung, bangunan atau pepohonan yang dapat menimbulkan terjadinya proses absorpsi atau adsorpsi pencemar udara;
- c) Menghindari daerah dimana pengganggu bersifat kimia atau fisika dapat mempengaruhi pengukuran pencemar udara emisi kendaraan bermotor

Udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia dan makhluk hidup lain termasuk ekosistem atau lingkungannya

Tes 3

Kerjakan soal dibawah ini, dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat.

- 1) Dibawah ini adalah hal-hal yang harus dilakukan saat pemantauan kualitas udara roadside yang perlu direkam kecuali
 - A. Arah Angin
 - B. Kecepatan Angin
 - C. Kelembapan
 - D. Ketinggian

- 2) Tentukan jumlah jalur lintas dari matrix 3X3
 - A. 0.9
 - B. 90
 - C. 0,09
 - D. 9

- 3) Apa yang digunakan sebagai indikasi Penentuan Lokasi dan Titik Pengambilan Sampel Emisi Tepi Jalan Raya
 - A. Kepadatan jumlah kendaraan
 - B. Kepadatan jumlah bakteri
 - C. Kepadatan zat alami
 - D. Kepadatan polusi

- 4) Udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia dan makhluk hidup lain termasuk ekosistem atau lingkungannya disebut
 - A. Udara bersih
 - B. Udara kotor
 - C. Udara ambien
 - D. Udara industri

- 5) Faktor geografi yang mempengaruhi titik pengambilan sampel udara ambien adalah
 - A. Topografi
 - B. Tematik
 - C. Khusus
 - D. Umum

Panduan Praktikum Kimia Udara Pengambilan, Pengiriman, Pemeriksaan dan Interpretasi Hasil

Pengambilan Sampel gas dalam udara ambient/emisi

Mahasiswa dalam melakukan praktek pengambilan sampel di udara alat yang kita gunakan adalah alat midget impinger yang telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan sampling udara yang mudah dioperasikan dan murah. Alat tersebut dirakit dengan memakai berbagai jenis pompa diantaranya dapat juga dibuat dengan memanfaatkan pompa akuarium yang di modifikasi menjadi pompa vakum serta dilengkapi dengan potensio meter sebagai pengaturan laju pengisapan udara. Kestabilan pompa adalah faktor yang amat penting dalam peralatan yang dibuat dan diuji dengan: bubble flow meter. Prinsip pengambilan contoh dengan impinger adalah menarik udara terkondensasi ke dalam larutan penangkap dalam tabung impinger. Gas kontaminan dalam gelembung udara bereaksi dengan reagen dalam larutan penangkap. Kemudian di analisis dengan metoda spektrofotometri atau lainnya. Impinger dengan 5 pompa dapat diterapkan untuk analisa NO_x , SO_2 , H_2S , dan NH_3 sekaligus. NO_x dianalisa dengan menggunakan metoda Gries Slatzman, dimana senyawa azo yang terbentuk diukur pada panjang gelombang 550 nm. SO_2 dianalisa dengan menggunakan metoda pararosanilin metil sulfonat warna yang terbentuk diukur pada panjang gelombang 550 nm. H_2S dianalisa dengan menggunakan metode metilen blue, warna yang terbentuk diukur pada panjang gelombang 670 nm. NH_3 dianalisa dengan menggunakan metode Nessler, kemudian diukur pada panjang gelombang 440-425 nm.

Alat Yang dipergunakan

1. Meja sampling atau tripot
2. Pompa hisap (vacuum pump)
3. Alat Pengukur laju aliran udara (Air Flow Meter)
 - a. Ukuran Kecil : 0- 2 Lt/mnt
 - b. Ukuran Sedang : 2 – 17 Lt / mnt
 - c. Ukuran Besar : 17 – 40 Lt / mnt
4. Midget Impinger
 - a. Ukuran 330 ml
 - b. Ukuran 100 ml
5. botol contoh gas (gelas/plastik) yang dilengkapi dengan 2 buah kran ukurann 250 ml.
6. Batas " aspirator " > 500 ml.
7. Sumber arus AC atau genset lengkap dengan kabel.
8. Slang plastik.
9. Termos es.

10. Barometer.
11. Anemometer.
12. Pycrometer dilengkapi dengan chart.
13. High Volume Air Sampelr.
14. Kompas.
15. Kasa Steel.
16. Pencatat waktu
17. Tabung pasif sampling untuk Nox

Penentuan titik pengambilan sampel udara ambien adalah :

Hindari daerah dekat dengan gedung atau bangunan pepohonan, karena dapat menimbulkan terjadinya proses absorpsi atau adsorpsi pencemar udara ke gedung atau pepohonan tersebut.

1. Hindari daerah dimana pengganggu yang bersifat kimia dapat mempengaruhi pencemar udara yang akan diukur, misalnya gas emisi dari kendaraan bermotor akan mengganggu secara kimiawi pada saat mengukur CO, CO₂, NO_x atau ozon.
2. Hindari daerah dimana pengganggu fisika dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Sebagai ilustrasi, saat mengukur total partikulat di udara ambien tidak diperkenankan dekat dengan incinerator atau dapur.
3. Jika pemantauan bersifat kontinu, pemilihan lokasi harus mempertimbangkan perubahan kondisi peruntukan pada masa yang akan datang.

Persyaratan penempatan peralatan pengambilan sampel udara ambien meliputi:

1. Peralatan diletakkan pada daerah yang aman dari pencurian, kerusakan, gangguan orang yang tidak bertanggung jawab dan dilengkapi sumber listrik, Genset hendaknya diletakkan 25 m dari lokasi pengambilan contoh dengan melihat arah angin. serta bebas dari banjir.
2. Peralatan diletakkan di daerah terbuka atau daerah yang mempunyai gedung atau bangunan yang relatif rendah dan saling berjauhan.
3. Penempatan peralatan pengambilan sampel udara ambien diatap bangunan lebih baik untuk daerah yang mempunyai cukup kepadatan permukiman atau perkantoran. Apabila peralatan diletakkan diatap gedung, harus dihindari pengaruh emisi gas buang dari dapur, insinerator atau sumber lainnya.
4. Probe ditempatkan pada jarak minimal 15 m dari jalan raya atau sumber pengganggu dengan ketinggian 1,5 m dari permukaan tanah untuk pengukuran secara manual, sedangkan ketinggian probe stasiun tetap ditempatkan pada 3 - 6 meter dari permukaan tanah.
5. Pengambilan sampel partikulat minimal 2 m diatas permukaan tanah untuk hindari debu jalanan.
6. Peralatan hendaknya dipasang sedemikian rupa sehingga contoh yang terambil menggambarkan keadaan yang sebenarnya.
7. Disarankan inlet peralatan dengan ketinggian 150 cm dari permukaan pengukuran.

Cara Pengambilan Sampel

1. Sulfur Dioksida (SO₂)
 - a. Bahan yang dipergunakan
 - 1) Pereaksi penyerap TCM 0,04 M :
 - 2) Timbang secara analitis 10,86 gr Hg Cl₂ – 5,96 gr KCl; atau 4,68 NaCl dan 0,066 gr EDTA dilarutkan kedalam 1 liter aquades
 - 3) pH diatur sampai sekitar 5 (dengan penambahan KOH atau HCl)
 - 4) Bila disimpan didalam lemari es larutan ini tahan selama 6 (enam) bulan.
 - 5) Larutan ini sangat beracun (hati – hati)
 - 6) Bila sebelum masa 6 (enam) bulan terjadi endapan berarti larutan tersebut rusak.
 - b. Waktu pengukuran
 - 1) Dua puluh empat (24) jam dengan pengertian interval waktu 6 jam, masing interval diambil 30 menit.
 - 2) Pengambilan dimulai dengan meletakkan pada saat aktifitas berada pada puncak dan selanjutnya sesuai dengan interval yang ditentukan.
 - c. Cara Pengambilan Sampel
 - 1) Masukkan 10 ml pereaksi penyerap kedalam tabung midget impinger 30 ml
 - 2) Rangkaikan dengan pompa hisap, serap udara selama 30 menit dengan laju alir udara 2 lt/mnt.
 - 3) Setelah waktu pengambilan sampel selesai, masukkan midget impiger yang berisi sampel untuk didinginkan dengan cara diletakkan kedalam Cool Box, agar tidak ada perubahan reaksi dengan senyawa lain yang akan merubah sifat kimia di dalam penyerap tersebut
2. Karbon Monoksida (CO)
 - a. Waktu Pengukuran
 - 1) Delapan jam dengan pengertian interval waktu 2 (dua) jam
 - 2) Lama pengambilan setiap interval sesuai dengan kemampuan atau petunjuk alat.
 - 3) Dianjurkan pada jam 08.00
 - b. Cara Pengambilan Contoh
 - 1) NDIR (cara standar) sesuai dengan petunjuk alat
 - 2) “ Tube Detector “ (cara alternative) sesuai dengan petunjuk alat.

3. Oksida Nitrogen (NO_x)

a. Bahan yang diperlukan

- 1) Pereaksi penyerap 5 gr asam sulfanilat anhidrida atau 5,5 gr asam sulfanilat monohidrat.
- 2) Larutkan kedalam ± 150 ml aquadest
- 3) Tambahkan kedalam 140 ml asam cuka glasial
- 4) Panaskan perlahan-lahan sampai larut semua dan dinginkan.
- 5) Tambahkan 20 ml 0,1 % N.I Naftil Entilendimin Anhidra Klorida atau 10 ml aseton kemudian encerkan sampai menjadi 1 liter.
- 6) Simpan dalam botol coklat dan masukan dalam lemari es, jika terjadi perubahan warna jangan digunakan.
- 7) Larutkan pengoksidasi : Timbang 2.5 gr KMnO₄, masukan kedalam 100 ml campuran asam (terdiri dari 229 ml campuran asam fosfat H₃PO₃ pekat diencerkan dengan aquadest menjadi 100 ml dan ditambah 10 ml asam sulfat H₂SO₄ pekat) larutan ini harus selalu dibuat baru.

b. Waktu Pengukuran

- 1) Dilakukan 24 jam dengan interval waktu 6 jam, masing – masing interval diambil 30 menit.
- 2) dianjurkan dimulai pada jam 08,00.

c. Cara Pengambilan Contoh

1) Cara Aktif

- a) Ambil pereaksi penyerap masing-masing 10 ml masukan dalam midget impinger 30 ml (tabung I) dan midget impinger 30 ml (tabung III)
- b) Ambil larutan pengoksidasi 20 ml masukan kedalam midget impinger 30 ml (tabung II)
- c) Rangkaikan dengan pompa hisap, hisap udara selama 30 menit dengan laju alir 0,4 liter / menit.
- d) Rangkaikan alat. Lihat gambar 3.6 dan 3.7.
- e) Setelah pengambilan contoh selesai, simpan contoh dalam Cool Box.

2) Cara pasif.

- a) Rendam kasa steel dalam larutan penyerap .
- b) Angkat dan letakan (sisi cekung dibawah) pada tissue kedasar dengan tabung.
- c) Tutup ujung yang lain dari tabung dengan yellow cap.
- d) Angkat yellow cap dilokasi yang dipilih untuk sampling dan catat waktu dimulai sampling.
- e) Setelah selesai sampling, tutup tabung dengan yellow cap dan catat waktu selesainya.

4. Oksidan sebagai O_3
 - a. Bahan yang diperlukan
 - 1) Pereaksi penyerap : Timbang 13,61 g KH_2PO_4 ditambah 14,2 g $NaHPO_4$ atau 35,82 g $NaHPO_4$ ditambah 10 g KI
 - 2) Campur dan larutkan dalam aquades sampai 1 liter, pH diatur $6,8 \pm 0,2$ dengan menambahkan $NaOH$ atau KH_2PO_4 .
Bahan tersebut disimpan dalam lemari es dan tahan dalam beberapa minggu saja.
 - b. Waktu pengukuran
Satu (1) jam dengan pengertian bahwa pengambilan dilakukan antara jam 12.00-14.00 selama 30 menit.
 - c. Cara pengambilan contoh
 - 1) Masukkan 10 ml pereaksi penyerap kedalam midget impinger 30 ml yang dibungkus kertas karbon (reagen ini tidak boleh kena sinar matahari)
 - 2) Rangkaikan dengan pompa hisap, hisap udara dengan laju alir 2 lt/menit selama 30 menit.
5. Timah Hitam (Pb)
 - a. Bahan yang diperlukan
Filter fiber glas dengan pori-pori kurang dari 10 micron
 - b. Waktu pengukuran
Dua puluh empat jam dengan pengertian interval waktu 6 jam, masing interval diambil 30 menit.
Dianjurkan dimulai pada jam 08.00
 - c. Cara pengambilan contoh.
 - 1) Dua buah filter glas dimasukan kedalam desikator dengan pinset selama 24 jam (untuk waktu uji dan blanco)
 - 2) Timbang filter tersebut sampai diperoleh bobot tetap.
 - 3) Simpan dalam kaset penyimpanan filter
 - 4) Pasang filter uji pada high volume air sampelr (HVS)
 - 5) Atur laju air udara sesuai dengan high volume air sampelr (HVS) yang dipergunakan.
 - 6) Hisap udara selama 30 menit
 - 7) Setelah selesai ambil filter dengan pinset masukan kedalam kaset penyimpan filter.
 - 8) Masukan dalam desikator selama 24 jam.

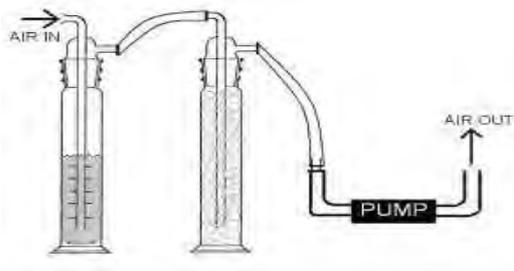
6. Hidrogen Sulfida (H_2S)
- Bahan yang diperlukan Pereaksi penyerap 4,3 g $CdSO_4 \cdot 8H_2O$, ditambah 0,3NaO dilarutkan dalam aquades, campurkan dan tambahkan 10 g D-Arabinono -1,4 – lactone ($C_5H_8O_5$) dan diencerkan dengan aquades sampai 1 liter.- Larutan ini harus dibuat baru.
 - Waktu Pengukuran.
Waktu pengambilan contoh 30 menit dengan waktu pengukuran selama satu hari.
 - Cara pengambilan contoh
 - Ambil 50 ml pereaksi penyerap masukkan kedalam mignet impinger 100 ml
 - Rangkaikan mignet impinger dengan pompa hisap udara selama 30 menit dengan laju air 1.5 liter/ menit (Lihat gambar 3.6 dan 3.7).
 - Setelah pengambilan contoh dilakukan pengawetan dengan cara didinginkan yaitu masuk kedalam Cool Box
7. Amoniak (NH_3)
- Bahan yang diperlukan
Pereaksi penyerap H_2SO_4 0,01 H
 - Waktu pengukuran
Dua puluh empat jam dengan pengertian interval waktu 6 jam , masing interval diambil 30 menit dianjurkan dimulai pada jam 08.00
 - Cara pengambilan contoh
 - Ambil 50 ml pereaksi penyerap masukkan kedalam mignet impinger 100 ml
 - Rangkaikan mignet impinger dengan pompa hisap dan hisap udara selama 30 menit dengan laju alir 1 sampai 2 liter/ menit (Lihat gambar 3.6 dan 3.7)

Setelah pengambilan contoh dilakukan pengawetan dengan cara didinginkan yaitu masuk kedalam Cool Box (8) Hidrokarbon (HC)
- Waktu pengukuran
Tiga jam dalam satu hari dengan interval waktu 1 jam, masing interval diambil 30 menit.
 - Cara pengambilan contoh
 - Isi penuh dengan aquades botol contoh gas dan aspirator, cegah timbulnya gelembung udara
 - Letakkan botol contoh gas tegak lurus, hubungkan dengan slang ke botol aspirator.
 - Buka keran botol gas berturut-turut mulai dari bagian atas, kemudian bagian bawah.

- 4) Keluarkan air dari aspirator sampai air dalam botol contoh habis secara merata.
- 5) Tutup semua keran botol contoh gas bersamaan.

Prosedur Pengambilan Sampel Udara Ambien

Pengambilan sampel udara ambien dilakukan dengan mengalirkan udara melalui larutan penyerap dalam botol impinger dengan pompa sebagaimana rangkaian peralatan. Botol penyerap untuk gas NH_3 , SO_2 , dan O_3 adalah midget impinger dengan diameter maksimum 1 mm, sedangkan untuk gas NO_2 menggunakan fritted bubbler impinger dengan diameter porositas 60 μm . Berikut gambar impinger :



Gambar 3.6 Midget Impinger

(sumber <https://id.images.search.yahoo.com>)

Peralatan impinger secara keseluruhan terdiri dari:

- Pompa Vacum
Dibuat dengan sistem vibrasi ganda yang tahan korosi. Kecepatan hisap stabil dan dapat diatur dengan potensiometer.
- Tabung Impinger
Tempat reaksi antara kontaminan udara dengan larutan penangkap. Dalam hal ini dapat digunakan lebih dari satu tabung.
- Moisture Absorber
Tabung berisi bahan penyerap uap air (desikan) untuk melindungi pompa dari korosi.
- Flowmeter
Yaitu alat pengukur kecepatan aliran udara dengan metode bubble flow.



Gambar 3.7 Rangkaian midget impinger dalam pengambilan sampel di udara

(sumber <https://id.images.search.yahoo.com>)

Teknik pengumpulan gas dengan menggunakan impinger hakikatnya adalah menarik udara yang terkontaminasi kedalam larutan penangkap dalam midget impinger. Gas kontaminan dalam gelembung udara bereaksi dengan reagen dalam larutan penangkap. Semakin kecil terbentuknya gelembung semakin baik reaksi yang terjadi.

Cara Kerja Impinger

1. Kedalam satu atau dua impinger dimasukkan larutan penangkap
2. Pompa dihidupkan pada kecepatan yang telah ditentukan guna menarik udara ke dalam tabung impinger yang berisi larutan penyerap, kemudian catat waktu mulai sampling
3. Gas akan bereaksi dengan larutan penangkap untuk kurun waktu tertentu (dihitung)
4. Menghitung kecepatan alir udara dengan flow meter
5. Mencatat waktu selesai sampling
6. Larutan penangkap yang terisi gas lalu dianalisa di laboratorium
7. Kadar gas udara dihitung secara stokiometrik

Pengiriman sampel gas dalam udara ambient/emisi

Sampel yang telah diperoleh di lapangan segera dikirim ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan. Aturan yang harus dilakukan adalah

1. Menyegerakan pengiriman sampel, dikirim harus sudah sampai di laboratorium pemeriksaan dalam waktu 1x24 jam.
2. Bila keadaan tidak memungkinkan, maka sampel harus di bungkus dengan kertas aluminium foil dan ditempatkan pada suhu di bawah 4°C selama dalam penyimpanan dan perjalanan menuju ke laboratorium.
3. Penggunaan cooler box sudah cukup baik untuk membawa sampel atau bisa juga dalam dus yang di isi es kering dan di bungkus rapat.

4. Pastikan posisi sampel dalam cooler box sudah benar, sehingga tidak ikut bergoyang ketika melewati jalanan yang tidak rata.

Aturan dalam pemberian labeling adalah sebagai berikut.

1. Sediakan cukup ruang dalam wadah untuk mengkompensasi perubahan tekanan dan suhu, sekitar 10 persen dari volume wadah.
2. Pastikan tutup wadah dengan kencang, sehingga tidak akan bocor.
3. Catat bobot filter, kode sampel, dan waktu pengambilan pada sebuah e-ticket.
4. Tempelkan e-ticket pada setiap wadah sesuai kode sampel.
5. Catat lokasi, alamat, tanggal pengambilan, waktu pengambilan sampel, jenis sampel, dan nama petugas yang melakukan pengambilan sampel pada formulir pengambilan sampel.
6. Tempatkan wadah secara tegak dalam cooler box.
7. Isi cooler box dengan dry ice untuk menjaga suhu sampel.
8. Tutup kembali cooler box dengan bubble wrap plastic.
9. Tempatkan formulir pengambilan sampel dan dokumen pendukung lainnya dalam plastik ziploc, dan tempel ke bagian dalam tutup cooler box.
10. Pasang segel pada cooler box
11. Tempelkan “shipping mark” dengan mencantumkan nomor dan alamat laboratorium pada cooler box.

Contoh Labelling

Nama Jalan/Alamat	:
Jenis Sampel	:
Jenis Pemeriksaan	:
Tanggal Pengambilan	:Jam :
Tanggal Angkat	:Jam :
Waktu Pengambilan	:
Flow rate	:
	:
	:
Kondisi Sampling	: ada pembakaran sampah/pekerjaan bangunan/kebakaran hutan/motor/listrik mati(catat lamanya waktu salah satu kejadian tersebut diatas)
Nama pengamat	:

Pengambilan Sampel Partikel Debu (Partikel Tersuspensi)

Sebelum pelaksanaan pengambilan sampel partikel debu, yang perlu dipersiapkan adalah sebagai berikut :

1. Bahan yang diperlukan
Filter fiber glas dengan pori – pori kurang dari 10 micron

Pengukuran berdasarkan metoda ini untuk penentuan sebagai TSP (Total Suspended Particulate).

2. Waktu pengukuran
 - a. Dua puluh empat (24) jam dengan pengertian interval waktu 6 (enam) jam, masing interval diambil 30 menit.
 - b. Dianjurkan dimulai pada jam 08.00

3. Cara Pengambilan contoh

Sebelum pelaksanaan sampling bahan harus dipersiapkan terlebih dahulu dengan cara:

 - a. Panaskan kertas saring pada suhu 1050C, selama 30 – 60 menit.
 - b. Dua buah filter glass dimasukkan kedalam desikator dengan pinset selama 24 jam (untuk waktu uji dan blanko).
 - c. Timbang kertas saring, dengan neraca analitik dengan menggunakan pinset (Hati-hati jangan sampai banyak tersentuh tangan).
 - d. Pasang filter uji pada high volume air sampeln
 - e. Atur laju air udara sesuai dengan high volume air sampeln (HVS) yang dipergunakan.
 - f. Hisap udara selama 30 menit
 - g. Setelah selesai ambil filter dengan pinset masukan kedalam kaset penyimpanan filter.
 - h. Masukan dalam desikator selama minimal 15 menit.

Pengiriman Sampel Partikel Debu (Partikel Tersuspensi)

Sampel yang telah diambil segera dikirim ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan. Sebelum dikirim langkah yang harus dilakukan adalah memberi label, tujuan dari label ini adalah memberikan informasi dan mencegah kesalahan dalam mengidentifikasi sampel. Penulisan label menginformasikan tentang nama jalan/tempat, jenis sampel. Tanggal pasang, tanggal angkat, bobot filter (awal), flow rate awal, flow rate akhir, Hour counter awal, hour counter akhir, kondisi sampling, kondisi cuaca, curah hujan, nama pengamat. Langkah tata cara pengiriman filter glassfiber yang telah disampling (filter SPM) :

1. Masukan filter yang telah disampling ke dalam amplop tebal yang terpisah
2. Masukkan surat/label yang ditempel pada amplop pengiriman.
3. Masukkan filter SPM ke dalam amplop

Nama Jalan/Alamat	:.....
Tanggal Pasang	:.....Jam :.....
Taggal Angkat	:.....Jam :.....
Bobot Filter (awal)	:.....gr
Flow rate awal	:.....cfm(<i>cubic feet minute</i>)
Flow rate akhir	:.....cfm(<i>cubic feet minute</i>)
Hour Counter Awal	:.....
Hour Counter Akhir	:.....
Kondisi Sampling	: ada pembakaran sampah/pekerjaan bangunan/kebakaran hutan/motor/listrik mati(catat lamanya waktu salah satu kejadian tersebut diatas)
Kondisi Cuaca	: cerah /berawan/hujan ringan/hujan deras
Curah Hujan	:.....mm
Nama pengamat	:.....

PEMERIKSAAN SECARA KIMIA UNTUK SAMPEL UDARA

Pemeriksaan secara kimia untuk sampel udara meliputi pemeriksaan gas dan pemeriksaan partikel.

Pengujian gas NO₂

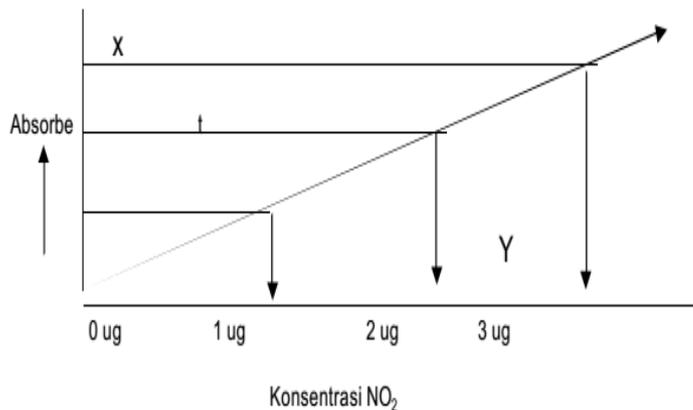
1. Metoda : Griess Saltzman
2. Prinsip : NO₂ bereaksi dengan N-(1-Naphtil) – Ethylene Diamine Dihydrochlorida akan membentuk warna merah violet. Intensitasnya akan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.
3. Gangguan : Relatif tidak ada gangguan.
4. Peralatan & Bahan :
 - a. Peralatan : - Spektrofotometer
 - b. Bahan :
 - 1) Absorban NO₂
 - 2) Larutan standar NO₂
 - 3) Aquabides
5. Cara pembuatan absorban NO₂ :
 - a. Timbang 5 gram sulfanilic anhydrous atau 5.5 gram sulfanilic acid monohydrat.
 - b. Panaskan dengan 100 ml aquabides sampai larut sempurna sambil diaduk sampai homogen.
 - c. Setelah dingin ditambah 20 ml larutan 0,1% N (Naphtyl)-Ethylene diamene dihidro chloride dan 10 ml aceton.
 - d. Tambahkan 140 ml asam acetat glasial dan tambahkan
 - e. aquabides bebas CO₂ sampai 1 liter.
 - f. Simpan dalam botol kaca warna gelap/coklat dan disimpan dalam refrigerator.
6. Pembuatan kurva standar :
 - a. Larutan konsentrasi : Dibuat satu seri larutan standar NO₂ : 1,0 mg/l; 2,0 mg/l; 3,0 mg/l dari larutan standar baku NO₂ 100 mg/l.
 - b. Absorban : Diambil 4 buah labu ukur 10 ml, masing-masing diisi bahan sbb. :

NO.	BAHAN	KONSENTRASI			
		Labu I (blanko)	Labu II (1 mg/l)	Labu III (2 mg/l)	Labu IV (3 mg/l)
1.	Larutan standar NO ₂	-	1 ml	2 ml	3 ml
2.	Larutan absorban NO ₂	10 ml	9 ml	8 ml	7 ml

c. Lain-lain

- 1) Kurva standar hanya berlaku untuk larutan absorbans yang dipakai, apabila digunakan larutan absorbans baru atau larutan berubah warna maka dibuat kurva standar yang baru.
- 2) Spektrofotometer yang digunakan harus dikalibrasikan dahulu.

7. Pembuatan grafik kurva standar sbb. :



8. Pembacaan sampel uji dengan spektrofotometer :

- a. Larutan absorbans dalam impinger hasil sampling dimasukkan ke dalam kuvet 10 ml.
- b. Ditambahkan aquabides sampai batas tanda, dicampur hingga homogen.
- c. Dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm, dan hasil pembacaannya dicatat. (X)

9. Pembacaan sampel uji pada kurva standar :

- a. Dari hasil pembacaan sampel uji (X) letakkan pada skala absorbans.
- b. Tarik garis horizontal ke arah garis linier sejajar garis konsentrasi
- c. Tarik garis vertikal ke arah skala konsentrasi sejajar absorbans.
- d. Titik pertemuan pada garis konsentrasi dibaca dan dicatat , misal ug NO2.

10. Perhitungan

Volume sampel udara yang diambil, dihitung pada kondisi normal (25°C, 760 mmHg), dengan menggunakan rumus :

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{298}{760}$$

Ket :

V= adalah volume udara yang dihisap (L)

F = adalah laju alir awal (L/menit)

F2 = adalah laju alir akhir (L/menit)

T = adalah durasi pengambilan sampel uji (menit)

Pa= adalah tekanan barometer rata-rata selama pengambilan sampel (mmHg)

Ta = adalah temperature rata-rata selama pengambilan sampel uji (K)

298=adalah temperatur pada kondisi normal 25 °C (K)

760= adalah tekanan pada kondisi normal 1 atm (mmHg)

Setelah didapat hasil konsentrasi sampel dari pembacaan kurva, kemudian hasilnya dibaca lagi dengan menggunakan rumus :

$$\frac{Y}{Q \times t} = \dots\dots\text{ug/m}^3$$

Keterangan :

Y = Hasil pembacaan pada kurva standar (Y) ug NO₂

Q = Volueme udara terhisap(liter/menit)

t = Waktu sampling (menit)

Pengujian gas H₂S

1. Metoda : Braverman
2. Prinsip : Ion sulfida bereaksi dengan N,N diethyl 1,4 phenylene diamine dan ferri chlorida akan membentuk metylene blue. Intensitasnya dapat diukur menggunakan spektrophoto meter pada panjang gelombang 760 nm.
3. Gangguan : Relatif tidak ada gangguan.
4. Peralatan & Bahan :
 - a. Peralatan : - Spektrofotometer
 - b. Bahan :
 - 1) Larutan Absorban H₂S
 - 2) Larutan amin-N,N dimethyl 1,4 phenylene diamine
 - 3) Larutan ferri chlorida
 - 4) Larutan standar H₂S
 - 5) Aquabides
5. Cara pembuatan absorban H₂S :
 - a. Larutan 4,3 gr CdSO₄ dalam 100 ml aquabides bebas CO₂
 - b. Larutkan 0,3 gr Na OH dalam 100 ml aquabides bebas CO₂
 - c. Kedua larutan tadi dicampur jadi satu dan encerkan dengan aquabides bebas CO₂ sampai 1 liter.
6. Pembuatan kurva standar : .
 - a. Larutan konsentrasi : Dibuat satu seri larutan standar H₂S : 1,0 mg/l; 2,0 mg/l; 3,0 mg/l dari larutan standar baku H₂S 100 mg/l.
 - b. Absorban : diambil 4 buah labu ukur 10 ml, masing-masing diisi bahan sbb:

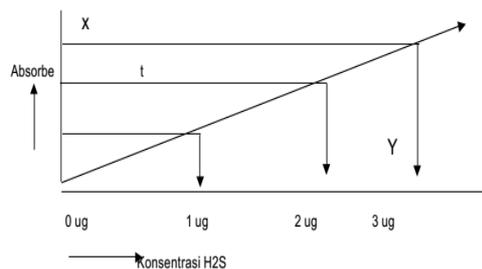
NO	BAHAN	KONSENTRASI			
		LABU I (blanko)	LABU II (1mg/ltr)	Labu III (2 mg/ltr)	Labu IV (3 mg/ltr)
1	Larutan standar H ₂ S	-	1 ml	2ml	3 ml
2	Larutan amin	0,3 ml	0,3 ml	0,3 ml	0,3 ml
3	Larutan ferri chlorida	1 tetes	1 tetes	1 tetes	1 tetes
4	Larutan absorban H ₂ S	25 ml	24 ml	23 ml	22 ml

Absorban larutan campuran I s/d IV dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 575 nm.

c. Lain-lain :

- 1) Kurva standar hanya berlaku untuk larutan absorbans yang dipakai, apabila digunakan larutan absorban baru atau larutan berubah warna maka dibuat kurva standar yang baru.
- 2) Spektrofotometer yang digunakan harus dikalibrasi dahulu.

7. Pembuatan grafik kurva standar



8. Pembacaan sampel uji dengan spektrofotometer :

- a. Larutan absorban dalam impinger hasil sampling dimasukkan dalam labu ukur 25 ml.
- b. Ditambah 0,3 ml larutan amin.
- c. Dicampur ; ditambah 1 tetes larutan ferri chlorida, dicampur ; ditambah aquabides panas sampai batas tanda ; dicampur hingga homogen dan didiamkan selama 30 menit supaya reaksi sempurna.
- d. Diambil 10 ml larutan sampel uji masukkan dalam kuvet yang bersih dan dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 670 nm.
- e. Hasil dicatat, misalnya (X).

9. Pembacaan sampel uji pada kurva standar :

- a. Dari hasil pembacaan sampel uji (X) letakkan pada skala absorban.
- b. Tarik garis horizontal ke arah garis linier sejajar garis konsentrasi

- c. Tarik garis vertikal ke arah skala konsentrasi sejajar absorban.
- d. Titik pertemuan pada garis konsentrasi dibaca dan dicatat , misal Y mg/l H₂S.

10. Perhitungan

Setelah didapat hasil konsentrasi sampel dari pembacaan kurva, kemudian hasilnya dibaca lagi dengan menggunakan rumus :

$$\frac{Y}{Q \times t} = \dots\dots\text{ug/m}^3$$

Keterangan :

Y = Hasil pembacaan pada kurva standar (Y) ug NO₂

Q = Volume udara terhisap(liter/menit)

t = Waktu sampling (menit)

Pengujian gas NH₃

1. Metoda : Nessler
2. Prinsip : Ion amonium dengan larutan nessler akan terbentuk senyawa kompleks berwarna kuning sampai coklat. Intensitasnya dapat diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm.
3. Gangguan : Relatif tidak ada gangguan
4. Peralatan & Bahan :
 - a. Peralatan : - Spektrofotometer
 - b. Bahan :
 - c. Larutan Absorban NH₃
 - d. Larutan Nessler
 - e. Larutan standar NH₃
 - f. Aquabides
5. Cara pembuatan absorban NH₃ :

Encerkan larutan H₂SO₄ pekat dengan aquabides hingga kepekatannya menjadi 0,0005 N, dengan cara sebagai berikut :

 - a. H₂SO₄ pekat (36 N) diencerkan dengan aquabides hingga menjadi 4 N (pengenceran 9 X)
 - b. H₂SO₄ 4 N diencerkan lagi dengan aquabides hingga menjadi 0,1 N (pengenceran 40 X)
 - c. H₂SO₄ 0,1 N diencerkan lagi dengan aquabides hingga menjadi 0,05 N (pengenceran 100 X)
 - d. H₂SO₄ 0,05 N diencerkan lagi dengan aquabides hingga menjadi 0,0005 N (pengenceran 100 X)
 - e. Kemudian disimpan dalam botol warna gelap/coklat.

6. Pembuatan kurva standar

a. Larutan konsentrasi

Dibuat satu seri larutan standar NH₃ : 1,0 mg/l; 2,0 mg/l; 3,0 mg/l dari larutan standar baku NO₂ 100 mg/l

b. Absorban

diambil 4 buah labu ukur 10 ml, masing-masing diisi bahan sbb. :

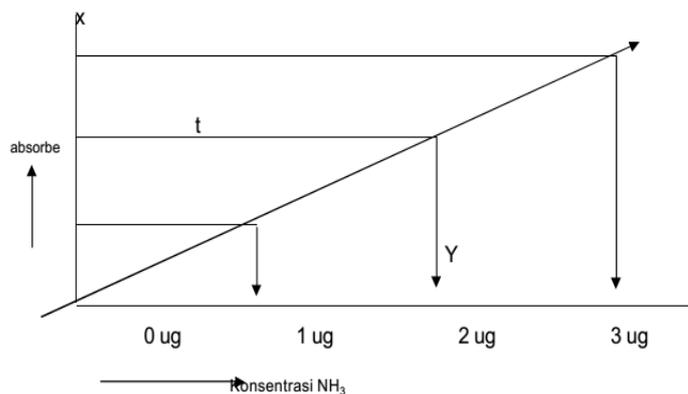
NO.	BAHAN	KONSENTRASI			
		Labu I (blanko)	Labu II (1 mg/l)	Labu III (2 mg/l)	Labu IV (3 mg/l)
1.	Larutan standar NH ₃	-	1 ml	2 ml	3 ml
2.	Larutan absorban NH ₃	10 ml	9 ml	8 ml	7 ml
3.	Larutan Nessler	0,5 ml	0,5 ml	0,5 ml	0,5 ml
4.	Aquabidest bebas NH ₃	14,5 ml	14,5 ml	14,5 ml	14,5 ml

Absorban larutan campuran I s/d IV dibaca spektrofotometer pada panjanggelombang 410 nm.

c. Lain – lain

Kurva standar hanya berlaku untuk larutan absorbans yang dipakai, apabila digunakan larutan absorban baru atau larutan berubah warna maka dibuat kurva standar yang baru. Spektrofotometer yang digunakan harus dikalibrasi dahulu.

7. Pembuatan grafik kurva standar x



8. Pembacaan sampel uji dengan spektrofotometer

- a. Larutan absorban dalam impinger hasil sampling dimasukkan dalam labu ukur 25 ml
- b. Ditambah 0,5 ml larutan Nessler
- c. Dicampur, ditambah aquabides bebas NH₃ sampai batas tanda, dicampur hingga homogen dan didiamkan selama 10 menit supaya bereaksi sempurna.

- d. Diambil 10 ml larutan sampel uji masukkan dalam kuvet yang bersih dan dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm
 - e. Hasil dicatat, misalnya (X).
9. Pembacaan sampel uji pada kurva standar
- a. Dari hasil pembacaan sampel uji (X) letakkan pada skala absorban.
 - b. Tarik garis horizontal ke arah garis linier sejajar garis konsentrasi
 - c. Tarik garis vertikal ke arah skala konsentrasi sejajar absorban.
 - d. Titik pertemuan pada garis konsentrasi dibaca dan dicatat , misal Y mg/l NH₃.
10. Perhitungan
- Setelah didapat hasil konsentrasi sampel dari pembacaan kurva, kemudian hasilnya dibaca lagi dengan menggunakan rumus :

$$\frac{Y}{Q \times t} = \text{.....ug/m}^3$$

Keterangan :

Y = Hasil pembacaan pada kurva standar (Y) ug NO₂

Q = Volume udara terhisap(liter/menit)

t = Waktu sampling (menit)

ya.

Pengujian Oksidan

1. Metode
Metode neutral buffer kalium iodida (NBKI) menggunakan spektrofotometer
2. Prinsip
Oksidan dari udara ambien akan bereaksi dengan ion iodida yang ada di dalam larutan penjerap NBKI dan membebaskan iod (I₂) yang berwarna kuning muda. Konsentrasi ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 352 nm.
3. Peralatan
 - a. Peralatan pengambilan sampel
 - b. Labu ukur
 - c. Pipet volumetrik
 - d. Gelas ukur
 - e. Gelas piala
 - f. Tabung uji
 - g. Spektrofotometer

- h. Neraca analitik
- i. Buret 50 mL
- j. Desikator
- k. Labu erlenmeyer
- l. Oven
- m. Termometer
- n. Barometer

4. Bahan

a. Larutan penyerap oksidan

- 1) Larutkan 10 gram kalium iodida dalam 200 mL air bebas mineral
- 2) Pada tempat yang lain larutkan 35,82 g dinatrium fosfat dodekahidrat dan 13,6 g kalium dihidrogen fosfat dengan 500 mL air bebas mineral dalam gelas piala
- 3) Tambahkan larutan kalium iodida dalam larutan penyangga sambil diaduk sampai homogen
- 4) Encerkan dengan volume 1000 mL dalam labu ukur dan diamkan selama paling sedikit 1 hari
- 5) Atur pH pada $6,8 \pm 0,2$ menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) 1 % atau asam fosfat 1%

b. Larutan induk iod 0,05 N

- 1) Memasukkan berturut-turut 16 g KI dan 3,173 g kristal I₂ ke dalam labu ukur 500 mL larutkan dengan air bebas mineral dan masukkan kedalam labu hingga tanda tera, kemudian homogenkan
- 2) Simpan pada suhu ruang selama 1 hari, kemudian pindah ke botol gelap dan disimpan di lemari pendingin

c. Larutan standar iod

- 1) Pipet 5 mL larutan induk iod 0,05 N ke dalam labu ukur 100 mL, encerkan dengan air sampai tanda tera
- 2) Pipet 4 mL larutan hasil pengerjaan langkah 1 ke dalam labu ukur 100 ml dan tempatkan larutan penyerap. Larutan ini digunakan untuk membuat kurva kalibrasi

d. Larutan asam klorida

Encerkan 10 mL HCl pekat dengan 100 mL air bebas mineral di dalam gelas piala

e. Larutan natrium tiosulfat

- 1) Larutkan 24,82 g natrium tio sulfat pentahidrat dengan 200 ml air bebas mineral dingin yang sebelumnya telah dididihkan dalam gelas piala dan tambahkan 0,1 gram natrium karbonat

- 2) Pindahkan ke dalam labu ukur 1000 mL kemudian tepatkan dengan air bebas mineral dan homogenkan
- 3) Diamkan larutan ini selama 1 hari sebelum dilakukan standardisasi

f. Hablur kalium iodat(KIO₃)

g. Asam klorida pekat 37%

h. Hablur kalium iodida

i. Larutan indikator kanji

Masukkan ke dalam gelas piala berturut-turut 0,4 g kanji larutkan secara hati-hati dengan air mendidih sampai volume 200 mL

Panaskan larutan tersebut sampai larutan jernih, lalu didinginkan dan pindahkan ke dalam botol pereaksi

5. Prosedur

a. Persiapan pengujian

- 1) Pipet 25 ml KIO₃ ke dalam erlemeyer
- 2) Tambahkan 1 gr KI dan 10 ml HCl 1 : 10
- 3) Titrasi dengan Na₂S₂O₃ sampai warna kuning muda
- 4) Tambahkan 5 ml indikator kanji dan lanjutkan titrasi sampai titik akhir (warna biru hilang)

Hitung konsentrasi Na₂S₂O₃

$$N_2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{M \times V_1}{V_2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times \frac{1000}{100 \times 35,67}$$

Ket :

M = Normalitas KIO₃

V = Volume KIO₃

V₂ = Vol Na₂S₂O₃

N₂ = Normalitas Na₂S₂O₃

b. Standardisasi larutan standar iod 0,05 N

- 1) Pipet 25 mL larutan induk iod ke dalam labu erlenmeyer 100 mL
- 2) Tambahkan 1 mL asam klorida pekat, diamkan di tempat gelap selama 10 menit
- 3) Titrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N sampai warna larutan kuning muda kemudian tambahkan 3 tetes indikator kanji, lanjutkan titrasi sampai warna larutan biru muda. Catat volume larutan penitar yang diperlukan
- 4) Hitung normalitas iod (I₂) tersebut dengan rumus sebagai berikut:

$$N_2 = \frac{N1 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times V1 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{V_2}$$

Keterangan :

N1 : Konsentrasi larutan natrium tiosulfat (N)

N2 : konsentrasi larutan iod (N)

V1 : volume larutan natrium tiosulfat hasil titrasi (mL)

V2: Volume larutan iod yang dititrasi

c. Pembuatan kurva kalibrasi

- 1) Optimalkan alat spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat
- 2) Buat deret larutan kerja dalam tabung uji 10 mL dengan 1 blanko dan minimal 3 kadar yang berbeda secara proporsional dan berada pada rentang pengukuran, dimana standar larutan kerja terendah merupakan limit delesi metode
- 3) Tambahkan larutan penyerap sampai volume larutan 10 mL dan homogenkan
- 4) Ukur serapan masing-masing larutan standar dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 352 nm
- 5) Buat kurva kalibrasi antara serapan dengan jumlah oksidan (μg)

d. Pengujian sampel

- 1) Dalam jangka waktu 30-60 menit setelah pengambilan sampel uji. Masukkan larutan sampel uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometri, lalu ukur intensitas warna kuning yang terbentuk pada panjang gelombang 352 nm
- 2) Baca serapan sampel uji kemudian hitung jumlah oksidan dan membandingkan dengan kurva kalibrasi

e. Perhitungan

- 1) Jumlah oksidan dalam larutan standar iod

Jumlah (μg) oksidan (dihitung sebagai ozon) dalam 1 mL larutan iod yang digunakan dalam pembuatan kurva kalibrasi dapat dihitung dengan rumus

$$O_3 = 16 \times N_2 \text{ iod}$$

keterangan:

O_3 : jumlah oksidan

48 : berat molekul O_3

Niod: normalitas iod 0,05 N hasil standarisasi

- 2) Volume sampel udara yang diambil

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{298}{760}$$

Keterangan:

V : volume udara yang diambil dikoreksi pada kondisi normal 25°C , 760 mm Hg (Nm³)

- Q1 : pencatatan laju alir ke-i
 n : jumlah pencatatan laju alir
 t : durasi pengambilan sampel uji
 Pa : tekanan barometer rata-rata selama pengambilan sampel uji
 Ta : temperatur rata-rata selama pengambilan sampel uji
 298 : konversi temperatur pada kondisi normal (25°C) ke dalam kelvin
 760 : tekanan udara standar

3) Konsentrasi oksida di udara ambien

$$C = \frac{a}{V} \times 1000$$

Keterangan:

- C : konsentrasi oksidan di udara ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
 a : jumlah oksidan dalam sampel uji yang diperoleh dari kurva kalibrasi
 V : volume udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25°C , 760 mm Hg
 1000 : konversi liter ke m³

Pemeriksaan Partikel Debu Dalam Udara (Metode Gravimetri)

1. Timbang filter sampel dan filter blanko sebagai pembanding menggunakan timbangan analitik yang sama sehingga diperoleh berat filter blanko (B2) dan filter sampel (W2). Catat hasil penimbangan tersebut.
2. Hitung volume sampel uji udara yang diambil (V). Sampel uji udara yang diambil dikoreksi pada kondisi normal (25°C,760mmHg) dengan menggunakan rumus:

$$V = \frac{F1 + F2}{2} \times t \times \frac{Pa}{Ta} \times \frac{298}{760}$$

Keterangan:

- V= volume udara yang dihisap (L)
 F = laju alir awal (L/menit)
 F2 = laju alir akhir (L/menit)
 T = durasi pengambilan sampel uji (menit)
 Pa= tekanan barometer rata-rata selama pengambilan sampel (mmHg)
 Ta = temperature rata-rata selama pengambilan sampel uji (K)
 298=temperatur pada kondisi normal 25 °C (K)
 760 = adalah tekanan pada kondisi normal 1 atm (mmHg)

Dihitung kadar debu total di udara dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C \text{ (mg/L)} = \frac{(W2 - W1) - (B2 - B1)}{V}$$

Atau

$$C \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(W2 - W1) - (B2 - B1)}{V} \times 10^3$$

Keterangan:

- C = kadar debu total
- B1 = berat filter blanko sebelum pengambilan sampel
- B2 = berat filter blanko setelah pengambilan sampel
- W1 = berat filter sampel uji sebelum pengambilan sampel
- W2 = berat filter sampel uji setelah pengambilan sampel
- V = volume udara pada waktu pengambilan sampel (L)

pengujian kadar timbal (Pb)

1. Metode : destruksi cara basah menggunakan spektrofotometer serapan atom nyala
2. Prinsip
Partikel diudara ambien ditangkap dengan menggunakan alat HVAS dan media penyaring atau filter. Timbal yang terkandung di dalam partikel tersuspensi tersebut didestruksi dengan menggunakan pelarut asam, kemudian diukur dengan alat spektrofotometer serapan atom nyala
3. Peralatan
 - a. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) nyala
 - b. Pemanas listrik yang dilengkapi dengan pengatur suhu
 - c. Labu ukur 50 mL, 100 mL, dan 1000 mL
 - d. Gelas piala 200 mL atau 250 mL dan 1000 mL
 - e. Gelas ukur 100 mL dan 1000 mL
 - f. Pipet volumetrik
 - g. Kaca arloji
 - h. Kertas saring berpori 80 µm diameter 125 mm atau 110 mm
 - i. Alat pemotong yang terbuat dari keramik
 - j. Corong gelas
4. Bahan
 - a. Asam nitrat pekat
 - b. Asam klorida pekat
 - c. Larutan asam nitrat (HNO₃) (2+98)
 - d. Masukkan 200 mL air bebas mineral ke dalam gelas piala 1000 ml tambahkan ke dalamnya HNO₃ pekat dan kemudian tambahkan dengan tepat dengan air bebas mineral sampai tanda tera 1000 ml , larutan dihomogenkan
 - e. Larutan asam klorida (HCl) (1+2)

- f. Masukkan 300 ml air bebas mineral ke dalam gelas piala 1000 ml tambahkan ke dalamnya 20 ml HNO₃ pekat dan kemudian tepatkan dengan air bebas mineral sampai tanda tera 1000 mL, larutan dihomogenkan.
- g. Gas etilen
- h. Air bebas mineral
- i. Hidrogen peroksida (H₂O₂) pekat
- j. Larutan induk timbal 1.000 µg/mL

5. Prosedur

a. Persiapan pengujian

- 1) Pembuatan larutan standar timbal (Pb) 100 µg/ml
 - a) Pipet 10 mL larutan induk timbal 1000 µg/mL dan masukkan ke dalam labu ukur 100 mL
 - b) Tambahkan air bebas mineral sampai tepat pada tanda tera lalu homogenkan
- 2) Pembuatan kurva kalibrasi
 - a) Buat deret larutan kerja dalam labu ukur 50 mL dengan 1 blanko dan minimal 3 kadar yang berbeda secara proporsional dan benda rentang pengukuran dimana standar larutan kerja terdah merupakan limit deteksi metode
 - b) Atur alat spektrofotometer serapan atom nyala dari optimalkan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengujian kadar Pb
 - c) Aspirasikan larutan deret standar satu persatu ke dalam alat SSA nyala melalui pipa aspirator kemudian baca dan catat masing-masing serapannya
 - d) Buat kurva kalibrasi antara serapan dari konsentrasi Pb

b. Pengujian sampel

- 1) Siapkan kertas filter yang berasal dari pengujian partikel tersuspensi total (TSP)
- 2) Ukur dan catat panjang dan lebar filter yang terpapar debu hitung luasnya
- 3) Potong kertas filter menjadi 4 bagian yang sama kemudian hitung dan catat luasnya
- 4) Ambil satu bagian potongan filter tersebut sebagai contoh uji dan masukkan ke dalam gelas piala 200 mL atau 250 mL (diberi kode A)
- 5) Tambahkan 60 mL larutan HCl (1+2)
- 6) Tambahkan 5 mL H₂O₂ pekat dan tutup mulut gelas piala "A" dengan kaca arloji
- 7) Letakkan gelas piala "A" di atas pemanas listrik, panaskan sampel selama kurang lebih satu jam pada suhu 105°C
- 8) Turunkan sampel dari pemanas dan biarkan hingga mencapai suhu kamar

- 9) Tambahkan kembali 5 mL H₂O₂ pekat dan lanjutkan pemanasan gelas piala tertutup kaca arloji di atas pemanas listrik selama 30 menit
- 10) Didinginkan sampel dan kemudian bilas kaca arloji dengan air bebas mineral
- 11) Saring sampel dengan kertas saring, residu kertas saring tetap terdapat dalam gelas piala "A" dan tampung filtrat pada gelas piala 200/250 mL beri kode "B"
- 12) Tambahkan kembali 50 mL larutan HCl ke dalam gelas piala "A" tutup dengan kaca arloji dan lakukan pemanasan selama 30 menit
- 13) Dinginkan contoh uji dan kemudian lakukan penyaringan kembali
- 14) Satukan filtrat dalam gelas piala "B"
- 15) Panaskan filtrat dalam gelas piala sampai mendekati kering (sisa cairan tinggal sedikit) yang ditandai dengan terbentuknya kristal atau garam pada dinding gelas piala "B"
- 16) Menambahkan 10 mL HNO₃ ke dalam gelas piala lanjutkan pemanasan selama beberapa menit (sampai seluruh residu terlarut)
- 17) Dindingkan dan saring contoh uji, tampung filtrat dalam labu ukur 50 mL
- 18) Bilas gelas piala "B" dengan HNO₃ kemudia hasil bilasan masukkan kembali ke dalam labu ukur 50 ml
- 19) Tepatkan isi labu ukur sampai tanda tera dengan HNO₃ dan homogenkan
- 20) Contoh uji siap dianalisis dengan SSA nyala
- 21) Lakukan pengujian blanko
- 22) Aspirasikan larutan sampel ke dalam SSA nyala. Bila serapan sampel lebih rendah dari nilai serapan larutan standar dengan konsentrasi terendah, maka ulangi kembali dengan menggunakan keseluruhan bagian potongan terpapar yang tersisa

c. Perhitungan

Perhitungan kadar timbal dalam sampel menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CPb = \frac{(Ct - Cb) \times Vt \times S}{V} \times St$$

Keterangan :

CPb : kadar timbal diudara

Ct : kadar timbal dalam larutan iosampel

Cb : kadar timbal dalam larutan blanko

Vt : volume larutan sampel

S : luas sampel yang terpapar debu pada permukaan filter

St : luas sampel yang digunakan

V : volume udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25°C

SNI Udara Ambien 19-7119.1-2005

1. Bagian 1: Cara uji kadar amoniak (NH_3) dengan metoda indofenol menggunakan spektrofotometer

Standar ini digunakan untuk penentuan amoniak di udara ambien menggunakan spektrofotometer dengan metode indofenol.

Lingkup pengujian meliputi :

- a. cara pengambilan contoh uji gas amoniak dengan menggunakan larutan penjerap.
- b. Cara perhitungan volum contoh uji gas yang dijerap.
- c. Cara penentuan gas amoniak di udara ambien menggunakan metoda indofenol secara spektrofotometri pada panjang gelombang 630 nm dengan kisaran konsentrasi $20 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sampai $700 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (0,025 ppm sampai 1 ppm).

2. Bagian 2: Cara uji kadar nitrogen oksida (NO_2) dengan metoda Griess Saltzman menggunakan spektrofotometer

Standar ini digunakan untuk penentuan nitrogen dioksida di udara ambien menggunakan metode Griess Saltzman

Lingkup pengujian meliputi:

- a. cara pengambilan contoh gas nitrogen dioksida menggunakan larutan penyerap
- b. cara perhitungan contoh uji gas yang diserap
- c. cara penentuan gas nitrogen dioksida, NO_2 di udara ambien menggunakan metoda Griess Saltzman secara spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm dengan kisaran konsentrasi 0,005 ppm sampai 5 ppm udara atau $0,01 \mu\text{g}/\text{L}$ sampai dengan $10 \mu\text{g}/\text{L}$

3. Bagian 3: Cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan high volume air sampelr (HVAS) dengan metoda gravimetri.

Standar ini digunakan untuk penentuan partikel tersuspensi total menggunakan Alat High volume air Sampelr

Lingkup pengujian meliputi:

- a. cara pengambilan contoh uji dalam jumlah volum udara yang besar di atmosfer, dengan nilai rata-rata laju alir pompa vakum 1,13 sampai 1,70 m^3/menit . Dengan laju alir ini maka diperoleh partikel tersuspensi kurang dari $100 \mu\text{m}$ (diameter ekivalen) yang dapat dikumpulkan. Adapun untuk efesiensi partikel berukuran lebih besar dari $20 \mu\text{m}$ akan berkurang sesuai dengan kenaikan ukuran partikel, sudut dari angin, atap sampelr, dan kenaikan kecepatan.
- b. Penggunaan filter serat kaca dapat mengumpulkan partikel dengan kisaran diameter $100 \mu\text{m}$ sampai $0,1 \mu\text{m}$ (efesiensi 99,95 % untuk ukuran partikel $0,3 \mu\text{m}$)

- c. Jumlah minimum partikel yang terdeteksi oleh metode ini adalah 3 mg (tingkat kepercayaan 95%). Pada saat alat dioperasikan dengan laju alir rata-rata 1,7 m³/menit selama 24 jam, maka berat massa yang didapatkan antara 1 sampai 2 µg/m³.
4. Bagian 4: Cara uji kadar timbal (Pb) dengan metoda destruksi basah menggunakan spektrofotometer serapan atom
Standar ini digunakan untuk pentuan timbal di udara ambien dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom

Lingkup pengujian ini meliputi:
 - a. persiapan contoh uji untuk analisa Pb dengan cara destruksi basah dari partikel tersuspensi total (TSP) diukur dengan alat (HVAS)
 - b. pemeriksaan contoh uji Pb dari TSP dengan metode spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 283,3 nm
 - c. pada perhitungan konsentrasi Pb diudara ambien.
5. Bagian 5: Cara uji kadar sulfat indeks dengan media PbO₂ candle secara turbidimetri menggunakan spektrofotometer
Standar ini digunakan untuk penentuan kadar sulfat indeks diudara ambien dengan media PbO₂ candle secara turbidimetri menggunakan spektrofotometer

Lingkup pengujian meliputi:
 - a. cara pengambilan contoh uji gas SO₂ dengan menggunakan media PbO₂ candle
 - b. cara analisis ion SO₃⁻ dan SO₄²⁻ yang terdapat dalam PbO₂ candle secara turbidimetri menggunakan alat spektrofotometer.
6. Bagian 6: Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambient
Standar ini digunakan untuk menentukan titik pengambilan contoh uji kualitas udara ambien yang meliputi:
 - a. pemilihan lokasi pengambilan contoh uji pemantuan kualitas udara ambien
 - b. penempatan peralatan pengambil contoh uji pemantauan kualitas udara ambien sesaat dan kontinu.
7. Bagian 7: Cara uji kadar sulfur dioksida (SO₂) dengan metoda pararosanilin menggunakan spektrofotometer
Standar ini digunakan untuk penentuan sulfur dioksida (SO₂) di udara ambien menggunakan spektrofotometer dengan menggunakan metode pararosanilin

Lingkup pengujian meliputi:

- a. cara pengambilan contoh uji gas sulfur dioksida dengan menggunakan larutan penyerap.
- b. Cara penghitungan volume contoh uji gas yang dijerap
- c. Cara penentuan gas sulfur dioksida di udara ambien dengan metoda pararosanilin menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm dengan kisaran konsentrasi 0,01 ppm sampai 0,4 ppm udara atau $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ sampai $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$

8. Bagian 8: Cara uji kadar oksidan dengan metoda neutral buffer kalium iodida (NBKI) menggunakan spektrofotometer.

Standar ini digunakan untuk penentuan oksidan di udara ambien menggunakan metoda neutral buffer kalium iodida (NBKI).

Lingkup pengujian meliputi:

- a. cara pengambilan contoh uji oksidan dengan menggunakan larutan penyerap.
- b. cara perhitungan volume contoh uji gas yang diserap.
- c. cara penentuan oksidan di udara ambien menggunakan metoda neutral buffer kalium iodida secara spektrofotometri pada panjang gelombang 352 nm, dengan kisaran konsentrasi 0,01 ppm- sampai 10 ppm ($19,6\mu\text{g}/\text{Nm}^3 - 19620\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sebagai ozon)

9. Bagian 9: Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara roadside.

Standar ini digunakan untuk menentukan titik pengambilan contoh uji kualitas udara ambien roadside yang meliputi:

- a. pemilihan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien dengan kriteria roadside
- b. penempatan peralatan pengambil contoh uji pemantauan kualitas udara ambien kriteria roadside

10. Bagian 13: Cara uji hidrokarbon (HC) menggunakan hydrocarbon analyzer dengan detektor ionisasi nyala (Flame Ionization Detector/FID)

Standar ini digunakan untuk penentuan kadar hidrokarbon (HC) meliputi hidrokarbon total (THC), hidrokarbon metana (MHC) dan hidrokarbon non metana (NMHC) udara ambien menggunakan hydrokarbon analyzer dengan detektor ionisasi nyala (flame ionization detector, FID)

Lingkup pengujian meliputi cara pengumpulan gas HC dengan kantong pengumpul (Tedlar bag) dan pengukuran contoh uji HC udara ambien dengan kisaran pengukuran 0 ppm – 50 ppm, dengan limit deteksi alat 0,02 ppm.

Interpretasi sampel udara

Standar Baku Mutu

- 1) Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- 2) Keputusan MENLH Nomor KEP-13/MENLH/03/1995 tentang Baku Mutu Sumber Tidak Bergerak.
- 3) Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 07 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha Dan atau Kegiatan Industri Rayon.
- 4) Peraturan MENLH Nomor 10 tahun 2012 tentang Baku Mutu Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori L3.
- 5) Keputusan MENLH Nomor KEP-45/MENLH/10/1997 Tentang Indeks Standar Pencemaran Udara.
- 6) Keputusan Kepala Bapedal Nomor KEP-107/BAPEDAL/11/1997 Tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemran Udara.
- 7) Keputusan MENLH Nomor 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.
- 8) Peraturan MENLH Nomor 12 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

- 1) D
- 2) A
- 3) D
- 4) B
- 5) D
- 6) B
- 7) A

Tes 2

- 1) B
- 2) C
- 3) D
- 4) B
- 5) A

Tes 3

- 1) D
- 2) D
- 3) A
- 4) C
- 5) A

Daftar Pustaka

- Anwar, H. (2015). Pengambilan sampel lingkungan. Jakarta: Erlangga.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). SNI 7117.17(2009). Penentuan Kadar Partikulat Secara Isokinetis Dalam Emisi Gas Buang Sumber Tidak Bergerak. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (BSN). SNI 7117.1(2009). Penentuan Lokasi Dan Titik Lintas Untuk Pengambilan Contoh Uji Partikulat Dan Kecepatan Linear Dalam Emisi Gas Buang Sumber Tidak Bergerak. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional(BSN). SNI 19-7119.. (2005). Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambient. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). SNI 19-7119.(2005). Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Roadside. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional(BSN) . SNI 19-7119.1.(2005). Mengenai Udara Ambien Cara Uji Kadar Amoniak Dengan Metoda Indofenol Menggunakan Spektofotometer. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- .
Badan Standarisasi Nasional (BSN). SNI 19-7119.7. (2005). Mengenai Udara Ambien Cara Uji Kadar Sulfur Dioksida Dengan Metoda Pararosanilin Menggunakan Spektofotometer. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- .
Badan Standarisasi Nasional (BSN). SNI 19-7119.8. (2005) .Mengenai Udara Ambien Cara Uji Kadar Oksidan Dengan Metoda Neutral Buffer Kalium Iodide Menggunakan Spektofotometer. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- .
Badan Standarisasi Nasional (BSN). SNI 7119-3.(2017). Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) Dengan Metode Gravimetri. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- .
Badan Standarisasi Nasional(BSN. SNI 06-6989.8). (2004). Cara Uji Kadar Timbal (Pb) dengan Metode Destruksi Cara Basah Menggunakan Spektofotometer Serapan Atom Nyala. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.

- Badan Standarisasi Nasional(BSN). SNI 7119-8.(2017). Cara Uji Kadar Oksidan Dengan Metode Neutral Buffer Kalium Iodida (NBKI) Menggunakan Spektofotometer. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- Inayah., Nurul, Y. (2015). Analisis tingkat pencemaran udara pada kawasan Terminal Malengkeri di Kota Makassar. *Adapting the future: Jurnal teknik lingkungan Universitas Hasanuddin*, 2015. Makassar, Indonesia: Universitas Hasanuddin.
- Ismiyati., Devi, M., & Deslida, S., (2014). Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor: *Adapting the future: Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik JMTransLog*, Jakarta, Juli 2017 (vol. 25 No. 03). Jakarta, Indonesia: JMTransLog.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Kemenkes) No: 1335/MenKes/SK/X/2002. (2002). *Standart Operasional Pengambilan Dan Pengukuran Sampel Kualitas Udara Ruang Rumah Sakit*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kusminingrum., Nanny., & Gunawan, G. (2008). *Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan bermotor Di Jalan Perkotaan Pulau Jawa Dan Bali*. Bandung, Indonesia: Pusat Litbang.
- Luthfi, R. M. (2008). *Analisis Beban Pencemar Dan Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Di DKI Jakarta*. (Unpublished skripsi). Bogor, Indonesia: Institut Pertanian Bogor.
- Mei, S., & Astri. (2015). *Dampak Pencemaran Udara Oleh Timbal (Pb) Pada Lingkungan dan Kesehatan Manusia serta Penanggulangannya*. Pontianak : Universitas Tanjungpura.
- Mukono, H.J. (2008). *Pencemaran Udara dan Pengaruh Terhadap Gangguan Saluran Kesehatan*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Mulyono, (2008). *Kamus Kimia*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Rachmawati., Siti., Masykuri, M. & Sunarto. (2013). Pengaruh emisi udara pada sentra pengolahan batu kapur terhadap kapasitas vital paru pekerja dan masyarakat di Desa Karas Kecamatan Sedan Kabupaten Rembang: *Adapting the future: Jurnal ilmu lingkungan Universitas Diponegoro*, Semarang, 2013(vol 11 no.1). Semarang, Indonesia: Universitas Diponegoro.
- Sandra, C. (2013). Pengaruh penurunan kualitas udara terhadap fungsi paru dan keluhan pernafasan pada polisi lalu lintas Polwiltabes Surabaya (Effect of poor air quality on lung function and respiratory complaints among traffic policemen, Polwiltabes Surabaya). *Adapting the future: Jurnal IKESMA Universitas Negeri Jember*, Jember, Maret 2013(vol. 9 no. 1). Jember, Indonesia: Universitas Negeri Jember.

Sastrawijaya, A.T. (2009). Pencemaran Lingkungan. Jakarta: Rineka Cipta.

Susanti., Indah., Rosida., Laras, T., & Nani, C. (2014). Analisis Pengaruh Aerosol Pada Awan di Indonesia (Aerosol Impact On Cloud Over Indonesia). Jurnal Sains Dirgantara Vol. 12 No.1 Desember 2014 :22-31. Peneliti Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lapan.

BAB IV PARAMETER KIMIA TANAH

Djoko Purnomo, SKM.,M.Kes; Demes Nurmaanti, ST.,M.Kes

PENDAHULUAN

Parameter kimia tanah ini menjelaskan tentang senyawa kimia penyusun dalam kerak bumi dan senyawa kimia penyusun tanah, dimana tanah itu sendiri merupakan bagian dari kerak bumi yang memiliki senyawa kimia yang dibutuhkan oleh makhluk hidup yang tinggal di tanah tersebut. Setelah membahas senyawa kimia, penjelasan dilanjutkan pada pencemaran tanah yang mengakibatkan terputusnya rantai makanan di dalam tanah dapat menyebabkan senyawa kimia didalam tanah mengalami perubahan ikatan kimia. Salah satu penyebab putusnya rantai makanan ini dikarenakan masuknya bahan kimia kedalam tanah sehingga merubah senyawa kimia didalam tanah. Proses tersebut yang mengakibatkan terjadinya pencemaran tanah dan menjelaskan sumber pencemaran.

Dizaman teknologi modern ini dipastikan pencemaran tanah pasti terjadi khususnya di daerah perkotaan, oleh karena itu dalam materi ini dijelaskan dampak yang terjadi akibat pencemaran lingkungan tersebut. Dampak yang dibahas adalah dampak lingkungan dan dampak kesehatan makhluk hidup.

Setelah mengetahui teori konsep kimia tanah, pencemaran tanah, sumber pencemaran tanah hingga dampak bagi lingkungan maupun kesehatan. Seorang sanitarian diwajibkan dapat melakukan pemantauan lingkungan. Kompetensi dari tenaga sanitarian adalah tenaga sanitarian harus dapat menerapkan penentuan titik pengambilan sampel, pengambilan, pengawetan, labeling, pengiriman, pemeriksaan sampai melakukan interpretasi hasil dari pemantau tanah yang terkontaminasi, sampel tanah/endapan yang ada dalam drum/tangki, sampel tanah yang ada di kolam/sawah dan sampel untuk mengukur kesuburan tanah. Setelah anda mendapatkan hasil pemeriksaan sampel, harus dilakukan pembahasan dan interpretasi hasil yang berdasarkan standar baku mutu yang berlaku. Untuk menjembatani mahasiswa agar mampu menunjukkan kompetensinya sebagai tenaga sanitarian, maka setelah mempelajari bab ini harus mampu menguasai parameter kimia Tanah.

Manfaat dari materi ini, mahasiswa dapat mengetahui, senyawa kimia penyusun kerak bumi maupun tanah yang sangat berperan dalam kehidupan makhluk hidup, sumber pencemar dan dampak dari pencemaran tersebut. Mahasiswa dapat menerapkan pengambilan sampel tanah, pengawetan, labeling, pengiriman dan pemeriksaan hingga interpretasi hasil untuk kepentingan kesehatan lingkungan.

Materi dalam Bab ini dilengkapi dengan latihan dan tes beserta rambu jawaban di setiap topik. Tujuannya agar mahasiswa dapat mengukur sendiri kemampuan dan pemahaman terhadap materi yang dipelajari dalam bab ini. Bab IV ini terbagi menjadi Teori dan Praktek. Teori disajikan melalui topik-topik berikut

✍ ■ Kimia Lingkungan ✍ ■

Topik 1 : Parameter kimia tanah

Topik 2 : Pencemaran tanah

Topik 3 : Dampak kesehatan lingkungan akibat pencemaran tanah

Topik 4 : Titik Pengambilan Sampel parameter kimia tanah

Sementara untuk panduan praktek disajikan pada topik tersendiri yang diberi judul Panduan Praktikum Pengambilan Sampel, Pengawetan, Labeling, Pengiriman, Pemeriksaan Dan Interpretasi Hasil. Setelah mempelajari Bab ini mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan tentang parameter kimia tanah
2. Menentukan titik pengambilan sampel tanah
3. Melakukan pengambilan sampel untuk pemeriksaan sampel tanah
4. Melakukan interpretasi hasil

Topik 1 Parameter Kimia Tanah

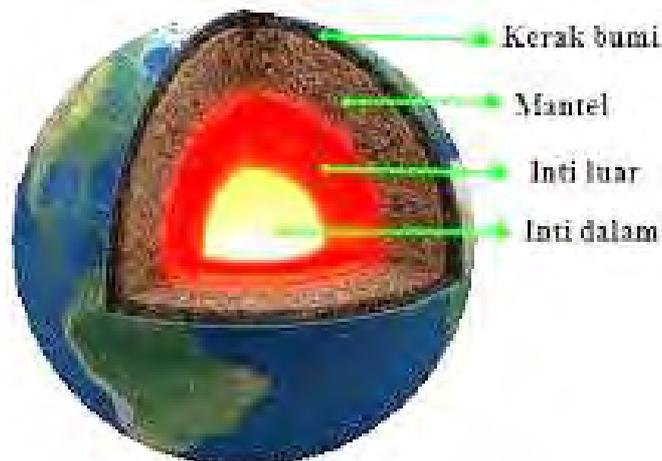
A. SENYAWA KIMIA PEMBENTUK KERAK BUMI

Saudara mahasiswa dalam topik ini mari kita pelajari terlebih dahulu tentang senyawa kimia pembentuk kerak bumi. Bumi tempat kita berpijak, memiliki beberapa lapisan, yang terdiri dari lapisan bumi meliputi kerak bumi/litosfer (crust), selimut bumi (mantle) dan inti bumi (core). Litosfer berasal dari kata lithos artinya batuan dan sphere artinya lapisan. Definisi Litosfer adalah dari Lapisan bumi yang paling luar atau biasa disebut kulit bumi/kerak bumi. Kerak bumi (kulit bumi/litosfer) memiliki lapisan pada bumi setebal ± 60 km dengan massa jenis $\pm 3,3$. Pembentuk kerak bumi (kulit bumi/litosfer) 99 % mengandung unsur utama senyawa anorganik, unsur Silikon (Si) (27,7%) dan unsur Oksigen (O) (terbanyak) (46,6%) serta unsur-unsur Aluminium (Al) (8,1%), Besi (Fe) (5,0%), Kalsium (Ca) (3,6%), Natrium (Na) (2,8%), Kalium (K) (2,6%), dan Magnesium (Mg) (2,1%). Semua unsur ini berada dalam keadaan terikat terutama sebagai oksida, silikat, dan aluminium silikat. (Hanafiah, 2012)

Lapisan litosfer sering disebut lapisan silikat, karena kaya akan senyawa silikat (SiO_2). Lapisan litosfer terbagi menjadi dua bagian yaitu

1. Bagian atas adalah bagian daratan dengan rata-rata 35 %
2. Bagian bawah adalah merupakan lautan dengan rata-rata 65%

Dari penjelasan diatas bahwa tanah berada di bagian lapisan litosfer atau kerak bumi.



Gambar 4.1 Lapisan Bumi

<http://portalmadura.com>

B. SENYAWA KIMIA PEMBENTUK TANAH

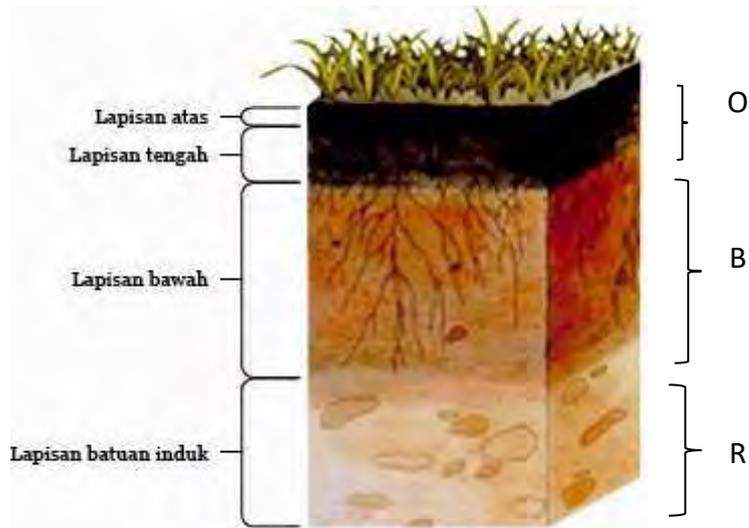
Dalam materi ini akan dijelaskan senyawa kimia pembentuk bumi, sebelum memasuki materi tersebut, saudara harus mengetahui apa definisi dari tanah tersebut. Definisi tanah adalah campuran kompleks dari serpihan kecil dari karang anorganik, batu kerikil, mineral, senyawa organik, organisme hidup, udara, dan air; Campuran ini tersebar dengan membentuk 3 lapisan tanah yaitu

1. Lapisan atas (kaya bahan organik dan anorganik yang larut)
2. Lapisan tengah (tanah liat, pasir dan mineral lain)
3. Lapisan dasar (batu dan kerikil besar)

Proses pembentukan tanah dikenal sebagai pedogenesis. Proses yang unik ini membentuk tanah sebagai tubuh alam yang terdiri atas lapisan atau disebut sebagai horizon. Setiap horizon dapat menceritakan mengenai asal dan proses fisika, kimia dan biologi yang telah dilalui oleh tubuh tanah tersebut.

Tanah pada lapisan bumi merupakan bagian yang sangat tipis. Secara fisik tanah berfungsi sebagai tumbuh berkembangnya perakaran penopang tegak tumbuhnya tanaman dan penyuplai kebutuhan air dan udara. Secara biologi sebagai habitat biota (organisme) yang berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan zat aditif (pemicu tumbuh, proteksi) bagi tanaman.

Profil tanah merupakan irisan vertikal tanah dari lapisan paling atas hingga ke bebatuan induk tanah (regolit), biasanya terdiri dari horizon O-A-B-R. Horizon O-A disebut lapisan tanah atas, horizon A-B disebut lapisan tanah bawah dan horizon B-R adalah lapisan induk. Empat lapisan teratas yang masih dipengaruhi cuaca disebut Solum Tanah. Horizon yang sangat penting bagi tanaman adalah horizon O-A (lapisan atas). Dimana mempunyai ketebalan di bawah 30 cm, karena ketersediaan hara pada lapisan tersebut. Warna pada tanah berwarna gelap karena akumulasi bahan organik. Zat organik di dalam tanah tergantung dari jenis dan jumlah zat organik yang terdapat di dalam tanah yang dipengaruhi oleh suhu, oksigen dan bahan organik disekitarnya. Tanah yang berwarna gelap menunjukkan bahwa tanah tersebut tidak mengalami pelindian (leaching). Tanah yang berwarna terang atau pucat menunjukkan bahan organik tanah itu rendah/telah mengalami pelindian (leaching) hara intensif.



Gambar 4.2. Profil Tanah

<https://id.wikipedia.org/wiki/Tanah>

Pembentukan horizon tanah meliputi:

1. Horizon organik

Horizon organik adalah lapisan tanah paling atas yang kaya akan bahan organik. Horizon ini merupakan lapisan yang paling subur karena kaya akan bahan organik.

2. Horizon mineral

Horizon mineral adalah terbagi menjadi dua lapisan. Lapisan yang pertama yaitu lapisan tanah yang sebagian besar mengandung mineral, Lapisan ini mempunyai ciri berwarna gelap yang terdiri dari humus dan campuran partikel mineral. Bahan organik akan terhumifikasi dan bercampur dengan bahan mineral, lapisan tanah ini memiliki struktur lemah, warna bagian atas masih tersamar-samar dipengaruhi kandungan lapisan organik dan kandungan mineral masih campur dengan bahan organik. Sedangkan lapisan yang kedua adalah lapisan tanah yang banyak ditemukan mineral silika tanah (kuarsa SiO_2).

3. Regolith

Regolith adalah lapisan batuan yang cukup besar yang terbentuk oleh pelapukan batuan induk, sedimentasi, dan sebagainya.

Senyawa kimia di dalam tanah merupakan hasil dari pelapukan bahan induk tanah dan pelapukan sisa organisme tanah. Pelapukan bahan induk tanah menghasilkan mineral primer dan sekunder. Baik mineral primer tanah pada umumnya menjadi penyusun bahan induk tanah yang belum terlalu lapuk. Sementara itu, mineral sekunder banyak terdapat pada tanah yang telah mengalami perkembangan lanjut.

Unsur penyusun senyawa organik terdiri dari atom karbon dan hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, halogen, atau fosfor. Bahan organik adalah bagian dari tanah yang bersumber dari sisa tanaman atau binatang yang ada di dalam tanah dan akan terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologis, fisika, dan kimia.

Secara kimia tanah merupakan gudang dan penyuplai hara atau nutrisi (senyawa organik, anorganik sederhana dan unsur esensial seperti N,P,K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B, Cl, dan lain lain). Ketiganya merupakan penunjang produktivitas tanah dalam menghasilkan biomass dan produksi baik tanaman pangan, obat, dan lain lain.

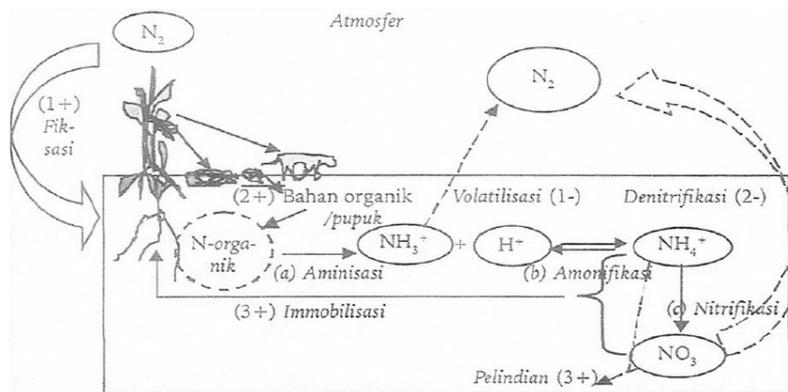
Bahan organik tanah sangat mempengaruhi karakteristik sifat kimia tanah, adapun yang dipengaruhi antara lain warna, pH tanah, kandungan karbon organik, Kandungan nitrogen, rasio karbon dan nitrogen (C/N), kandungan fosfor tanah, struktur, kapasitas pertukaran kation, kandungan kation basa, kandungan kation asam dan lain-lain. Bahan organik juga merupakan medium aktivitas jasad hidup di dalam tanah. Bahan organik berasal dari sisa tanaman muda, pupuk hijau, hasil pembakaran sisa tanaman, akar, batang serta ranting tumbuh-tumbuhan yang telah mati, maupun kotoran dan lendir dari serangga, cacing, dan binatang besar. Bagian yang terpenting dalam organik tanah adalah mikroorganisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati seperti bakteri, fungi dan protozoa (Hanafiah, 2012). Setiap jenis tanah memiliki sifat fisik tanah yang berbeda. Sifat fisik tanah akan mempengaruhi sifat kimia dan biologi tanah.

Menurut Sartohadi 2014 secara kimia, bahan organik tanah tersusun atas karbohidrat, protein, lemak, resin. Prosentase sisa tanaman sebesar 75% air dan sisanya meliputi karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen dan elemen mineral. Dalam keadaan kering, bahan organik didalam tanah ada sebesar 90% yang terdiri dari karbon, oksigen, hidrogen, elemen lain yang memainkan peranan penting dalam unsur hara tanaman. Nitrogen, sulfur, fosfor, natrium dan kalsium adalah bagian kandungan yang penting dari bahan organik.

Unsur hara di dalam tanah terbagi dalam unsur makro dan unsur mikro. Tanah yang subur adalah tanah yang mengandung unsur untuk kebutuhan yang diperlukan oleh tanaman seperti nitrogen didalam tanah merupakan unsur hara makro, dimana tanaman membutuhkan unsur tersebut dalam jumlah yang banyak.

Unsur hara makro esensial meliputi karbon (C), hidrogen (H) dan Oksigen (O), dengan prosentase di dalam tanah 45 %, 45 % dan 6%, sehingga 4 % adalah unsur lain. Unsur hara makro yang lain adalah Nitrogen (N), Fosfor (P) , Kalium (K) belerang (S), Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dengan prosentase >0,1%.

Unsur yang diijinkan ada didalam tanah dalam jumlah sangat kecil adalah unsur hara mikro yang meliputi boron (Bo), besi (Fe) Mangan (Mn), tembaga (kuprum, Cu), seng (Zn), Molibdenum (Mo) dan klorin (Cl) dan unsur penunjang yaitu kobalt (Co). Unsur makro yang paling besar dibutuhkan oleh tanaman adalah Nitrogen (N) berperan dalam pertumbuhan tanaman antara lain membentuk protein, lemak dan senyawa organik lain. Kebutuhan nitrogen yang lain untuk tumbuhan adalah dibutuhkan untuk proses fotosintesis. Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^+).



Gambar 4.3.
Siklus Nitrogen (Sumber : Hanafiah,, 2012)

Siklus nitrogen adalah senyawa yang mengandung nitrogen akan dikonversi dirubah menjadi bentuk nitrogen yang lain secara kimiawi. Unsur nitrogen diperlukan semua jasad hidup untuk sintesis dan siklus nitrogen terjadi beberapa proses reaksi yaitu

- Amonifikasi → Proses perubahan senyawa amonia menjadi ammonium oleh mikroba
- Nitrifikasi → Proses perubahan ammonium menjadi nitrit, kemudiam diubah menjadi nitrat oleh bakteri
- Denitrifikasi → Proses reduksi NO_3^- menjadi gas N_2 yang terjadi di tempat tergenang atau drainase buruk
- Fiksasi → Fiksasi Nitrogen udara dilakukan oleh bakteri bintil akar (Rizhobium) yang bersimbiosis dengan tanaman leguminosa (kacang-kacangan), serta bakteri Azobacter (aerobik) dan Clostridium (anaerobik). Nitrogen dari air hujan merupakan nitrogen yang terdapat di udara hasil pencemaran berbagai aktivitas manusia.

Unsur kedua yang dibutuhkan oleh tanaman adalah fosfor (P), unsur ini bertugas membentuk protein serta membantu proses asimilasi dan pernapasan, mempercepat pemasakan biji dan buah. Unsur Kalium (K) membantu pembentukkan protein, karbohidrat pada tumbuhan serta memperkuat bunga, daun dan buah agar tidak mudah berguguran (Hanafih, 2012)

Unsur yang lain adalah magnesium (Mg) sebagai transportasi Fosfat dalam tanaman, sedangkan Kalsium (Ca), Belerang (S), Klor, Besi, Mangan, Tembaga dan Seng merupakan faktor pertumbuhan bagi tumbuhan dan berfungsi membentuk hormon tubuh tanaman (Fadhilah, 2010).

Parameter kesuburan tanah yang standar adalah pH tanah, kadar bahan organik, N, P, dan K, yang merupakan faktor yang sangat penting dalam hubungannya dengan pertumbuhan tanaman, produksi tanaman, serta fungsi dan keragaman mikroorganisme tanah. Parameter tanah tersebut umumnya sangat sensitif terhadap pengelolaan tanah (Utami, 2009).

Bahan organik merupakan sumber pengikat hara dan substrat bagi mikrobia tanah. Bahan organik tanah merupakan bahan penting untuk memperbaiki kesuburan tanah, baik secara fisik, kimia maupun biologi. Apabila tidak ada masukan bahan organik ke dalam tanah

akan terjadi masalah pencucian sekaligus kelambatan penyediaan hara. Penyediaan hara hanya terjadi dari mineralisasi bahan organik yang terdapat dalam tanah saja, sehingga mengakibatkan cadangan total C tanah semakin berkurang (Hanafiah, 2012)

Semua unsur hara mempunyai efek yang sama yaitu merugikan pertumbuhan jika tidak tersedia bagi tanaman. Unsur hara mikro jika berlebihan akan langsung bersifat toksik bagi tanaman, karena unsur hara makro sangat mudah larut. Derajat keasaman (pH) sebagai indikator kesuburan tanah, dapat mencerminkan ketersediaan hara dalam tanah. pH Optimum untuk ketersediaan unsur hara tanah adalah sekitar 7. Semua unsur makro tersedia secara maksimum pada pH netral (7), sedangkan unsur mikro tidak maksimum, kecuali Mo, sehingga kemungkinan terjadinya toksisitas unsur mikro tertekan.

Unsur karbon diperlukan mikroorganismenya sebagai sumber energi dan nitrogen diperlukan untuk membentuk protein. Apabila jumlah karbon terbatas (nisbah C/N terlalu rendah), sehingga jumlahnya berkurang sebagai sumber energi, nitrogen bebas dapat terikat dengan memanfaatkan mikroorganismenya. Jika karbon yang disediakan berlebih (C/N > 40), sedangkan jumlah nitrogen terbatas, akibatnya pertumbuhan organismenya menjadi terhambat (Wallace and Teny, 2000).

Tabel 4.2
Sifat Kimiawi Kesuburan Tanah

Sifat Kimia	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C-organik(%)	<1	1-2	2,01-3	3,01-5	>5
N-total (%)	< 0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
C/N	< 5	5-10	11-15	16-25	>25
P ₂ O ₅ HCL (me/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
P ₂ O ₅ Bray 1 (ppm)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
K ₂ O HCL 25% (me/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
KTK (me/100 g)	<5	5-16	17-24	25-40	>40
K (me/100g)	<0,1	0,1-0,2	0,3-0,5	0,6-1,0	>1,0
Na (me/100g)	<0,1	0,1-0,3	0,44-0,7	0,8-1,0	>1,0
Mg (me/100g)	<0,4	0,4-1,0	1,1-2,0	2,1-8,0	>8,0
Ca (me/100g)	<2	2-5	6-10	11-20	>20
KB (%)	<20	20-35	36-50	51-70	>70
Kejenuhan Al	<10	10-20	21-30	31-60	>60
pH H ₂ O	Sangat masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak Basa
Kuantitatif pH H ₂ O	<4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	7,6 - 8,5

Sumber: Hardjowigeno (2003).

Latihan

- 1) Sebutkan senyawa kimia penyusun kerak bumi/litosfer?
- 2) Mengapa lapisan atas pada tanah merupakan lapisan yang cocok ditanami tumbuhan hidup yang membutuhkan makanan dan zat hara ?
- 3) Jelaskan parameter kesuburan tanah?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang

- 1) Senyawa kimia pembentuk kerak bumi
- 2) Senyawa kimia pembentuk tanah pada bagian awal di bagian konsep kimia tanah
- 3) Senyawa kimia pembentuk tanah bagian bagian akhir materi di konsep kimia tanah

Ringkasan

Bumi memiliki beberapa lapisan, lapisan bumi meliputi kerak bumi/litosfer (crust), selimut bumi (mantle) dan inti bumi (core). Tanah pada bumi merupakan lapisan yang paling tipis dibandingkan dengan lapisan bumi lainnya. Jenis dan jumlah zat organik didalam tanah sangat bergantung pada suhu, oksigen dan bahan organik disekitarnya. Pada proses pembentukan tanah akan menghasilkan tanah. Profil tanah adalah penampang tegak dari tanah menunjukkan susunan horizon tanah yaitu organik, mineral, regolith.

Dalam tanah senyawa kimia berasal dari pelapukan bahan induk tanah dan sisa organisme tanah, dimana pelapukan itu menghasilkan mineral primer dan sekunder. Senyawa organik terdiri dari atom karbon dan hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, halogen, atau fosfor. Bahan organik tersusun atas sisa (residue) tanaman dan hewan di dalam tanah. Secara kimia, bahan organik tanah tersusun atas karbohidrat, protein, lemak, resin. cSisa tanaman terdiri dari 75% air sisanya terdiri dari karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen dan elemen mineral. Nitrogen, sulfur, phosphor, natrium dan calcium adalah bagian kandungan yang penting dari bahan organik.

Unsur yang berjumlah sangat kecil adalah unsur hara mikro yaitu boron (Bo), besi (Fe) Mangan (Mn), tembaga (kuprum, Cu), seng (Zn), Molibdenum (Mo) dan Klorin (Cl) dan unsur penunjang yaitu Kobalt (Co). Unsur makro yang paling besar dibutuhkan oleh tanaman adalah Nitrogen (N) dan Fosfor (P), sedangkan unsur yang lain adalah magnesium (Mg) Kalsium (Ca), Belerang (S), Klor, Besi, Mangan. Tembaga dan Seng sebagai unsur yang dibutuhkan bagi tumbuhan dan berfungsi membentuk hormon tubuh. Parameter kesuburan tanah standarnya adalah pH tanah, kadar bahan organik, N, P, dan K.

Tes 1

Kerjakan soal dibawah ini, dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat.

- 1) Dalam horizon tanah, tanah dibagi menjadi berapa bagian.....
 - A. 3 terdiri dari horizon organik, horizon mineral dan regolith
 - B. 2, yaitu lapisan atas dan lapisan dalam
 - C. 4 terdiri dari lapisan organik, lapisan tengah, lapisan mineral, regolith
 - D. 2, yaitu lapisan organik dan anorganik

- 2) Lapisan tanah yang berisi lapisan yang belum terurai dan masih berupa batuan induk disebut sebagai.....
 - A. Lapisan R
 - B. Lapisan B
 - C. Lapisan C
 - D. Top soil

- 3) Unsur Mikro yang terdapat dalam tanah adalah.....
 - A. C-Organik
 - B. Mangan (Mn)
 - C. Nitrogen (N)
 - D. Fosfor (P)

- 4) Unsur hara di dalam tanah dibagi menjadi...
 - A. Mikro dan mono
 - B. Mono dan makro
 - C. Mini dan mono
 - D. Makro dan mikro

- 5) Kedalaman lapisan tanah yang mengandung bahan organik sangat besar pada lapisan bagian atas sebesar.....
 - A. 20
 - B. 30
 - C. 40
 - D. 50

- 6) Senyawa yang tidak berasal dari makhluk hidup disebut senyawa....
 - A. Kovalen
 - B. Ion
 - C. Organik
 - D. Anorganik

- 7) Solum tanah adalah
- A. Tubuh tanah yang meliputi lapisan A sampai di atas lapisan R
 - B. Tubuh tanah yang meliputi lapisan organik sampai di bawah lapisan R
 - C. Tubuh tanah yang meliputi lapisan organik sampai di atas lapisan R
 - D. Tubuh tanah yang meliputi lapisan B sampai di bawah lapisan R

Topik 2 Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah adalah keadaan dimana bahan kimia buatan manusia tidak dapat di hancurkan oleh mikroorganisme lalu masuk dan merubah lingkungan tanah yang alami. Pencemaran tanah menurut Peraturan Pemerintah No. 150 Tahun 2000 disebutkan bahwa kerusakan tanah untuk produksi biomassa adalah berubahnya sifat dasar tanah yang melampaui baku mutu kerusakan tanah. Tanah merupakan bagian penting dalam menunjang kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Seperti kita ketahui rantai makanan bermula dari tumbuhan, manusia, hewan hidup dari tumbuhan. Memang ada tumbuhan dan hewan yang hidup di laut, tetapi sebagian besar makanan kita berasal dari permukaan tanah.

Jika suatu zat berbahaya telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah .Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya. Komponen pencemar tanah meliputi kertas 4 %, limbah bahan makanan 21%, gelas 12 %, besi 10 %, plastik 5 %, kayu 5 %, karet dan kulit 3 %, kain/serat tekstil 2 % dan terakhir adalah aluminium beserta logam lain 1 %.

Perbandingan bahan organik dan anorganik yang mencemari tanah dengan perbandingan sampah organik : anorganik yaitu 70 % : 30 %. Agar bisa membedakan tanah yang tercemar dengan tanah yang tidak tercemar dapat dilihat tanda-tanda yang ditunjukkan oleh tanah antara lain sebagai berikut :

*Tabel 4.1
Perbedaan Tanah Tercemar dan Tanah Tidak Tercemar*

No	Tanah Yang Tercemar	Tanah Yang tidak Tercemar
1	Tidak subur	Subur
2	Mengeluarkan bau busuk	Tidak berbau busuk
3	Kering	Tidak kering, gempal dan gembur
4	Didalam tanah terdapat logam berat	Tidak ada logam berat di dalam tanah
5	Adanya sampah anorganik	Tidak terdapat sampah anorganik
6	pH dapat dibawah 6 atau diatas 8 sehingga tanah tersebut menjadi basa	pH tanah normal antara pH 6 dan 8
7	Terjadi perubahan warna	Warna tanah hitam atau gelap kaya akan organik
8	Terjadi perubahan komposisi tanah/struktur tanah	Tidak mengalami perubahan komposisi tanah/struktur tanah

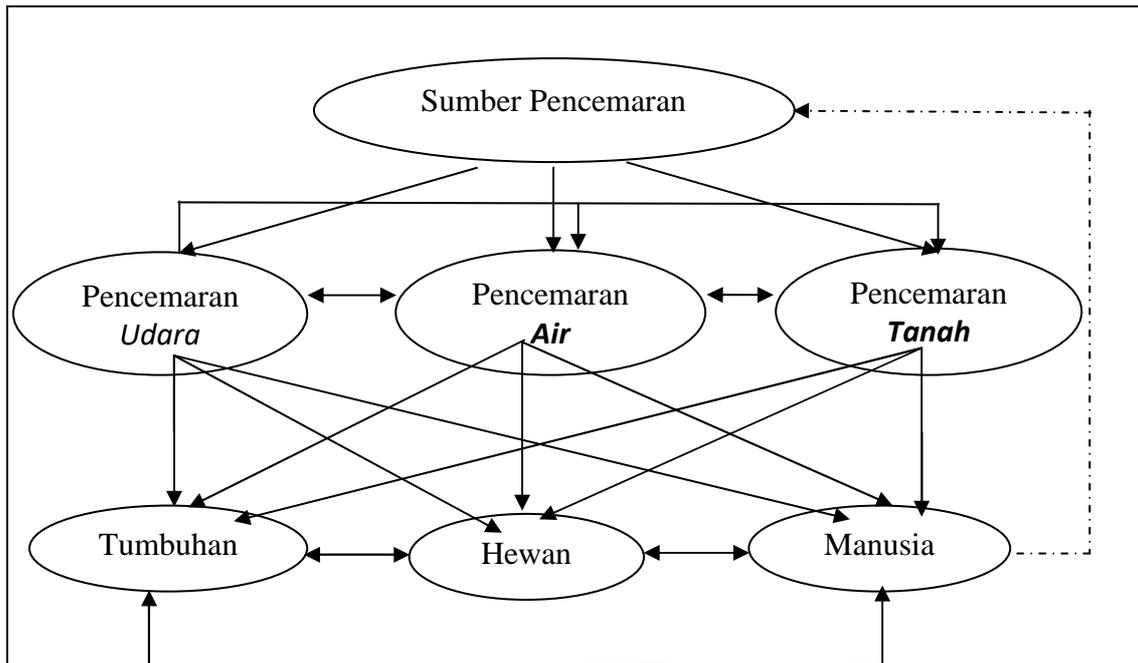
SUMBER PENCEMARAN TANAH

Pencemaran tanah dapat terjadi baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pencemaran yang terjadi secara langsung dibagi menjadi dua faktor internal yaitu pencemaran yang ditimbulkan dari alam contohnya letusan gunung, bencana banjir. Faktor eksternal yaitu pencemaran yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Limbah yang bersumber dari aktivitas manusia itu sendiri disebut anthropogenic pollutants. Contoh pencemaran yang bersumber dari kegiatan manusia itu sendiri seperti :

1. Pertanian dengan pemberian pupuk secara berlebihan
2. Pemberian pestisida atau insetisida
3. Kegiatan industri yaitu pembuangan limbah yang tidak diolah terlebih dahulu.
4. Kegiatan rumah tangga yaitu sampah domestik.
5. Kegiatan pertambangan
6. Tinja manusia maupun hewan

Pencemaran yang diakibatkan secara tidak langsung yaitu pencemaran tanah memiliki hubungan yang sangat erat dengan pencemaran udara maupun pencemaran air. Contoh pencemaran tanah akibat dari pencemaran udara seperti kendaraan bermotor yang menimbulkan gas karbon oksida, oksida nitrogen, oksida belerang yang larut dalam air hujan dan turun ke dalam tanah dan mengakibatkan terjadinya hujan asam, sehingga dapat mengakibatkan pencemaran tanah.

Proses pencemaran tanah akibat dari pencemaran air dapat dijelaskan sebagai berikut. Air limbah yang mengalir pada permukaan tanah yang mengandung bahan pencemar seperti zat radioaktif, sampah rumah tangga, limbah rumah sakit, sisa pupuk dan pestisida dari daerah pertanian, limbah deterjen, logam berat dari industri. Lebih jelasnya dapat dilihat pada daur pencemaran dibawah ini.



Gambar 4.4
Daur Pencemaran

Pencemaran tanah ini mengakibatkan putusnya rantai makanan. Organisme yang ada di dalam tanah/biota tanah baik yang berukuran mikro maupun berukuran makro dapat terganggu, sehingga mereka akan mati atau pergi mencari habitat yang baru, dikarenakan habitat yang lama tidak ada lagi makanan yang baik baginya dan kondisi habitat yang tidak nyaman bagi organisme itu sendiri. Umumnya organisme tersebut dapat hidup dan berkembang biak pada pH 6,5 – 8,5, dengan kelembaban yang tinggi. Suhu yang nyaman bagi organisme dalam melakukan dekomposisi adalah 30-35°C atau bisa juga mencapai hingga suhu 45°C. Dampak perginya atau matinya organisme itu mengakibatkan tidak ada lagi proses dekomposisi bahan organik, Dapat disimpulkan peran organisme tanah ini memiliki peran yang penting, karena kedudukannya yang paling tinggi didalam rantai makanan, jika tidak ada organisme didalam tanah, maka tanah menjadi kering, lahan menjadi tandus, dikarenakan tanah sebagai tempat untuk menopang akar tumbuhan tidak mendapatkan suplai unsur hara.

Kerusakan tanah akibat adanya kegiatan industri pada daerah sekitarnya memberikan peluang terjadinya penurunan kesuburan tanah dan bahkan dapat menjadi racun bagi tanaman. Tanah secara alami mengandung berbagai unsur logam yaitu unsur logam Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, dimana logam tersebut dapat berasal dari pelapukan batuan. Sehingga dengan adanya pelapukan batuan yang terjadi didalam tanah akan menimbulkan perubahan sifat fisik dan kimia tanah.

Didalam tanah sudah mengandung logam, apabila logam berat diberikan pada tanah dalam jumlah berlebih akan menimbulkan proses pencemaran tanah, karena logam Fe, As, Cd, Pb, Hg, Mn, Ni, Cr, Zn, dan Cu telah terdapat dalam tanah dalam jumlah sedikit. Tanah yang mengalami penambahan logam baik dari industri, sampah domestik, dan kegiatan lain

dan terakumulasi serta melebihi ambang batas dalam tanah maka sifat logam yang terkandung dalam tanah akan bersifat racun. Unsur hara mikropun jika didalam tanah dalam jumlah sedikit akan menguntungkan, jika dalam jumlahnya sedikit berlebih akan menimbulkan toksik. Berbeda dengan unsur hara makro jika jumlahnya semakin banyak, maka tidak akan memberi pengaruh pada tanah, justru akan memberikan dampak yang bagus. Sementara United States Environment Protection Agency (US EPA) mendata logam berat yang merupakan pencemar utama berbahaya yaitu Sb, Ag, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Sr, Ag dan Zn (Sukhendrayatna, 2001). Namun terdapat pula logam berat seperti Zn, Cu, Fe, Mn, Mo yang merupakan unsur hara mikro yang esensial bagi tanaman, tetapi bila jumlahnya terlalu besar akan mengganggu tumbuhnya tanaman. Logam berat termasuk kategori zat pencemar karena sifatnya yang stabil dan sulit untuk diuraikan. Logam berat dalam tanah yang membahayakan pada kehidupan organisme dan lingkungan adalah dalam bentuk terlarut.

Latihan

- 1) Jelaskan definisi dari pencemaran tanah dan sebutkan peraturan apa yang menjelaskan tentang pencemaran tanah?
- 2) Sebutkan dan jelaskan apa yang dimaksud dengan anthropogenic pollutants ?
- 3) Jelaskan daur pencemaran tanah ?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang:

- 1) Pencemaran lingkungan bagian pendahuluan
- 2) Sumber pencemar bagian awal
- 3) Sumber pencemaran, pada bagian bagian daur pencemaran tanah

Ringkasan

Pencemaran tanah adalah keadaan dimana bahan kimia buatan manusia tidak dapat di hancurkan oleh mikroorganisme lalu masuk dan merubah lingkungan tanah yang alami berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 150 Tahun 2000. Pencemar yang masuk ke dalam tanah mengakibatkan racun di tanah, yang berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya. Komponen pencemar tanah meliputi kertas 4 %, limbah bahan makanan 21%, gelas 12 %, besi 10 %, plastik 5 %, kayu 5 %, karet dan kulit 3 %, kain/serat tekstil 2 % dan terakhir adalah aluminium dan logam lain 1 %. Perbedaan tanah tercemar dan tanah tidak tercemar, jika tanah tercemar tidak subur, mengeluarkan bau busuk, kering, terdapat logam pH dapat dibawah 6 atau diatas 8 sehingga tanah tersebut menjadi basa dan terjadi perubahan komposisi tanah. Tanah yang tidak tercemar itu tidak berbau busuk, subur, gembur, tidak ada logam di dalam tanah, pH

tanah normal antara pH 6 dan 8, warna hitam gelap dan tidak mengalami perubahan komposisi tanah.

Limbah yang bersumber dari aktivitas manusia itu sendiri disebut anthropogenic pollutants. Contoh pencemaran yang bersumber dari kegiatan manusia itu sendiri seperti pertanian dengan pemberian pupuk secara berlebihan, pemberian pestisida atau insektisida, kegiatan industri yaitu pembuangan limbah yang tidak diolah terlebih dahulu dan lain lain. Pencemaran yang diakibatkan secara tidak langsung yaitu pencemaran tanah memiliki hubungan yang sangat erat dengan pencemaran udara maupun pencemaran air.

Pencemaran tanah ini mengakibatkan putusnya rantai makanan. Organisme yang ada didalam tanah/biota tanah baik yang berukuran mikro maupun berukuran makro dapat terganggu, sehingga mereka akan mati atau pergi mencari habitat yang baru. Organisme tersebut dapat hidup dan berkembang biak pada pH 6,5 – 8,5, dengan kelembaban yang tinggi dan suhu yang nyaman bagi organisme tersebut. Kerusakan tanah akibat adanya kegiatan industri pada daerah sekitarnya memberikan peluang terjadinya penurunan kesuburan tanah dan bahkan dapat menjadi racun bagi tanaman. Didalam tanah sudah mengandung logam, apabila logam berat diberikan pada tanah dalam jumlah berlebih akan menimbulkan proses pencemaran tanah.

Tes 2

Kerjakan soal dibawah ini, dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat.

- 1) Umumnya organisme yang terdapat di dalam tanah dapat hidup dan berkembang biak pada pH.....
 - A. 6,5 – 8,5
 - B. 6,5 - 9
 - C. 5,5 – 8,5
 - D. 5,5 – 9

- 2) Tanda tanah tidak mengalami pencemaran adalah.....
 - A. Menunjukkan bau busuk
 - B. Adanya logam di dalam tanah
 - C. Kering
 - D. pH tanah normal antara pH 6 dan 8

- 3) Dampak pencemaran tanah pada kehidupan organisme didalam tanah adalah.....
 - A. Munculnya logam-logam
 - B. Putusnya rantai makanan
 - C. Tanah menjadi tandus
 - D. Infiltrasi logam ke dalam tanah

- 4) Tanah secara alami mengandung unsur logam yaitu Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg. Logam tersebut berasal dari,,,,,,,,,,,,,
- A. Pelapukan batuan
 - B. Infiltrasi logam di dalam tanah
 - C. Sampah anorganik
 - D. Sampah organik
- 5) Sebutkan peraturan pemerintah yang menjelaskan tentang pencemaran tanah adalah
- A. PP. No. 150 Tahun 2006
 - B. PP. No. 140 Tahun 2000
 - C. PP. No. 150 Tahun 2000
 - D. PP. No. 140 Tahun 2006

Topik 3

Dampak Kesehatan Lingkungan Akibat Pencemaran Tanah

Penggunaan logam berat sangat luas dan hampir setiap industri menggunakannya, karena logam berat memiliki peran yang sangat penting dalam kegiatan produksi baik sebagai pereaksi ataupun katalis. Meskipun dampak yang diberikan pada logam berat ini sangat besar, tetapi kita tidak dapat mengelak bahwa peran penting di sektor industri memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Dampak negatif yang diberikan tidak hanya manusia, melainkan dapat berdampak pada lingkungan yaitu jaringan tanaman dan hewan

A. DAMPAK PENCEMARAN TANAH PADA LINGKUNGAN

1. Tanah yang tercemar oleh sampah dapat menimbulkan pencemaran udara karena mengandung gas yang terjadi dan rombakan sampah menimbulkan bau yang tidak sedap.
2. Tanah yang tercemar oleh sampah anorganik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme akan mengakibatkan daerah sekitar pembuangan sampah akan mengalami kekurangan oksigen yang diambil dari udara di sekitarnya. Karena kekurangan oksigen dapat menyebabkan kehidupan flora dan fauna menjadi terdesak atau lama kelamaan menjadi tidak dapat tumbuh kembali??.
3. Adanya bahan kimia beracun atau berbahaya bahkan pada dosis yang rendah dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut sehingga dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan.
4. Dampak pada pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian.
5. Penggunaan pupuk yang terus-menerus dalam pertanian akan merusak struktur tanah sehingga menyebabkan kesuburan tanah berkurang dan tidak dapat ditanami jenis tanaman tertentu karena unsur haranya semakin berkurang
6. Penggunaan pestisida, deterjen yang berlebihan akan merusak tanah dan terjadi infiltrasi dan akan mempengaruhi air tanah, flora dan fauna tanah.
7. Tanah yang tercemar akan mengalami kekeringan, karena nutrisi pada tanah tersebut tidak ada, karena tanah akan mengalami perubahan struktur tanah, terutama sifat fisik dan kimia tanah. Akibatnya dari pencemaran itu, tanah tersebut tidak dapat digunakan sebagai tempat untuk tumbuhan (Suyono, 2014)



Gambar 4. 5
Tanah yang tercemar oleh limbah oli

Sumber : <https://hanifweb.wordpress.com>



Gambar 4.6
Sawah warga yang tergenang air dan lumpur limbah tekstil

Sumber : <http://www.mongabay.co.id>

B. DAMPAK PENCEMARAN TANAH PADA MANUSIA

1. Dalam tanah yang tercemar terdapat mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit (patogen). Mikroba ini digolongkan dalam berbagai jenis seperti virus, rickettsia, bakteri, protozoa, fungi dan metazoa.
2. Limbah/bahan pencemar yang masuk ke dalam tanah menyebabkan air tanah ikut terkontaminasi. Manusia yang menggunakan aktivitas kebutuhan air yang terpenuhi dari air tanah untuk mandi, maka akan terjadi masalah pada kulit.
3. Adanya pencemaran bakteriologis di dalam tanah. Aliran pencemaran terjadi pada lapisan tanah berpasir yang dapat dilalui air tempat bakteri patogen ikut dalam aliran tersebut, lalu masuk ke sistem sumber air dalam tanah. Dari sumber pencemar tinja (feses) atau air seni (urine) yang terinfeksi melalui tanah dapat langsung ke manusia

melalui 2 cara yaitu dengan perantara tangan atau kuku langsung masuk ke sistem pencernaan perantara makanan atau sayur yang masuk ke sistem pencernaan.

4. Tanah yang tercemar khususnya dari tinja dan air seni manusia mengandung berbagai kuman penyakit, seperti bakteri dan virus misalnya : *Escherichia coli*, *Salmonella thypi* yang dapat menyebabkan penyakit diare.
5. Tanah yang tercemar oleh sampah menghasilkan gas, pada saat proses degradasi (pembusukan) sampah dapat membahayakan kesehatan karena pada proses pembusukan ada yang mengeluarkan gas beracun.
6. Menimbulkan penyakit pada manusia, apabila mengkonsumsi makanan yang sudah terkena pestisida seperti buah buahan dan sayur sayuran yang belum dicuci. Bahan kimia pestisida masuk ke dalam tubuh manusia dan mengakibatkan beberapa penyakit yang menyerang organ tubuh manusia bagian dalam seperti ginjal, paru paru, hati dan jantung atau bahkan sampai menimbulkan kematian.
7. Terjadi keracunan pada manusia yang mengkonsumsi sayur – sayuran dan buah buahan dalam keadaan mentah (belum dicuci). Akibat mengkonsumsi makanan yang mengandung pestisida, penyakit yang ditimbulkan dari pestisida adalah kanker
8. Pencemaran tanah yang diakibatkan oleh timbal (Pb), Klorin (Cl) akan mengakibatkan kerusakan ginjal dan kerusakan otak pada makhluk hidup.
9. Pencemaran tanah yang mengandung kromium, dimana logam ini terdapat dalam pestisida, akan mengakibatkan karsinogenik (Taringan,, 2004)

Latihan

- 1) Mengapa feses dapat dikatakan faktor penyebab pencemaran tanah?
- 2) Jelaskan dampak pencemaran tanah terhadap lingkungan!
- 3) Jelaskan dampak pencemaran tanah ??? terhadap manusia?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang:

- 1) Dampak pencemaran tanah pada manusia
- 2) Dampak pencemaran tanah terhadap lingkungan
- 3) Dampak pencemaran tanah terhadap manusia

Ringkasan

Tanah yang tercemar oleh sampah akan memberikan dampak pencemaran udara, karena menimbulkan bau yang tidak sedap. Tanah yang tercemar oleh sampah anorganik menyebabkan kehidupan flora dan fauna menjadi terdesak karena kekurangan oksigen. Dampak lain yang timbul adalah dapat menyebabkan terputusnya rantai makanan, sehingga dampaknya dirasakan oleh pertanian yang menyebabkan penurunan hasil panen.

Penggunaan pupuk, pestisida dan deterjen yang terus-menerus akan merusak struktur tanah dan akan mempengaruhi air tanah, flora, fauna tanah serta merubah sifat fisik dan kimia tanah.

Dampak yang dirasakan manusia akibat pencemaran tanah adalah terjadinya penyakit patogen akibat mikroba yang digolongkan kedalam berbagai jenis seperti virus, rickettsia, bakteri, protozoa, fungi dan metazoa. Air tanah yang tercemar dapat menyebabkan penyakit kulit. Pencemar yang bersumber dari tinja (feses) atau air seni (urine) akan menimbulkan kuman penyakit, seperti bakteri dan virus seperti *Escherichia coli*, *Salmonella thypi*. Tanah yang tercemar bahan kimia pestisida mengakibatkan beberapa penyakit yang menyerang organ tubuh manusia seperti ginjal, paru paru, hati, jantung, dan kanker. Pencemaran tanah yang diakibatkan oleh timbal (Pb), Klorin (Cl) akan mengakibatkan kerusakan ginjal dan kerusakan otak pada makhluk hidup, sedangkan yang mengandung kromium dapat mengakibatkan karsinogenik.

Tes 3

Kerjakan soal dibawah ini, dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat.

- 1) Pencemaran tanah juga dapat disebabkan oleh air tanah yang tercemari oleh zat di bawah ini, kecuali...
 - A. Logam berat
 - B. Sisa-sisa pestisida
 - C. Limbah detergen
 - D. Bahan organik

- 2) Tanah yang mengandung timbal (Pb), akibat gas kendaraan yang jatuh pada tanah dapat memberikan dampak terhadap makhluk hidup yaitu.....
 - A. Kerusakan ginjal
 - B. Kerusakan paru - paru
 - C. Kerusakan hati
 - D. Kerusakan mata

- 3) Penggunaan pupuk yang terus menerus dapat memberikan dampak.....
 - A. Merusak stuktur tanah
 - B. Merusak unsur mikro
 - C. Merusak jaringan tanah
 - D. Mengaktifkan mikroorganisme

- 4) Penyebab tanah yang mengandung sampah anorganik tidak subur adalah.....
 - A. Sampah organik mengandung zat yang tidak dapat didegradasi
 - B. Sampah anorganik mengandung humus

- C. Sampah anorganik tidak mampu diuraikan oleh mikroorganismen tanah yang alami
D. Sampah organik mampu diuraikan oleh mikroorganismen secara alami
- 5) Sumber pencemaran tanah diakibatkan oleh aktivitas dibawah ini adalah, kecuali.....
A. Pembuangan sampah
B. Aktivitas pertanian
C. Kotoran manusia
D. Pembakaran hutan
- 6) Salah satu akibat penggunaan pupuk terus menerus dalam pertanian akan merusak struktur pada tanah, karena.....
A. Hilangnya unsur hara di dalam tanah
B. Hilangnya pupuk di dalam tanah
C. Hilangnya mikroba di dalam tanah
D. Unsur hara berkurang sehingga menurunkan mikroorganismen di dalam tanah
- 7) Pencemaran tanah banyak di akibatkan oleh sampah anorganik, salah satu penyebab pencemaran tanah tersebut adalah...
A. Daun, plastik dan besi
B. Kaca, plastik dan besi
C. Daun, kaca dan sisa makanan
D. Kaca, kertas dan besi
- 8) Pada tanah yang tercemar tinja mengandung bakteri-bakteri , kecuali.....
A. *Salmonella thypi*
B. *Bacillus antraks*
C. *Clostridium butulinum*
D. *Streptococcus pneumoniae*

Topik 4

Titik Pengambilan Sampel Parameter Tanah

Sebelum melakukan pengiriman dan analisis sampel, kita harus mengetahui titik pengambilan sampel tanah. Titik pengambilan sampel tanah ini merupakan hal sangat penting bagi tenaga kesehatan lingkungan, karena sesuai capaian pembelajaran bahwa tenaga sanitarian harus memiliki kompetensi dalam menentukan titik pengambilan sampel tanah.

Materi pengambilan sampel tanah ini menekankan pada titik pengambilan untuk analisis kandungan unsur hara, tanah yang terkontaminasi, tanah/endapan dalam drum dan pengambilan sampel pada kolam lumpur. Hasil pemeriksaan tidak berarti apabila sampel yang diambil tidak mewakili areal dan tidak dilakukan dengan cara yang benar. Oleh karena itu penentuan titik pengambilan sampel tanah merupakan tahapan terpenting di dalam program uji tanah.

A. BEBERAPA FAKTOR YANG HARUS DIPERHATIKAN UNTUK MENENTUKAN PENGAMBILAN CONTOH UJI BERDASARKAN KEDALAMAN TANAH YANG AKAN DISAMPLING YAITU :

- 1. Pada dasarnya prosedur sampling tanah terdiri dari proses sebagai berikut :**
 - a. Lokasi sampling
 - b. Sampel yang representatif
 - c. Data lengkap sampling
 - d. Informasi mengenai parameter dan jumlah contoh yang diambil
 - e. Penanganan dan pengawetan sampel
 - f. Prosedur produksi (kontinu / tidak)
 - g. Lokasi penyimpanan (karung, timbun)
 - h. Transportasi sampel

- 2. Pemilihan contoh uji**
 - a. Penentuan lokasi
 - b. Cara pengambilan contoh uji
 - c. Menggunakan blanko
 - d. Pemilihan metoda sampling
 - e. Radius distribusi bahan pencemar
 - f. Waktu dan biaya

- 3. Jarak contoh uji ditentukan oleh :**
 - a. Prakiraan awal
 - b. Orientasi pencemaran

4. Menentukan metode pengambilan contoh uji

Sampel yang diambil harus representatif

a. Sesaat (Grab sampel)

Sampel yang diambil secara langsung dari badan tanah yang sedang dipantau. Sampel ini hanya menggambarkan karakteristik tanah pada saat pengambilan sampel.

b. Gabungan beberapa tempat (Composite sampel)

Campuran beberapa contoh yang diambil pada waktu yang sama, pada tempat yang berbeda (horizontal atau vertikal). Pengambilan sampel komposit dapat dilakukan secara manual ataupun secara otomatis dengan menggunakan peralatan yang dapat mengambil air pada waktu tertentu. Pengambilan sampel secara otomatis hanya dilakukan jika ingin mengetahui gambaran tentang karakteristik kualitas tanah secara terus-menerus.

c. Gabungan Waktu

Campuran beberapa contoh yang diambil pada titik yang sama, pada waktu yang berbeda.

d. Terpadu (Integrated sample)

Campuran beberapa contoh dari gabungan waktu dan gabungan tempat yang diambil secara terpisah dari beberapa tempat, dengan volume yang sama.

B. PENENTUAN LOKASI DAN TITIK PENGAMBILAN SAMPEL TANAH TERKONTAMINASI

1. Penentuan lokasi pengambilan sampel

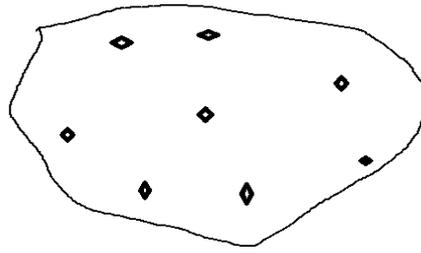
Sebelum melakukan pengambilan sampel tentukan terlebih dahulu lokasi pengambilan sampel tanah tergantung dari luas dan kondisi tanah. Pengambilan sampel dilakukan pada tanah yang tercemar dan tidak tercemar sebagai kontrol untuk mendapatkan perbandingan kualitas. Pengamatan visual menunjukkan adanya perubahan warna, bau atau adanya tumpahan zat kimia. Untuk mengetahui jenis bahan pencemarnya dilakukan analisis kualitatif.

2. Penentuan titik pengambilan sampel

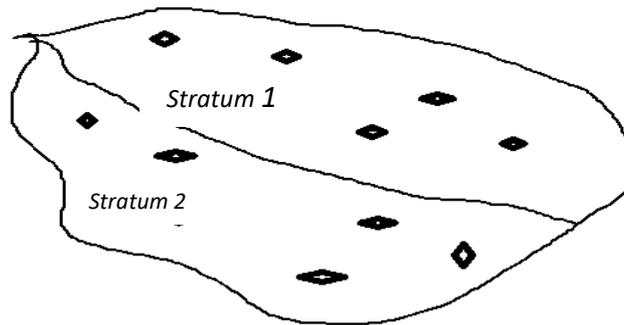
Titik pengambilan sampel dapat dilakukan secara acak sederhana, acak stratifikasi dan sistematis. Berikut penjelasannya

a. *Cara acak sederhana*

Cara ini dilakukan jika lokasi tanah cenderung homogen dan komposisi kimiawinya tanahnya rendah. Contoh : daerah persawahan, perkebunan dan lain-lain.



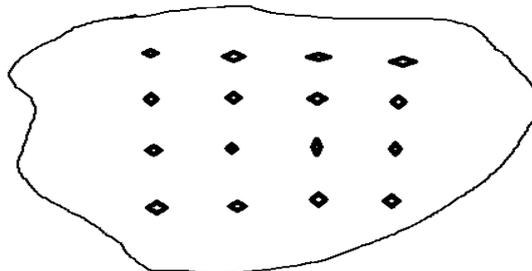
b. Cara acak stratifikasi



Cara ini dilakukan untuk mengetahui kualitas tanah tiap stratum dan dengan cara ini dapat meningkatkan kepresisian pengambilan sampel sehingga dapat menggambarkan kualitas tanah yang lebih representatif. Cara ini dilakukan pada daerah yang mempunyai perbedaan topografi, jenis vegetasi, tipe tanah ataupun perkiraan paparan kontaminan.

Untuk melakukan cara ini didahulukan dengan melakukan kegiatan pengambilan sampel pendahuluan. Pembagian strata berdasarkan perbedaan tanah secara fisik atau kontaminan. Kegiatan ini dapat membantu untuk mengetahui kondisi tanah yang terkontaminasi.

c. Cara sistematis



Pengambilan sampel tanah dengan cara sistematis diawali dengan penentuan satu titik sebagai titik acuan yang dilakukan secara acak. Titik pengambilan sampel selanjutnya diambil berdasarkan jarak interval pada titik acuan.

Jika luas lahan kurang dari 1 hektar maka diambil minimal 5 titik sampel secara random. Berikut penentuan titik pengambilan contoh uji ini.

- 1) Tentukan pusat lokasi tanah yang terkena polutan, arah akuifer dan kontur lahan
- 2) Lahan dibagi 2 sebagai garis pembagi lalu tarik garis tengah lagi dari garis pembagi tersebut sehingga menjadi 4 kuadran
- 3) Lalu pilih lokasi pengambilan sampel pada setiap kuadran dengan berbagai kedalaman yaitu 0-0,1 m; 0,5 - 0,6 m serta 0,9 - 1,0 m

C. PENENTUAN LOKASI DAN TITIK PENGAMBILAN SAMPEL LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (B3)

Penyimpanan limbah B3 dalam drum dapat dilakukan jika limbah tersebut dapat diolah dalam waktu tertentu. Kegiatan penyimpanan limbah B3 dimaksudkan untuk mencegah terlepasnya limbah B3 sehingga potensi bahaya terhadap manusia dan lingkungan dapat dihindari. Untuk mengetahui konsentrasi limbah B3 yang sejenis di sejumlah drum dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$X =$

Dimana :

x = jumlah drum yang mewakili untuk diambil sampel limbah B3 nya

n = total jumlah drum limbah B3 yang sejenis.

Berikut jumlah drum limbah B3 yang sejenis yang mewakili untuk diambil sampelnya

Tabel 4.2

Jumlah Drum Limbah B3 yang Mewakili Untuk Diambil Sebagai Sampel

Total drum limbah B3	Jumlah drum limbah B3 yang diambil sampelnya
2 – 8	2
9 – 27	3
28 – 64	4
65 – 125	5
126 – 216	6
217 – 343	7
344 – 512	8
513 – 729	9
730 - 1000	10

Sumber: (Anwar, 2002)

Menentukan jumlah drum limbah B3 yang mewakili untuk diambil sampelnya dilakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Hitung jumlah total drum yang berisi limbah B3 yang sejenis
2. Lakukan identifikasi nomor berurutan mulai dari 1 hingga jumlah total drum limbah B3 yang sejenis.
3. Menentukan jumlah drum yang mewakili sampel dapat menggunakan rumus dan tabel diatas
4. Ambil secara acak drum limbah B3 yang mewakili dengan metode random number generator
5. Lalu ambillah sampel dengan acak

Jika diperlukan pengambilan sampel limbah B3 berdasarkan kedalaman. Drum dibagi beberapa lapisan sesuai tujuan. Setelah mengambil sampel disetiap lapisan maka sampel tersebut dicampur agar homogen dan siap dianalisis di laboratorium

1. Wadah/karung/drum
 - a. Untuk limbah homogen sampel yang diambil

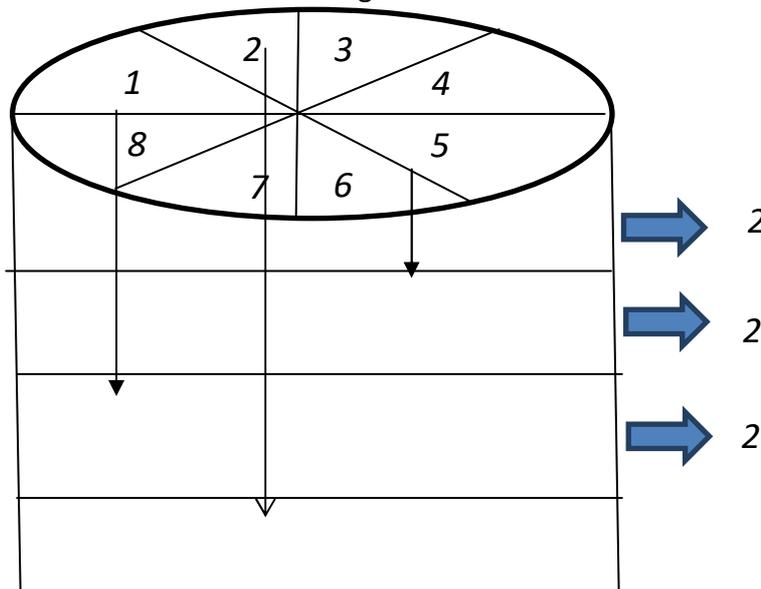
$$\sqrt[3]{n}$$

Dimana n : jumlah karung / drum

Misal: Jumlah karung 27 buah, maka ada 3 karung yang diambil secara acak/random



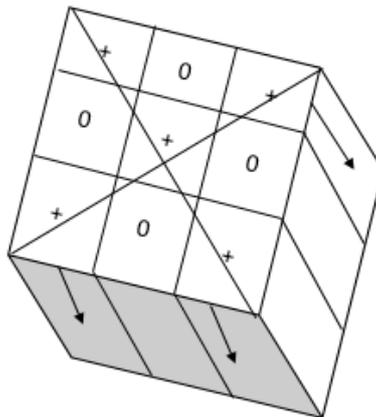
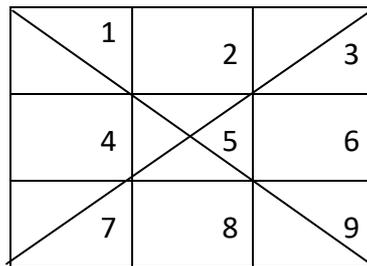
- b. Untuk limbah non homogen



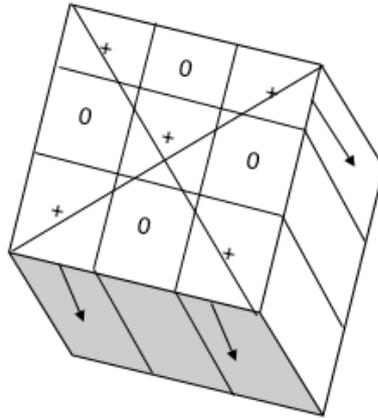
- Untuk mengantisipasi :
1. Adanya endapan
 2. Fase cairan yang kental
 3. Keragaman jenis limbah yang dibuang

Maka dalam pengambilan sampel minimal kedalamannya 25 cm

3. Kolam air limbah (lagoons) dan uji Landfill
 - Kolam semi padat = drum
 - Landfill/padat



4. Tangki = drum
Untuk tangki yang ada lubang atau kran inspeksi maka pengambilan secara random berdasarkan waktu –waktu tertentu.
5. Timbunan limbah
 - a. Untuk sampel homogen
Sampel diambil pada bagian yang mudah diambil
 - b. Untuk sampel non homogen
Pengambilan sampel secara acak



6. Pengambilan awal pada kedalaman 0-10 cm untuk tanah yang telah tercemar dapat diambil pada kedalaman 0-1 cm, 10-30 cm, 30-50 cm
7. Jumlah Contoh Uji Pengambilan awal sampai 5 contoh uji dan selanjutnya bisa mencapai 50 contoh uji

Respirasi mikroorganisme tanah mencerminkan tingkat aktivitas mikroorganisme tanah. Pengukuran respirasi (mikroorganisme) tanah merupakan cara yang pertama kali digunakan untuk menentukan tingkat aktifitas mikroorganisme tanah. Pengukuran respirasi telah mempunyai korelasi yang baik dengan parameter lain yang berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme tanah seperti bahan organik tanah, transformasi N, pH dan rata-rata jumlah mikroorganisme. Penetapan respirasi tanah didasarkan pada penetapan jumlah CO_2 yang dihasilkan, jumlah O_2 yang digunakan oleh mikroba tanah.

Sampel tanah dapat diambil setiap saat, tidak perlu menunggu saat sebelum tanam namun tidak boleh dilakukan beberapa hari setelah pemupukan. Keadaan tanah saat pengambilan sampel tanah pada lahan kering sebaiknya pada kondisi kapasitas lapang (kelembaban tanah sedang yaitu keadaan tanah kira-kira cukup untuk pengolahan tanah). Sedang pengambilan pada lahan sawah sebaiknya diambil pada kondisi basah.

D. PENENTUAN LOKASI DAN TITIK PENGAMBILAN PEMUPUKAN/KESUBURAN TANAH

Syarat pengambilan contoh tanah yang baik sebagai berikut:

1. Memperhatikan perbedaan sifat topografi, atau karakteristik tanah, warna dan perbedaan lain yang menimbulkan kelalaian.
2. Merupakan contoh tanah individual dalam hal ini:
 - a. Jika tanah homogen ambil 20-50 tanah
 - b. Selanjutnya dikumpulkan dan dicampur

- c. Jika tanah homogen luas, ambil 2-5 ha yang terdiri dari suatu contoh tanah individual
3. Tanah khusus seperti tanah sekitar perumahan, jalan, tanggul, pesawahan, selokan, tanah bekas daerah pembakaran

Dengan memperhatikan 3 faktor diatas diharapkan analisa yang diperoleh dapat menjadi tindakan untuk mengatasi gejala defisiensi.

Cara pengambilan contoh tanah:

1. Perhatikan kebersihan permukaan tanah, harus bersih dari tanaman dan kotoran lainnya.
2. Tanah individual diambil menggunakan bor tanah sedalam 10-20cm.
3. Selanjutnya tanah individual dicampur hingga merata dan bawa ke tempat yang teduh.
4. Berat tanah kering yang diperlukan 500-1000 gr,
5. Petunjuk diatas dapat ditulis secara jelas pada label yang ditaruh didalam dan diluar, jika yang diluar rusak masih ada label yang didalam.

Pengambilan sampel tanah berdasarkan kedalaman perlu dilakukan karena alasan tertentu. Tingkat kedalaman tergantung pada tujuan yang akan dicapai. Berikut macam-macam kedalamannya :

1. Pada kedalaman 0-30 cm diperlukan untuk mengetahui kualitas humus atau daerah aktivitas akar tanaman
2. Pada kedalaman > 5 cm digunakan untuk mengetahui deposisi asam akibat pengaruh dari hujan asam
3. Pada kedalaman 30-100 cm diperlukan untuk mengetahui pergerakan zat-zat kimia dalam tanah akibat tumpahan zat kimia.

Untuk meminimalkan biaya yang akan kita keluarkan, maka pengambilan sampel dilakukan dengan cara komposit kedalaman yaitu pengambilan sampel berdasarkan pada kedalaman tertentu, dengan menggunakan peralatan pengambilan sampel core drill atau menggunakan alat auger. . Sebelum dianalisis di laboratorium, tanah yang telah diambil dicampur dulu agar homogen.

Hal - hal yang perlu diperhatikan :

- a. Jangan mengambil sampel tanah dari galengan, selokan, bibir teras, tanah tererosi sekitar rumah dan jalan, bekas pembakaran sampah/ sisa tanaman/ jerami, bekas penimbunan pupuk, kapur dan bahan organik, dan bekas penggembalaan ternak.
- b. Permukaan tanah yang akan diambil sampelnya harus bersih dari rumput- rumputan, sisa tanaman, bahan organik / serasah, dan batu-batuan atau kerikil.

- c. Alat-alat yang digunakan bersih dari kotoran dan tidak berkarat. Kantong plastik yang digunakan sebaiknya masih baru, belum pernah dipakai untuk keperluan lain.
- d. Berat contoh uji diambil sekitar 1000 gr setiap titik sampling.
- e. Sampling tidak boleh dilaksanakan setelah hujan lebat karena tanah akan tergenang oleh air.

Persiapan wadah/tempat

1. Parameter logam (plastik dari bahan polietilen)
 - a. Cuci dengan detergen bebas phospat
 - b. Bilas dengan air bersih
 - c. Rendam dengan HNO₃ 5% semalam
 - d. Bilas dengan aquades lalu keringkan
2. Parameter Organik (botol gelas gelap)
 - a. Cuci dengan detergen bebas fosfat
 - b. Bilas dengan air bersih
 - c. Setelah kering bilas dengan aseton
 - d. Bilas lagi dngan heksan

Persiapan alat

1. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh uji (untuk pemeriksaan logam tidak terbuat dari peralatan logam)
2. Mudah dicuci
3. Mudah dipindahkan ke wadah contoh

Contoh Alat yang digunakan

1. Thief
terdiri dari 2 bagian pipa yang terbat dari bahan baja anti karat/ paralon bagian ujungnya berbentuk segitiga tajam dapat menembus limbah padat
2. Auger
Besi yang bagian bawahnya dilengkapi pisau spiral yang bagian ujungnya diruncingkan
3. Sekop
Metal atau plastik keras, biasa untuk limbah B3, dalam bentuk serbuk atau granular yang disimpan dalam wadah besar, bak belt conveyor
4. Cetok, linggis
Bentuknya besi yang digunakan untuk menggali tanah.

Jenis metoda sampling tanah yang utama berdasarkan penggalian tanah :

1. Sampling lapisan tanah permukaan secara grab.
Peralatan yang digunakan seperti sekop, plastik dan kayu. Peralatan seperti bor tangan, pipa dan sekop, tidak tepat untuk sampel padat kasar atau sampel tanah kering dan membutuhkan waktu yang lama.
2. Pemboran kedalaman sub surface (1 meter??).
Biasanya menggunakan traktor atau alat berat yang lain
3. Peralatan yang digunakan untuk mengambil jenis B3 tertentu, dapat dilihat pada tabel 4.3:

*Tabel 4.3
Alat untuk Pengambil Sampel Limbah B3*

Jenis limbah B3	Peralatan pengambil sampel
Slurry	Coliwasa
Sludge	Trier
Padatan granul berair	Trier
Padatan granul kering	Thief
Pasir / granul / serbuk padat	Auger
Padatan butiran besar	Larger trier

Pengukuran Parameter Lapangan

Parameter lapangan yang harus dilakukan segera di lapangan, karena setiap saat parameter lapangan ini akan berubah setiap saat yaitu: H

1. Kelembaban
2. Suhu
3. Daya Hantar Listrik

Identifikasi/pemberian label pada contoh uji

Label adalah keterangan yang terdapat di bagian luar kemasan sebuah sampel. Di label sampel biasanya terdapat kalimat yang menunjukkan nomor sampel, kode sampel, metode sampling, waktu (tanggal dan pukul), cuaca, dan lokasi pengambilan sampel, parameter, petugas pengambil sampel. Ketika pengambilan sampel selesai dilakukan, setiap wadah harus diberi label untuk identifikasi. Label identifikasi digunakan untuk ketelusuran rekaman sehingga dapat terhindar dari kekeliruan. Rekaman pengamanan sampel di lapangan (field sampel custody) harus ditulis dengan menggunakan tinta kedap-air (waterproof ink), begitu juga kertas label harus menggunakan kertas kedap-air (waterproof paper). Bila terjadi kesalahan pencatatan saat melakukan perekaman, setiap kesalahan tersebut dicoret sekali, tidak diperkenankan dihapus atau dibuat tidak kelihatan/dihilangkan, sedangkan nilai yang benar atau koreksiannya disisipkan serta mencantumkan tanggal serta paraf personel yang melakukan koreksi. Contoh identifikasi sampel tanah diperlihatkan pada gambar di bawah ini.

IDENTIFIKASI SAMPEL

- | | | | |
|----|----------------------------------|---|-------|
| 1. | Nomor sampel | : | |
| 2. | Kode sampel | : | |
| 3. | Metode Sampling | : | |
| 4. | Tanggal pengambilan sampel | : | Jam : |
| 5. | Cuaca | : | |
| 6. | Lokasi Pengambilan | : | |
| 7. | Parameter yang dianalisis | : | |
| 8. | Paraf petugas pengambilan sampel | : | |

Pengawetan dan Pengiriman Sampel Tanah ke Laboratorium

Sebelum dilakukan pengiriman ke laboratorium tanah harus dilakukan pengawetan. Sampel tanah diawetkan dengan cara didinginkan, yaitu memasukkan dalam coolbox. Hindari sampel tanah terkena sinar matahari secara langsung.

Pada saat melakukan pengiriman sampel tanah ke laboratorium, pengemasan sampel harus dipertimbangkan. Pengemasan sampel dapat mengurangi kontaminasi, degradasi, dan deteriorasi. Wadah sampel harus didesain sedemikian rupa agar mudah dikemas dan tidak mempengaruhi sampel.

Transportasi dari lokasi pengambilan sampel ke laboratorium, merupakan hal yang harus dipertimbangkan, karena beberapa sampel lingkungan mempunyai batas waktu simpan yang kurang dari sehari. Batasan waktu simpan ini disebabkan karakteristik sampel lingkungan yang dapat berubah antara waktu pengambilan sampel sampai diterima di laboratorium. Perubahan karakteristik tersebut diakibatkan oleh beberapa hal berikut:

1. Lamanya waktu transportasi
2. Penyimpanan dalam wadah yang kurang tepat
3. Pada suhu yang terlalu tinggi, atau terlalu rendah
4. Pada pH tinggi atau rendah
5. Tanpa pengawetan yang memadai

Pertimbangan utama melakukan analisis sampel lingkungan sesegera mungkin di laboratorium lebih disebabkan adanya batasan waktu simpan dan masing-masing parameter yang harus dianalisis ketimbang masalah wadah sampel atau pengawetannya. Beberapa usaha yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan masalah ini adalah :

1. Sampel yang telah diambil sesegera mungkin didinginkan ($3^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}$), namun tidak sampai dibekukan, kemudian segera kirim ke laboratorium dalam waktu kurang 24 jam.
2. Usahakan mendapatkan laboratorium yang kompeten yang berada di dekat lokasi pengambilan sampel sehingga dapat dilakukan analisa sesegera mungkin.

3. Bila memungkinkan, gunakan kurir atau jasa pelayanan pengiriman agar sampel dapat diterima di laboratorium sebelum batas maksimum waktu simpan.
4. Pengiriman sampel tanah melalui darat dengan kendaraan atau kereta api harus memenuhi peraturan setempat yang ditentukan, sedangkan sampel lingkungan yang diangkut melalui udara harus memenuhi peraturan penerbangan internasional.

Selama perjalanan dari lapangan ke laboratorium, sampel tanah harus dijaga sedemikian rupa agar keutuhan sampel tetap terpelihara. Tindakan pencegahan dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya kehilangan, kerusakan, yang disebabkan oleh degradasi, kontaminasi, dan deteriorasi. Apabila diperlukan, tindakan perbaikan dapat dilakukan selama transportasi sampel sesuai dengan tingkat ketidaksesuaian yang terjadi.

Kemudian dalam pengiriman sampel, harus disertakan formulir pengambilan sampel. Dimana formulir ini digunakan untuk ketertelusuran sampel dari pengambilan sampel hingga analisis di laboratorium. Informasi yang direkam dalam formulir tersebut dapat digunakan sebagai dasar tindakan pencegahan, atau tindakan perbaikan jika diperlukan.

Latihan

- 1) Terdapat 27 drum yang berisi endapan hasil pengolahan limbah, dalam waktu dekat endapan tersebut akan dibuang. Sebagai tenaga sanitarian anda harus mengetahui apakah endapan hasil pengolahan tersebut masih terdapat logam yang beracun.
- 2) Bagaiman cara menentukan titik pengambilan sampelnya?
- 3) Jelaskan pengambilan sampel tanah berdasarkan kedalaman, apabila mengetahui deposisi asam akibat pengaruh dari hujan ?
- 4) Jelaskan titik pengambilan sampel secara sistematis ?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang

- 1) Penentuan titik sampel limbah bahan berbahaya dan beracun (B3)
- 2) Pengambilan sampel tanah berdasarkan kedalaman
- 3) Penentuan titik pengambilan sampel

Ringkasan

Faktor dalam menentukan pengambilan contoh uji berdasarkan kedalaman tanah yang akan disampling yaitu :

- 1) Menentukan prosedur sampling tanah
- 2) Pemilihan contoh uji
- 3) Menentukan jarak contoh uji

Metode pengambilan contoh uji yaitu sesaat (grab sampel), Gabungan, Gabungan waktu terpadu (intergrated sampel). Penentuan Lokasi Dan Titik Pengambilan Sampel Tanah Terkontaminasi tergantung dari luas dan kondisi tanah. Titik pengambilan sampel dapat dilakukan secara acak sederhana, acak stratifikasi dan sistematis, cara acak sederhana, cara acak stratifikasi, cara sistematis. Titik pengambilan sampel selanjutnya diambil berdasarkan jarak interval pada titik acuan. Apabila luas lahan kurang dari 1 hektar maka diambil minimal 4 titik sampel secara random. Dengan menentukan pusat lokasi yang terkena polutan, lahan dibagi 2 sehingga menjadi 4 kuadran, memilih lokasi pengambilan sampel di setiap kuadran dengan kedalaman 0-0,1 m; 0,5 - 0,6 m serta 0,9 - 1,0 m .

Kegiatan penyimpanan limbah B3 untuk mencegah terlepasnya limbah B3 sehingga potensi bahaya terhadap manusia dan lingkungan dapat dihindari. Konsentrasi limbah B3 yang sejenis di sejumlah drum dapat menggunakan rumus sebagai berikut $X = \sqrt{\frac{E}{n}}$

Syarat pengambilan contoh tanah yang baik yaitu memperhatikan perbedaan sifat topografi, atau watak tanah, warna dan perbedaan lain yang menimbulkan kelalaian; merupakan contoh tanah individual. Cara Pengambilan Contoh Tanah meliputi kebersihan permukaan tanah, Tanah individual diambil menggunakan bor tanah sedalam 10-20 cm, tanah individual dicampur hingga merata, berat sampel yang diperlukan 500-1000 gr, diberi etiket.

Kedalaman 0-30 cm untuk mengetahui kualitas humus, kedalaman >5 cm untuk mengetahui deposisi asam, kedalaman 30-100 cm diperlukan untuk mengetahui pergerakan zat-zat kimia dalam tanah akibat tumpahan zat kimia. Meminimalkan biaya cara komposit kedalaman dengan menggunakan peralatan core drill atau dapat menggunakan auger. Identifikasi/pemberiaan sampel harus di beri label.

Selama perjalanan dari lapangan ke laboratorium, sampel tanah harus dijaga sedemikian rupa agar keutuhan sampel tetap terpelihara. Apabila diperlukan, tindakan perbaikan dapat dilakukan selama transportasi sampel sesuai dengan tingkat ketidaksesuaian yang terjadi. Pertimbangan utama melakukan analisis sampel lingkungan sesegera mungkin di laboratorium disebabkan adanya batasan waktu simpan dan masing parameter yang harus dianalisis. Dalam pengiriman sampel harus disertakan formulir pengambilan sampel untuk dasar tindakan pencegahan, atau tindakan perbaikan jika diperlukan.

Tes 4

Kerjakan soal dibawah ini, dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat.

- 1) Pengambilan sampel tanah??? yang diawali dengan penentuan titik acuan yang dilakukan secara acak dan untuk titik-titik selanjutnya berdasarkan jarak dengan titik acuan merupakan pengambilan sampel secara
 - A. Acak campur
 - B. Acak sederhana

- C. Acak stratifikasi
D. Sistematis
- 2) Untuk mengetahui deposisi asam pada tanah. Dipilih kedalaman pengambilan sampel sedalam.....
- A. 0 -10 cm
 - B. 10 -20 cm
 - C. 0 - 30 cm
 - D. 5 cm
- 3) Cara acak sederhana cocok digunakan untuk daerah.....
- A. Persawahan
 - B. Perkotaan
 - C. Didekat mall
 - D. Didekat tumbuhan
- 4) Tujuan dari penyimpanan limbah B3 adalah
- A. Untuk dilakukan pengambilan sampel agar mencegah terlepasnya limbah B3 di lingkungan
 - B. Untuk dibuang ke perairan pada waktu tertentu
 - C. Untuk disiramkan ke tanaman
 - D. Untuk dilakukan metode acak sederhana
- 5) Dalam penelitian untuk mengetahui konsentrasi limbah B3 dilakukan pengambilan sampel dengan cara.....
- A. Stratifikasi
 - B. Sistematis
 - C. Acak sederhana
 - D. Randon number generator
- 6) Untuk pengambilan jenis limbah B3 slurry digunakan alat
- A. Coliwasa
 - B. Trier
 - C. Thief
 - D. Auger
- 7) Faktor-faktor yang dibutuhkan untuk menentukan pengambilan sampel adalah.....
- A. Tingkat pencemaran dan tujuan analisa tanah
 - B. Warna tanah
 - C. Komposisi tanah
 - D. Sifat kimia, fisika dan biologi tanah

- 8) Pengambilan contoh uji limbah B3 dibagi menjadi empat kecuali.....
- A. Harus representatif
 - B. Proses produksi
 - C. Informasi mengenai kandungan
 - D. Pengambilan dilakukan secara acak
- 9) Contoh alat yang digunakan pengambilan contoh uji limbah B3 yaitu.....
- A. Thief
 - B. Auger
 - C. Sekop
 - D. a,b,dan c benar
- 10) Pada dasarnya prosedur sampling tanah terdiri dari,kecuali.....
- A. Lokasi Sampling
 - B. Sampel yang representative
 - C. Data kurang sampling
 - D. Transportasi sampel

Panduan Praktikum Kimia Tanah Pengambilan, Pengiriman, Pemeriksaan Sampel dan Interpretasi Hasil

Setelah mendapatkan teori tentang parameter kesuburan tanah dan karakteristik tanah terkontaminasi, maka pada topik ini membahas tentang pelaksanaan praktek. Lulusan Diploma III harus menguasai teknik pengambilan sampel tanah secara kimia. Teori tentang titik pengambilan sampel sudah dijelaskan di Bab 3, sekarang tinggal pelaksanaan, pengawetan, labeling dan pengiriman ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan. Di dalam capaian pembelajarannya tenaga sanitarian diharapkan setelah mempelajari topik ini sebagai seorang asisten ahli penelitian, dapat melakukan interpretasi hasil dengan mengacu pada undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

A. SAMPEL TANAH SEBELUM DILAKUKAN PEMERIKSAAN, HARUS DIHOMOGENKAN TERLEBIH DAHULU :

1. Apabila tanah itu dalam kondisi basah harus dikeringkan pada suhu kamar (tidak diperbolehkan melakukan pengeringan dibawah sinar matahari, di atas kompor maupun di oven), jika tanah dalam kondisi kering bisa langsung ke perlakuan berikutnya.
2. Tanah yang sudah kering ditumbuk dengan menggunakan lumpang dan alu (mortar and pestle) tujuannya untuk menghomogenkan tanah.
3. Tanah yang sudah halus di ayak dengan menggunakan ayakan mesh dengan ukuran 80 mesh.
4. Hasil yang diperoleh siap untuk dilakukan pemeriksaan.

1. pH TANAH

pH adalah tingkat keasaman tanah yang dicerminkan oleh konsentrasi ion H⁺ dalam tanah. Metode yang digunakan untuk mengukur konsentrasi ion H⁺ dalam suspensi air-sampel tanah. Konsentrasi ion H⁺ biasanya diukur dengan unit pH, yang menyatakan konsentrasi ion logam negative. pH tanah dipengaruhi oleh bahan penyusun tanah dan bahan kimia yang terkandung dalam tanah. Sehingga untuk pengukuran pH, perlu diketahui bahan kimia lain yang menyusun tanah seperti partikel logam. Nilai pH menjadi bermasalah jika pH < 4,5 atau > 8,5 untuk tanah di lahan kering dan pH < 4,0 atau > 7,0 untuk tanah di lahan basah.

a. Metode :

pH tanah diukur secara elektrometrikal pada sistem suspensi air-tanah dengan perbandingan 1 : 2,5

b. Peralatan :

- 1) Neraca, ketepatan sampai 0,01 gr
- 2) Beaker glass 250 ml
- 3) Stirrer berpengaduk magnet (untuk sampel dalam jmlah besar, digunakan Erlenmeyer berpengaduk, atau bila ingin lebih efektif lagi, dapat digunakan (shaker platform).
- 4) pH meter digital, sensifitasnya sampai 0,01 unit pH
- 5) elektrode
- 6) gelas ukur 100 ml

c. Reagen :

- 1) Aquadest yang berkualitas p.a
- 2) 3 larutan buffer (pH4,00; pH 7,00; pH 10,00) untuk kalibrasi pH meter.

Prosedur :

- 1) Lakukan kalibrasi pH meter, gunakan buffer pH 7, periksa ulang dengan buffer pH lain. Semua peralatan yang digunakan dalam suhu ruangan (25⁰C).
- 2) Timbang 20 gr sampel tanah kering ke dalam beaker glass.
- 3) Masukkan sampel tanah ke dalam beaker glass, tambahkan aquadest 50 ml
- 4) Tempatkan beaker yang berisi aquadest dan sampel, masukkan stirrer dan hidupkan stirrer selama 1 jam (lakukan dengan hati-hati, jagalah agar panas yang timbul dari motor stirrer tidak mempengaruhi suhu suspense).
- 5) Matikan stirrer dan biarkan larutan larutan selama satu menit, kemudian celupkan elektrode dari pH meter, baca pH setelah stabil selama beberpa menit.
- 6) Catat nilai pH, lalu angkat electrode dari larutan dan masukkan electrode tersebut kedalam aquades.
- 7) Kalibrasi kembali pH meter dengan buffer 7 setiap digunakan untuk pemeriksaan sampel.

2. DHL (DAYA HANTAR LISTRIK) TANAH

Metode ini digunakan untuk mengukur daya hantar listrik pada suspense air tanah. Metode ini digunakan untuk mengetahui adanya garam terlarut dalam tanah. Garam yang terlarut dalam sampel tanah berpengaruh pada pertumbuhan tanaman, bahkan berpotensi menyebabkan korosi. Daya Hantar Listrik dalam tanah sering digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah seperti daya dispersi tanah dan daya eroditas. Semakin besar besar kadar ionik larutan akan semakin besar DHLnya. Nilai DHL > 4 ms mengakibatkan akar membusuk karena terjadi plasmolisis.

a. Metode :

Daya Hantar Listrik diukur dengan menggunakan konduktivty meter dalam satuan desi siement (m⁻¹) pada 25⁰C.

b. *Peralatan :*

- 1) Neraca, sensitivitas hingga 0,1 mg
- 2) Beaker glass 250 ml
- 3) Gelas ukur 100 ml
- 4) Conductivity meter, terbaca dalam satuan ds/m
- 5) Sel konduktivitas dengan pengontrol suhu otomatis
- 6) Stop watch
- 7) Stirrer

c. *Reagen :*

- 1) Aquades yang mempunyai DHL <0,001 ds/m (1 μ s/cm)
- 2) Larutan standar NaCl 0,01 N dan 0,1 N. Larutan NaCl ini pada 25⁰C mempunyai DHL 1,412 ds/m dan 12.900 ds/m

d. *Prosedur :*

- 1) Kalibrasi konduktivitas meter dengan larutan standar NaCl. Celupkan sel konduktivitas meter ke dalam aquadest. Kemudian bilas lagi dengan aquadest setelah konduktivitas meter masuk dalam sampel
- 2) Timbang 20 gr sampel tanah kering ke dalam beaker glass
- 3) Ukur aquadest 100 ml, masukkan dalam beaker glass
- 4) Masukkan stirrer pengaduk magnetik dalam beaker glass dan hidupkan
- 5) Matikan stirrer, diamkan sampai beberapa menit.
- 6) Pisahkan supernatant celupkan sel konduktivitas meter dalam beaker glass dan baca secara stabil

e. *Perhitungan :*

Rumus yang digunakan menghitung kadar garam di suspensi air tanah adalah sebagai berikut :

- 1) Total salt (kation/anion) dalam Meq/l = E_c (ds/m x 10)
- 2) Total konsentrasi garam (mg/l) = E_c ($D_y \text{ s.m}^{-1} \times 640$)

E_c yaitu DHL dari campuran air – tanah, yang dikoreksi pada 25⁰C

Catatan :

Unit DHL Siemens (s), merupakan angka yang sebanding dengan unit DHL MHO. MHO berbanding terbalik dengan Ohm, maka alat pengukur DHL harus dikonversi menjadi unit resistifitas dengan perhitungan sederhana.

3. PENETAPAN NILAI KTK

Metode K-ASETAT DAN NH₄-ASETAT

Peralatan :

- 1) Corong buchner (D= 6 cm) dan labu erlenmeyer 250 ml
- 2) Pompa hampa
- 3) Labu ukur 100 ml
- 4) Tabung sentrifus 45 ml atau labu erlenmeyer 125 ml
- 5) Fotometer nyala (Flame photo – photometer)
- 6) Konduktometer
- 7) Penyumbat karet
- 8) Timbangan sartorius

Bahan :

- 1) Kalium Asetat ($\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{OO})_2$) 1N pH 7.0
- 2) Amonium Asetat ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$) 1N pH 7.0
- 3) Etanol 95%
- 4) Amonium hidroksida (NH_4OH) pa, Sp.gr. 0.90
- 5) Asam asetat glasial, CH_3COOH

Prosedur :

- 1) Timbang 5 atau 10 g tanah kering udara (2 mm), masukkan kedalam tabung sentrifus 45 ml (atau labu erlenmeyer 125 ml) dan tambahkan 30 ml kalium asetat larutan. Tutup rapat tabung dengan penyumbat karet dan kocok selama 1 jam pada pengocok mekanis.
- 2) Pindahkan suspensi dalam tabung sentrifus ke corong buchner yang telah dipasang kertas saring whatman no. 42. Cuci sisa suspensi pada tabung sentrifus dengan sedikit air suling. Bilas dengan 60 ml Kalium Asetat ($\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{OO})_2$), bertahap tiap 15 ml, tampung bilasan dengan erlenmeyer. Pindahkan labu dan buang bilasan tersebut.
- 3) Gabungkan labu bersih dengan corong. Cuci tanah dalam corong dengan etanol 90%. Tambahkan kira-kira 30 ml sekaligus. Uji konduktivitas listrik dari bilasan. Lanjutkan pencucian hingga konduktivitas listrik dari bilasan kurang dari 50 umho per cm. Ikuti dengan penurunan etanol sekitar 5 ml setiap pencucian.
- 4) Pindahkan labu dan gantikan dengan air bersih. Pindahkan kalium dapat dipertukarkan dari contoh tanah dengan pencucian ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$) 1 N (pH 7) 20 ml diulang 5 kali. Tabung bilasan dalam labu erlenmeyer 125 ml. Simpan larutan untuk penetapan kalium pada flame foto – meter.
- 5) KTK, meq/100 g tanah = meq per 100 g tanah.

4. NITROGEN KJEDAHL

- Tujuan : Mengukur kadar Nitrogen dalam sampel sampah
 Metoda Praktikum : Reduksi dengan Katalis
 Prinsip : Senyawa organik Nitrogen dalam larutan asam belerang (H₂SO₄) pekat dapat direduksi dengan katalisa. Nitrogen yang diukur dapat ditentukan dengan titrasi ammonia yang terjadi.

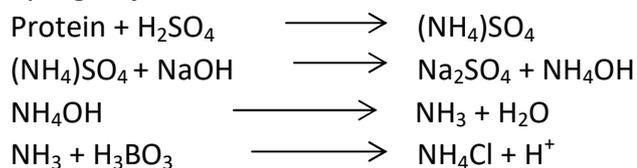
Alat dan Bahan :

- 1) Sampel sampah halus yang telah dikeringkan
- 2) Timbangan
- 3) H₂SO₄ pekat
- 4) Aquades
- 5) Labu Kjedaahl dan alat destilasi
- 6) CuO dan K₂SO₄
- 7) HCl 0.1 N
- 8) Labu Erlenmeyer
- 9) Alat Titrasi
- 10) Na OH – Na₂SO₄
- 11) Methyl Merah
- 12) Pemanas di ruang asam

Prosedur :

- 1) Timbang 0.1 gram sampel sampah pada labu Kjedaahl
- 2) Tambahkan CuO dan K₂SO₄, H₂SO₄ pekat ± (10-15) ml
- 3) Panaskan dalam ruang asam sampai larutan tersebut jernih.
- 4) Setelah dingin tambahkan 140 ml aquades dan 35-40 ml larutan NaOH serta 3 butir Zn.
- 5) Destilasi dengan destilatnya dalam gelas kimia yang telah diisi dengan larutan asam borat Na₂S₂O₃ 25 ml standar jenuh, methyl merah sampah hasil destilasi netral (sekitar 100ml) dan berwarna hijau.
- 6) Titrasi dengan HCl sampai berwarna ungu muda.

Reaksi yang terjadi



Perhitungan

$$\text{Nitrogen Total} = \frac{\text{ml HCl} \times \text{N HCl} \times \text{BE N}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

Cara Kerja Lain : Nitrogen Kjedahl

Distruksi :

- 1) Siapkan labu kjedahl volume 100 ml
- 2) Timbang sampah kering yang telah dihaluskan 500 mg
- 3) Tambahkan 1 ml CuSO₄, 5 H₂O 1 %
- 4) Tambahkan 5 ml H₂SO₄ pekat agar destruksi cepat diamkan semalam
- 5) Esoknya dipanaskan dalam kamar asam dengan ditutup dengan corong kecil pada labu kjedahlnya, lakukan mula-mula dengan api kecil
- 6) Pemanasan dilanjutkan sampai yang berbentuk seperti arang menjadi cair semua
- 7) Dinginkan
- 8) Tambahkan H₂O₂ 30% sedikit demi sedikit sampai carian menjadi jenuh (bias dipanaskan pelan-pelan asal pada waktu menambahkan H₂O₂ didinginkan dahulu), dinginkan destruksi selesai.

Hasil Distruksi :

- 1) Pindahkan kedalam labu ukur 100 ml + PP (2 tetes) 1%
- 2) Netralkan dengan penambahan NaOH/KOH 10% (sampai warna merah) netralkan dengan H₂SO₄
- 3) Encerkan sampai tanda dengan aquades.

Persiapan untuk pembacaan di Spektro Fotometer

- 1) Siapkan dua labu ukur yang mempunyai volume 25 ml
- 2) Beri tanda 1 dan 2
- 3) Tanda I diisikan : 1 ml hasil distruksi (II), dengan pipet gondok
1 ml reagen Nessler's

Encerkan dengan aqua sampai tanda

Tanda II diisikan : 1 ml baku kerja Ammonium yang mempunyai konsentrasi 1 ml = 0.1 mg N (dengan pipet gondok)

1 ml reagen Nessler's

Encerkan dengan aqua sampai tanda

- 4) Labu tanda I dan II dimasukkan dalam tempat gelap selama 5-10 menit
- 5) Kemudian dibaca pada spektrofotometer dengan gelombang 480 nm.

Perhitungan

$$\text{Kadar Nitrogen dalam sampah} = \frac{D_{\text{Bahan (Absorben)}}}{D_{\text{Baku (Absorben)}}} \times \frac{\text{Bobot Baku}}{\text{Bobot Bahan}} \times 100\%$$

Untuk Lebih cemat bekerja dalam mendapatkan ketelitian hasil, labu untuk baku dipakai lebih dari 2 buah.

5. Total Organik Carbon (TOC)

Metode : Titrimetri

Tujuan : untuk mengetahui kadar organik karbon dalam sampel tanah yang diperiksa

Prinsip : Bahan organik dalam tanah dioksidasi oleh kalium dikromat dalam suasana asam sulfat berlebih kemudian kelebihan dikromat dititrasi dengan larutan standar ferro sulfat.

Sampel: tanah (padatan yang telah dikeringkan dan dihaluskan)

Alat :

- a. Erlenmeyer
- b. Beaker Glass
- c. Kertas saring
- d. Buret
- e. Statif
- f. Kompor listrik
- g. Volume pipet
- h. Corong
- i. Timbangan
- j. Sendok

Reagen :

- a. Larutan $K_2Cr_2O_7$
- b. Larutan H_2SO_4 pekat
- c. Larutan $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 N
- d. Feroin
- e. Aquadest

Prosedur :

- a. Ditimbang 0.1 gram atau 0.5 gram padatan yang telah dikeringkan dan dihaluskan
- b. Kemudian masukkan kedalam Erlenmeyer 300ml
- c. Ditambahkan 10ml larutan Kalium dikromat 1N dan 20 ml larutan asam sulfat pekat
- d. Diamkan selama 30 menit atau sampai dingin lalu tambahkan 100 ml aquadest
- e. Kemudian disaring bila perlu lalu tambahkan 3-4 tetes feroin
- f. Titrasi dengan ferrosulfat 0.5 N akan terjadi perubahan warna dari orange menjadi hijau kemudian lumut lalu hijau tua segar menjadi agak kebiru-biruan. Hentikan titrasi apabila warna merah colacola (sawo matang)
- g. Hitung C organik
- h. Catatan : perlakuan blanko sama dengan sampel tetapi pada blanko menggunakan 25 ml aquadest (sebagai sampel)

Perhitungan :

$$N \text{ FeSO}_4 = \frac{10}{\text{Vol titrasi blanko}}$$

$$\text{TOC} = \frac{(\text{Blanko-sampel}) \times 0.3 \times \text{Fe} \times N \text{ FeSO}_4}{\text{Gram Sampel}}$$

Contoh hasil pemeriksaan :

- a. FeSO_4 0.5 N (baru) hasil volume titrasi blanko = 20.2 ml
 $N \text{ FeSO}_4 = \frac{10}{20.2} = 0.4950$
- b. FeSO_4 0.5 N (lama) hasil volume titrasi blanko = 24.6 ml
 $N \text{ FeSO}_4 = \frac{10}{24.6} = 0.4065 \text{ N}$
- c. Untuk kode sampel 2633 \rightarrow 0.5069 gram = 18.0 ml
 $\text{TOC} = \frac{(24.6 - 18.0) \times 0.3 \times 0.4065}{0.5069} = 1.5878 \%$
- d. Untuk Kode sampel 2633 \rightarrow 0.5150 gram = 22.1 ml
 $\text{TOC} = \frac{(24.6 - 22.1) \times 0.3 \times 0.4065}{0.5150} = 0.59\%$
- e. Untuk kode sampel 2634 \rightarrow 0.5169 gram = 23.5 ml
 $\text{TOC} = \frac{(24.6 - 23.5) \times 0.3 \times 0.4065}{0.5169} = 0.2595 \%$

6. Pemeriksaan Arsen (As) Secara Kualitatif

Metode :

Metode uji / cara uji : secara kualitatif . Dengan menggunakan uji Gutzeit dimana arsen dideteksi dengan menggunakan perak nitrat atau merkuri (II) Klorida. Didalam tanah banyak mengandung sulfida, sehingga pada saat pemeriksaan sulfide tersebut akan mengganggu proses reaksi. Untuk menghilangkan unsur pengganggu tersebut, harus ada penambahan reagen Pb asetat bertujuan untuk mengikat sulfide yang ada di tanah menjadi PbS. Sedangkan Zn berfungsi sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi.

Alat :

- a. Tabung reaksi
- b. Kayu penjepit
- c. Kertas saring
- d. Bunsen
- e. Beaker Glass

Reagen:

- a. Zn (Zink) murni atau Aluminium
- b. AgNO_3 20 %
Timbang 2 gr perak nitrat / AgNO_3 dalam aquadest dan encerkan dalam 10 ml aquadest
- c. Asam Sulfat (H_2SO_4) 4 N atau HCl 4 N
- d. Kapas murni
- e. Tembaga (I) Klorida / CuCl atau Pb Asetat
Larutkan 9,9 gr tembaga (II) Klorida/ CuCl dalam 60 ml aquadest dan 40 ml asam klorida pekat/ HCl panaskan biar cepat melarut tambahkan pita-pita tembaga yang mengkilat dan biarkan.
- f. Merkuri (II) Klorida/ HgCl_2
Larutkan 1 gr merkuri (II) Klorida/ HgCl_2 dalam 20 ml etanol/alcohol.

Prosedur Kerja :

- a. Ambil 2 tabung reaksi, satu tabung diisi oleh sampel dan tabung kedua diisi oleh blanko (aquadest) sebanyak 1 ml (hasil destruksi sampel tanah)
- b. Taruh 1 – 2 gr Zink (Zn) atau Aluminium masukkan dalam tabung uji reaksi .
- c. Tambahkan 5 – 7 ml Asam Sulfat (H_2SO_4) 4 N / HCl 4 N
- d. Sumbat tabung secara longgar dengan kapas yang telah dibasahi dengan CuCl / Pb Asetat.
- e. Taruh kertas saring yang dibasahi dengan AgNO_3 20 %, atau dibasahi dengan merkuri (II) Klorida/ HgCl_2 taruh diatas mulut tabung reaksi.
- f. Tunggu selama 2 – 5 menit
- g. Amati warna yang terbentuk pada kertas saring
- h. Bandingkan warna yang terbentuk pada kertas saring yang ada di sampel dan di blanko.
- i. Jika terdapat warna coklat keemasan menunjukkan adanya arsen pada tanah tersebut.

B. INTERPRETASI SAMPEL TANAH

1. Standar Baku Mutu yang kita gunakan

- a. Standar Baku Mutu yang kita gunakan Peraturan Pemerintah nomor 150 tahun 2000 tentang Pengendalian Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa (Balai Lingkungan Hidup, 2009). Kerusakan tanah untuk produksi biomassa merupakan karakteristik atau sifat dasar tanah yang melampaui kriteria baku kerusakan tanah yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Untuk lebih memudahkan dalam inventarisasi kerusakan tanah, pemerintah menetapkan status kerusakan tanah berdasarkan sifat atau karakteristik tanah yang diatur dalam peraturan pemerintah tersebut. Status kerusakan tanah adalah kondisi tanah di tempat dan waktu tertentu yang dinilai berdasarkan kriteria baku kerusakan tanah untuk produksi biomassa. Sedangkan kriteria baku kerusakan tanah untuk produksi biomassa adalah ukuran

batas perubahan sifat dasar tanah yang dapat ditenggang, berkaitan dengan kegiatan produksi biomassa. Parameter yang digunakan dalam kriteria baku kerusakan tanah dapat ditetapkan oleh daerah atau mengikuti kriteria baku kerusakan tanah nasional yang telah ditetapkan melalui Peraturan Pemerintah nomor 150 tahun 2000. Parameter tersebut Uji Kualitas Tanah meliputi sifat fisik kimia, fisika, dan biologi tanah. Namun yang paling dominan adalah sifat fisika tanah. Kriteria baku kerusakan tanah dibagi menjadi duagolongan, yaitu kriteria baku kerusakan untuk lahan basah dan kriteria baku kerusakan untuk lahan kering. Lahan basah berupa lahan yang selalu terendam, seperti halnya lahan gambut maupun lahan rawa adalah kedalaman solum, kebatuan permukaan, komposisi fraksi atau tekstur tanah, bobot isi tanah, porositas tanah, derajat pelulusan air atau permeabilitas tanah, pH tanah, potensial reduksi-oksidasi (redoks), daya hantar listrik (DHL), dan total mikrobia (Balai Lingkungan Hidup, 2009).

- b. Nilai ambang logam berat yang tercemar dalam tanah. Kementerian ESDM Republik Indonesia mengeluarkan peraturan No. 045 tahun 2006 tentang limbah lumpur pada kegiatan pengeboran minyak dan gas bumi. Baku mutu produk atau hasil pertanian dari lahan pertanian yang tercemar sangat diperlukan, agar aman bagi konsumen. Oleh karena batas kritis/ambang batas pencemaran pada tanah, air, tanaman, dan produk pertanian belum ada atau belum ditetapkan untuk kondisi Indonesia. Ambang batas yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan telah terjadi pencemaran pada suatu daerah, sehingga arahan penanggulangannya dapat ditetapkan. Hal untuk standarisasi mutu lingkungan, agar lingkungan hidup terjaga terutama sungai dan lahan pertanian.

Tabel 4.4.

Ambang Batas Logam Berat yang Diterapkan Pada Tanah (US.EPA 1993)

Logam Berat	Konsentrasi maksimum bahan pencemar	Rata-rata tahunan bahan pencemar	Kumulatif bahan pencemar
	PPM	Kg/ha/th	Kg/ha
Arsenic Cadmium	75	2	41
Chromium	85	1,9	39
Copper	3000	150	3000
Lead	4300	75	1500
Mercury	420	21	420
Molybdenum	840	15	300
Nickel	57	0,85	17
Selenium	75	0,90	18
Zinc	100	5	100
	7500	140	2800

✍ ■ Kimia Lingkungan ✍ ■

- c. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 33 Tahun 2009 Tentang Tata Cara Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Menteri Negara Lingkungan Hidup,
- d. Peraturan Menteri Pertanian No : 70/ Permentan/SR.140 / 10/ 2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah.
- e. PP RI NOMOR 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Standar baku mutu pemeriksaan tanah

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

- 1) A
- 2) A
- 3) B
- 4) D
- 5) B
- 6) D
- 7) C

Tes 2

- 1) A
- 2) D
- 3) B
- 4) A
- 5) C

Tes 3

- 1) D
- 2) A
- 3) A
- 4) C
- 5) D
- 6) A
- 7) B
- 8) D

Tes 4

- 1) D
- 2) D
- 3) A
- 4) A
- 5) D
- 6) A
- 7) A
- 8) D
- 9) D
- 10) C

Daftar Pustaka

- Fadhilah, N.(2010). Analisis Kadar Karbon di Dalam Tanah Perkebunan Kelapa Sawit PT. Minanga Ogan Secara Titrimetri. Sumatera Utara: Departemen Kimia FMIPA Universitas Sumatera Utara,
- Gandjar, G.H., dan Rohman, A. (2013). Kimia Farmasi Analisis. Yogyakarta : Pustaka Pelajar
- Anwar, H.(2015). Sampel Lingkungan. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Hanafiah, K.A. (2012). Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: PT.Raja Grafindo Persada,
- Hardjowigeno, S.(2003). Ilmu Tanah. Jakarta :Akademika Pressindo
- Hardjowigeno, S. (2003). Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Jakarta: Akademik Pressindo
- Utami, N.(2009). Kajian Sifat Fisik, Sifat Kimia Dan Sifat Biologi Tanah Paska Tambang Galian C Pada Tiga Penutupan Lahan. Bogor : Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan Institut Pertanian
- Peveill,KI.(Ed). (1989). pH Measurement of Electrical Conductivity of Soil Suspensions Laboratory Method 013(Soil). Victorian: Department of Agriculture
- PPLH (Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup) No 7.(2006).Tentang Tata Cara Pengukuran Kriteria Baku Krusakan Tanah Untuk Produksi Biomassa. Jakarta: Jakarta,Indonesia
- Sartohadi., Junun., Suratman., Jayamulya., & Dewi. N.,(2014).Geografi Tanah.Yogjakarta: Pustaka Pelajar
- Soepardi.(2014).Masalah Kesuburan Tanah di Indonesia.Bogor: Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB
- Suganda, H., Rachman, A., & Sotono, S.(2006).Petunjuk Pengambilan Contoh Tanah Sifat Fisik dan Metode Analisisnya.Bogor :Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian.
- Sugiharyanto, 2009, Geografi Tanah. Yogyakarta : Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Dan Ekonomi Universitas Negeri Yogyakarta
- Suyono.(2014). Pencemaran Kesehatan Lingkungan. Jakarta: EGC
- Wallace,A., & Teny.(2000). Handbook of Soil Conditioners Subsistance That Enhance the Physical Properties of Soil. New York : Marcell Pecker Inc
- Lina, T.(2004). Dampak Pencemaran Lingkungan Terhadap Kesehatan. Sumatra Utara : e-USU Repository Universitas Sumatera Utara
- Vogel.(1979). Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Mikro dan Semimikro. Jakarta :PT. Kalman Media Pusaka

BAB V PARAMETER KIMIA SAMPAH

Djoko Purnomo, SKM.,M.Kes; Demes Nurmaanti, ST.,M.Kes

PENDAHULUAN

Materi parameter kimia sampah terbagi dalam 4 topik, pada topik 1 ini akan menjelaskan tentang parameter kimia sampah, yang menjelaskan pengertian sampah, mengkategorikan sampah berdasarkan sumbernya, mengkategorikan sampah berdasarkan sifatnya, dan mengkategorikan sampah berdasarkan bentuknya serta karakteristik kimia sampah baik organik maupun anorganik. Karakteristik ini sangat penting dilakukan karena untuk mengetahui *komponen unsur yang sangat menentukkandalam reaksi komponen pembentuk sampah*.

Sampah adalah salah satu sarana penyebaran penyakit, untuk itu topik 2 menjelaskan dampak pada lingkungan dan kesehatan bagi makhluk hidup terhadap pencemaran sampah. Topik ini terbagi menjadi dua yaitu dampak sampah terhadap manusia dan dampak sampah terhadap lingkungan. Dampak sampah terhadap lingkungan meliputi dampak sampah terhadap pencemaran udara, air, tanah dan gangguan estetika.

Topik ke 3 membahas secara khusus untuk membekali mahasiswa dalam melakukan praktek di lapangan untuk pengambilan sampel. Topik ini menjelaskan titik pengambilan sampel parameter kimia sampah yang mengacu pada SNI 6989.58:2008, pengambilan sampel sampah cair/lindi. Pengambilan sampel sampah organik dan anorganik mengacu pada SNI 19-3964: 1994.

Topik ke 4 adalah panduan praktikum. Panduan ini sebagai acuan saudara dalam melakukan praktek baik di lapangan pengambilan sampel, pengawetan, dan pengiriman sampel ke laboratorium, hingga melakukan pemeriksaan dan interpretasi hasil yang diperoleh.

Kompetensi yang diharapkan dapat dicapai didalam bab ini adalah mahasiswa dapat menguasai parameter kimia sampah, dimana mahasiswa mampu menerapkan pengambilan sampel sampah, pengawetan, labeling, pengiriman dan melakukan pemeriksaan kimia hingga interpretasi hasil.

Manfaat yang diperoleh setelah mempelajari materi ini, mahasiswa dapat mengetahui, senyawa kimia penyusun kerak bumi maupun tanah yang sangat berperan dalam kehidupan makhluk hidup, sumber pencemar dan dampak dari pencemaran tersebut. Mahasiswa dapat menerapkan pengambilan sampel tanah, pengawetan, labeling, pengiriman dan pemeriksaan hingga interpretasi hasil untuk kepentingan kesehatan lingkungan.

Materi dalam Bab V ini dilengkapi dengan latihan dan tes beserta rambu jawaban di setiap topik. Tujuannya agar mahasiswa dapat mengukur sendiri kemampuan dan pemahaman terhadap materi yang telah dipelajarinya dalam bab ini. Bab V ini terbagi menjadi Teori dan Praktek. Teori disajikan melalui topik-topik berikut

✍ ■ Kimia Lingkungan ✍ ■

1. Topik 1 : Parameter kimia sampah
2. Topik 2 : Dampak kesehatan lingkungan akibat pencemaran sampah
3. Topik 3 : Titik pengambilan sampel parameter kimia sampah

Sementara untuk panduan praktek disajikan pada topik tersendiri yang diberi judul Panduan Praktikum Pengambilan Sampel, Pengawetan, Labeling, Pengiriman, Pemeriksaan Dan Interpretasi Hasil. Setelah mempelajari Bab ini mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan tentang parameter kimia sampah
2. Menentukan titik pengambilan sampel sampah
3. Melakukan pengambilan sampel untuk pemeriksaan sampel sampah
4. Melakukan interpretasi hasil

Topik 1

Parameter Kimia Sampah

A. PENGERTIAN SAMPAH

Saudara mahasiswa, pernahkah anda mengamati keadaan di sekitar lingkungan tempat tinggal saudara. Sejalan dengan meningkatnya aktivitas perkotaan di berbagai sektor, baik sektor perumahan, industri, perdagangan maupun sektor lainnya, salah satu dampak dari aktivitas tersebut adalah adanya limbah padat atau sampah. Sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari bahan organik maupun anorganik dari sisa atau residu yang timbul akibat aktivitas manusia yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan dalam jangka panjang. Penumpukan sampah yang berlebihan dapat mengganggu kelestarian lingkungan, gangguan kesehatan dan juga mengakibatkan pencemaran air, tanah dan udara. Masalah yang ditimbulkan oleh sampah menjadi wacana dan perhatian oleh berbagai pihak. Demi mengurangi permasalahan yang ditimbulkan oleh sampah, salah satu cara pengolahan yang dilakukan adalah dengan membuangnya ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sampah dapat digolongkan menjadi beberapa kategori, diantaranya berdasarkan sumbernya, yaitu : (BSN, SNI 3242:2008)

1. Sampah hasil aktivitas rumah tangga termasuk rumah sakit, hotel dan kantor
2. Sampah hasil kegiatan industri, home industri dan kantor
3. Sampah hasil kegiatan pertanian meliputi perkebunan, kehutanan, perikanan dan peternakan yang sering juga disebut sebagai limbah pertanian
4. Sampah hasil kegiatan perdagangan, misalnya pasar dan pertokoan
5. Sampah dari hasil kegiatan pembangunan
6. Sampah dari sekitar jalan raya
7. Sampah dari tempat wisata dan tempat umum

Sampah dikategorikan berdasarkan sifatnya, adalah :

1. Sampah organik

Sampah Organik, yaitu sampah yang mudah membusuk dan dapat terurai (degradable) secara alami, karena kelompok senyawa organik dihasilkan dari makhluk hidup. Sampah organik secara kimiawi terdiri dari senyawa karbon (C) baik yang berasal dari alam maupun sintetis. Sampah organik yang berasal dari makhluk hidup seperti sisa dapur dan makanan, sayuran, kulit buah daun-daun kering, sampah organik yang tidak berasal dari makhluk hidup adalah kertas, plastik dan karet. Mengapa kertas, plastik dan karet digolongkan sampah anorganik.

Kertas, plastik dan karet merupakan limbah yang mengandung unsur karbon, harusnya masuk dalam sampah organik, akan tetapi kertas, plastik dan karet meskipun mengandung senyawa karbon, mereka dikelompokkan dalam sampah anorganik. Mengapa kertas, plastik

dan karet di kelompokkan dalam senyawa anorganik, karena didalam limbah tersebut sulit mengalami pembusukan dan sulit terurai.

Senyawa organik seperti sisa makanan, sisa dapur, daun, kulit buah dan lain-lain merupakan digolongkan dalam sampah organik. Sampah yang berasal dari makhluk hidup akan mudah mengalami pembusukan baik secara aerob maupun anaerob. Sampah yang berasal dari makhluk hidup mengandung unsur karbon (C) yang berbentuk karbohidrat / gula, dimana rantai kimia sangat sederhana, oleh karena itu dapat digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme, jamur atau bakteri.

2. Sampah Anorganik

yaitu sampah yang tidak mudah membusuk dan tidak memiliki unsur karbon (C) , sehingga tidak mudah terurai oleh mikroorganisme, seperti, botol dan gelas minuman, kaleng, kaca dan sebagainya.

Plastik wadah pembungkus makanan, kertas, kayu, plastik mainan juga digolongkan dalam senyawa anorganik, meskipun mempunyai unsur karbon di dalamnya. Unsur karbon yang ada didalamnya dalam bentuk rantai yang sangat kompleks dan sangat panjang yaitu dalam bentuk polimer, sehingga mikroorganisme tidak dapat atau kesulitan apabila akan melakukan penguraian pada bahan tersebut. (Ferdinand, 2009)

Sampah anorganik dapat dimanfaatkan yaitu dengan cara mendaur ulang, juga dapat dihancurkan dengan jalan pembakaran dalam proses incinerator atau penghancuran/pulverization.

3. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Merupakan sisa suatu usaha yang mengandung bahan berbahaya atau beracun, baik secara langsung atau tidak langsung dapat merusak atau mencemarkan dan membahayakan lingkungan Sampah/Limbah hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya. (Damanhuri, 2010)

Berdasarkan bentuknya sampah dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

a. Bentuk padat

Sampah padat adalah segala bahan buangan, sampah rumah tangga, sampah dapur, sampah kebun, plastik, metal, gelas dan lain-lain. Menurut bahannya sampah ini dikelompokkan menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang berasal dari barang yang mengandung bahan organik, seperti sisa sayuran, hewan, kertas, potongan kayu dari peralatan rumah tangga, potongan ranting, rumput pada waktu pembersihan kebun dan sebagainya.

b. Bentuk cair

Sampah cair adalah bahan cairan yang telah digunakan dan tidak diperlukan kembali / dibuang ke tempat pembuangan sampah.

- 1) Limbah hitam: sampah cair yang dihasilkan dari toilet. Sampah ini mengandung patogen yang berbahaya.
- 2) Limbah rumah tangga: sampah cair yang dihasilkan dari dapur, kamar mandi dan tempat cucian. Sampah ini mungkin mengandung patogen.

c. *Bentuk gas*

Tumpukan sampah yang telah kering biasanya oleh warga langsung dibakar, dampak pembakaran ini yang menimbulkan emisi gas yang bermunculan dan partikel debu. Bila proses pembakaran sampah terjadi tidak sempurna maka yang timbul adalah gas CO, NO_x, SO₂, Dioxin dan Furan, HCl akibat pembakaran bahan sintesis (seperti PVC).

Sumber sampah berasal dari hasil kegiatan rumah tangga justru lebih berbahaya, Kegiatan manusia yang dilakukan setiap hari tidak terlepas dari bahan yang berbahaya, contoh sampah yang dihasilkan oleh kegiatan manusia adalah sisa baterai, sisa oli/minyak rem motor atau mobil, kaleng cat, bekas pembasmi nyamuk, pestisida, kosmetik, hairspray, obat-obatan, pembersih toilet, shampoo anti ketombe, dan masih banyak lagi, sehingga sampah yang dihasilkan oleh rumah tangga bisa berupa sampah organik, anorganik maupun sampah dalam kategori B3.

Sampah adalah masalah yang selalu terjadi baik di negara maju maupun negara berkembang. Sampah organik yang dibiarkan begitu aja, akan mengalami degradasi. Lindi (leachate) sampah berasal dari masuknya air ke dalam timbunan sampah, dimana proses terjadinya lindi (leachate) yaitu proses infiltrasi air hujan, air hujan yang melalui sampah, jika lindi (leachate) tersebut bercampur dengan sisa sampah B3 yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan pencemaran tanah.

B. KARAKTERISTIK KIMIA SAMPAH

Karakteristik sampah sangat berguna dalam menentukan metode apa yang akan digunakan sebagai pengolahan sampah atau sebagai evaluasi alternatif suatu proses dan sistem recovery pengolahan sampah. Komponen unsur yang sangat menentukan dalam reaksi komponen pembentuk sampah adalah carbon (C), nitrogen (N) Oksigen (O) dan Hidrogen (H). Karakteristik kimiawi pada sampah yang dapat diukur meliputi

1. Proximate Analysis

Proximate analysis yaitu analisis terhadap kandungan *volatile*, kelembaban, fixed carbon dan *ash* di dalam sampah, dengan satuan persen.

2. Titik Lebur Abu

Titik lebur abu merupakan titik temperatur saat pembakaran menghasilkan abu, berkisar antara 1100 – 1200°C (2000-2200°F).

3. *Ultimate Analysis*

Ultimate Analysis meliputi penentuan unsur Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N), Posfor (P), Sulfur (S) dan sebagainya. Unsur ini yang menggambarkan susunan kimia sampah. Berdasarkan nilai C dan N ini dapat ditentukan rasio C/N sampah (Tchobanoglous, 1993). *Ultimate Analysis* masing-masing komponen dalam sampah domestik kadar karbon tertinggi dimiliki oleh komponen karet (78 %), kadar hidrogen tertinggi dimiliki oleh sampah karet (10 %), kadar oksigen tertinggi dimiliki oleh sampah kertas (44 %), kadar nitrogen tertinggi dimiliki oleh sampah kulit (10 %) dan kadar sulfur tertinggi dimiliki oleh sampah makanan dan kulit (0,4 %).

4. **Kandungan Energi Komponen Sampah**

Kandungan energi yang terdapat di dalam sampah dapat dihitung dengan cara menggunakan alat calorimeter atau bomb calorimeter, dan dengan perhitungan. (Damanhuri, 2010)

Latihan

- 1) Jelaskan jenis sampah berdasarkan sumbernya
- 2) Plastik, karet dan kertas merupakan sampah organik. Akan tetapi dalam penggolongannya sampah tersebut masuk dalam sampah anorganik/tidak dapat terurai
- 3) Karakteristik kimia pada sampah dapat diukur dengan metode yang berbeda, sebutkan dan jelaskan.

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang

- 1) Sumber sampah
- 2) Sampah organik bagian akhir
- 3) Karakteristik kimiawi sampah bagian awal

Ringkasan

Sampah dikategorikan menjadi dua sumber yaitu aktivitas rumah tangga termasuk rumah sakit, hotel dan kantor, kegiatan industri, homeindustri, kegiatan pertanian meliputi perkebunan, kehutanan, perikanan dan peternakan, kegiatan perdagangan, kegiatan pembangunan, sampah di sekitar jalan raya, dari tempat wisata dan tempat umum.

Sampah berdasarkan sifatnya meliputi sampah organik - dapat diurai (degradable), sampah anorganik - tidak terurai (undegradable) dan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Sampah berdasarkan bentuknya dapat dibagi menjadi 3 katagori yaitu sampah padat, sampah cair dan limbah gas pembakaran sampah

Lindi (leachate) merupakan proses air hujan yang masuk kedalam timbunan sampah dan melalui timbunan sampah, serta melarutkan, membilas materi yang terlarut termasuk materi organik yang mengalami proses dekomposisi biologis, jika lindi (leachate) tersebut bercampur dengan sisa sampah B3 yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan pencemaran tanah.

Karakteristik sampah sangat berguna dalam menentukan metode yang digunakan sebagai pengolahan sampah atau sebagai evaluasi alternatif suatu proses dan sistem recovery pengolahan sampah. Karakteristik kimiawi pada sampah yang dapat diukur meliputi Proximate Analysis, Titik Lebur Abu, Ultimate Analysis dan Kandungan Energi Komponen Sampah

Tes 1

Kerjakan soal dibawah ini, dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat.

- 1) Sisa makanan, buah-buahan, sayuran merupakan sampah yang degradable, sampah tersebut adalah sampah jenis....
 - A. Organik
 - B. Anorganik
 - C. Sampah padat
 - D. Sampah cair

- 2) Analisis karakteristik kimiawi kandungan volatile, kelembaban, carbon pada sampel sampah diukur dengan menggunakan metode.....
 - A. Proximate Analysis
 - B. Titik Lebur Abu
 - C. Ultimate Analysis
 - D. Kandungan Energi Komponen Sampah

- 3) Komponen unsur yang digunakan sebagai penentu dalam komponen pembentuk sampah
 - A. Karbon (C) dan Nitrogen (N)
 - B. Oksigen (O) dan Amoniak
 - C. Hidrogen (H) dan amin
 - D. Karbon (C) dan H₂S

- 4) Lindi (leachate) pada kegiatan sampah di hasilkan dari proses.....
 - A. Air hujan yang melalui tumpukan sampah
 - B. Proses perombakan karbon (C) dan nitrogen (N)
 - C. Air hujan yang melalui sampah dan terikat dengan hidrogen (H)
 - D. Air hujan yang melalui sampah dan melepas hidrogen (H)

- 5) Sampah berdasarkan bentuknya yaitu padat, cair dan gas, sebutkan gas apa saja yang terbentuk dari aktivitas kegiatan pembakaran sampah.....
- A. CO, H, dioksin
 - B. NO_x, Oksigen, SO₂
 - C. CO, dioksin, carbon
 - D. CO, NO_x, dioksin, HCl

Topik 2

Dampak Kesehatan

Lingkungan Akibat Pencemaran Sampah

Saudara mahasiswa mari sekarang kita lihat, dengan bertambahnya penduduk dan teknologi yang semakin meningkat akan meningkatkan jumlah sampah di suatu daerah. Sampah di perkotaan lebih banyak dibandingkan sampah di pedesaan, karena orang di perkotaan merupakan orang konsumtif. Hal ini dapat dilihat pola aktivitas dan gaya hidup, tingkat social ekonomi perkotaan dan pedesaan sangat jauh berbeda Masalah sampah harus dilakukan penanganan dan pengelolaan yang bagus, karena dampak yang diberikan oleh sampah ini sangat luas dan lebih kompleks. Dampak yang diberikan tidak hanya pada manusia akan tetapi dampak yang diberikan terhadap lingkungan dari pencemaran air, anah hingga udara. Kita hidup tidak terlepas dari sampah oleh karena itu sampah tidak dapat kita hilangkan atau kita musnahkan. Hal yang harus kita lakukan adalah pengelolaan sampah yang baik akan berdampak pada kesehatan masyarakat dan peningkatan ekonimi bagi masyarakat itu sendiri. Pengelolaan sampah yang baik akan memberikan

1. Lingkungan nyaman dan sehat
2. Tidak terjadi pencemaran lingkungan
3. Tidak sebagai tempat bersarangnya (breeding places) dan berkembang biaknya dari vektor penularan penyakit

Pengelolaan sampah adalah proses dalam mengurangi volume sampah atau mengubah sampah menjadi lebih bermanfaat. Pengolahan sampah dapat dilakukan dengan jalan pembakaran, pengomposan, pemadatan, penghancuran, pendaur ulangan dan pengeringan. Salah satu pengolahan sampah adalah pembakaran, disini yang dimaksud pengolahan dengan cara pembakaran dengan menggunakan incenarator yang memiliki ketentuan yang berlaku. Incenarator yang digunakan harus berwawasan lingkungan yaitu peralatan yang melakukan minimalisasi sampah dengan jalan membakar pada suhu 700⁰C pada tungku bakar dan di cerobon dengan suhu 200⁰C. (Tchobanoglous,1993)

A. DAMPAK SAMPAH TERHADAP MANUSIA

Sampah merupakan tempat yang lemban sehingga sangat bagus sebagai tempat bersarangnya, berembang biak dan sumber makanan bagi binatang pengerat dan serangga, sehingga dampak yang Sampah sebagai sarana penularan penyakit. Adapun binatang yang bersarang di tempat sampah tersebut adalah tikus, kecok/lipas, lalat, nyamuk. Penyakit yang dapat terjadi pada manusia akibat dari sampah yang tidak dikelola dengan baik adalah sebagai berikut. (Tobing,2005)

1. Penyakit kolera, tifus, disentri basiller, disentri amoeba, dan diare karena bakteri.
2. Penyakit jamur khususnya yang sering terjadi adalah penyakit jamur kulit.

3. Adanya genangan air di lokasi tempat pembuangan sampah, karena adanya kaleng, plastik dan wadah yang dapat terjadinya genangan air akibat dari turunnya hujan. Hal ini yang menjadi sarana berkembang biakkan nyamuk Aedes maupun culex. Penyakit yang dapat terjadi adalah demam berdarah, kaki gajah (Elephantiasis).
4. Kebakaran sampah sering terjadi di tempat pembuangan akhir sampah, asap yang ditimbulkan adalah sumber potensial bagi gangguan pernapasan. (Hardiyawan. M, 2009)

B. DAMPAK SAMPAH TERHADAP LINGKUNGAN

Sampah yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan berbagai gangguan terhadap lingkungan antara lain: (Tobing, 2005)

1. Dampak Sampah Terhadap Pencemaran Udara

Pencemaran udara karena sampah organik yang dibiarkan begitu aja akan mengalami dekomposisi secara anaerobic yaitu proses pembusukan secara alami membentuk. Proses tersebut akan mengeluarkan gas metan (CH_4) dan gugus NH_3 (amin) dan H_2S . Gas metan (CH_4) merupakan salah satu komponen gas rumah kaca, dimana efek rumah kaca, sedangkan NH_3 menimbulkan bau anyir/amis dan H_2S berbau busuk ini yang membuat bau sampah tidak sedap.

Pencemaran udara akibat pembakaran sampah baik dilakukan sengaja oleh manusia maupun kebakaran sampah di tempat penampungan akhir (TPA), gas yang di hasilkan adalah CO, NO_x , SO_2 , Dioxin, Furan, HCl dan partikel. Gas CO adalah komponen yang terbesar dalam pencemaran udara, gas CO dapat berubah menjadi CO_2 jika bertemu dengan oksigen di atmosfer



CO_2 adalah komponen gas rumah kaca. Gas rumah kaca adalah gas yang ditimbulkan baik secara alami maupun akibat aktivitas kegiatan manusia, adapun gas rumah kaca meliputi CO_2 (Karbon dioksida), CH_4 (methana), N_2O (nitrogen oksida), HFC(hidro fluoro karbon), PFC (perfluoro karbon), SF_6 (sulphur heksasafluoro) yang terlepas di atmosfer dan melayang sampai ketinggian troposfer hingga membentuk selimut yang mengungkung bumi kita sehingga seperti rumah kaca yang menimbulkan efek rumah kaca. Proses terjadi efek rumah kaca yaitu panas dari matahari diserap oleh bumi dan memanasi bumi, sebagian panas matahari dipantulkan ke atmosfer, panas dari matahari oleh bumi sebagian dipantulkan lagi ke atmosfer dan panas matahari sebagian dipantulkan kembali oleh gas rumah kaca. Hal ini lah yang menyebabkan bumi, atmosfer dan lingkungan menjadi panas. (Wardhana, 2010)

2. Dampak Sampah Terhadap Pencemaran Air

Tempat penampungan sampah yang terbuka mengakibatkan terjadinya lindi(leachate), hal ini terjadi karena adanya air hujan yang melalui tumpukan sampah. Infiltrasi aliran lindi akan masuk ke dalam tanah, atau mengalir di atas permukaan tanah menuju aliran air, sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran air.

3. Dampak Sampah Terhadap Pencemaran Tanah

Kita tidak pernah terlepas dari bahan kimia, apa yang kita gunakan dalam kehidupan sehari – hari semuanya menggunakan bahan kimia seperti parfum, bekas obat-obatan, sampah, sabun, pembersih lantai dan kamar mandi, cat rumah, pembasmi nyamuk dan masih banyak lagi, yang pada akhirnya bekas barang itu akan masuk ke tempat sampah. Tempat sampah sebagai akhir pembuangan akan tercemar bahan kimia secara tidak langsung, yang seharusnya pembuangan sampah B3 harus dibuang tersendiri tidak dibuang di TPA atau TPS. Akibat dari adanya bahan kimia di tempat pembuangan sampah tersebut, mengakibatkan tanah di disekitar lokasi pembuangan sampah tersebut akan mengalami pencemaran dari aliran lindi yang mengenai tanah. Tanda-tanda tanah mengalami pencemaran adalah tanah menjadi kering, tanah mengandung logam, tanah mengeluarkan bau busuk, pH tanah bisa dibawah 6 atau diatas 8.

4. Dampak Sampah Terhadap Gangguan Estetika

Pemandangan sampah yang tidak tertata dan tidak diolah dengan baik menimbulkan kesan sangat buruk sehingga menyebabkan estetika lingkungan. Sampah yang tidak tertutup selain bau yang dihasilkan dari proses dekomposisi tersebut, besar kemungkinan sampah akan tertiuap angin sehingga mengakibatkan sampah akan tercecer. Hal tersebut membuat masyarakat yang tinggal didekat lokasi pembuangan sampah merasa tidak nyaman dan tidak menyenangkan.

Latihan

- 1) Sampah adalah hasil akhir kegiatan manusia yang juga akan memberikan dampak pada manusia itu sendiri jelaskan dampak apa saja yang dapat terjadi pada manusia.
- 2) Selain dampak pada manusia juga akan berdampak pada lingkungan, sebutkan dan jelaskan
- 3) Salah satu dampak sampah akan membuat pencemaran udara yang mengakibatkan efek rumah kaca, jelaskan bagaimana proses terjadinya kasus tersebut.

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang

- 1) Dampak sampah terhadap manusia
- 2) Dampak sampah terhadap lingkungan
- 3) Dampak sampah terhadap pencemaran udara

Ringkasan

Sampah merupakan sumber makanan, tempat bersarangnya dan berkembang biaknya binatang pengerat dan serangga, sehingga akan memberikan dampak bagi manusia yaitu sebagai sumber penularan penyakit. Penyakit yang bisa ditimbulkan dari sampah adalah kolera, tifus, disentri basiller, disentri amoeba, diare. Penyakit kulit yang sering terjadi dpada manusia adalah jamur kulit. Penyakit demam berdarah karena adanya genangan air yang sebagai tempat berkembianya nyamuk aedes, culex

Dampak pada lingkungan terbagi menjadi empat (4) yaitu terjadinya pencemaran udara, pencemran tanah, penemaran air dan gangguan estetika. Pencemaran udara beasal dari pembakaran sampah dan proses dekomposisi sampah organik yang menghasilkan gas metan, gugus NH_3 dan H_2S . Gas CH_4 yang merupakan salah satu gas rumah kaca.

Pencemaran tanah berasal dari sampah yang mengandung bahan kimia, dimana bahan kimia ini masuk ke dalam tanah melalui lindi yang secara infiltrasi kedalam tanah.

Pencemaran air akibat dari sampah hampir sama dengan tanah, akan tetapi proses lindi berada mengalir di permukaan tanah menuju badan air atau sumber air. Sampah yang menggunug akan membuat gangguan estetika selain bau yang tidak sedap pemandangn mata yang tidak nyaman melihat tumpukan sampah yang tidak dikelola dengan baik.

Tes 2

Kerjakan soal dibawah ini, dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat.

- 1) Mengapa sampah sebagai sarana penularan penyakit
 - A. Karena sampah adalah sumber makanan, tempat berkembangbiaknya binatang.
 - B. Karena sampah adalah merupakan tempat yang kering
 - C. Karena sampah adalah lokasi yang nyaman
 - D. Sampah merupakan salah satu tempat aktivitas manusia di tempat tersebut.

- 2) Penyakit yang dapat terjadi akibat sampah adalah
 - A. Korela, tifus, dan influenza
 - B. Disentri, kolera dan tuberculosis
 - C. Kolera, disentri dan tetanus neonatorum
 - D. Kolera, disentri dan tifus

- 3) Pencemaran udara adalah salah satu dampak lingkungan akibat sampah, gas apa yang dihasilkan dari proses pembusukan sampah organik secara anaerobic
 - A. CH_3
 - B. CH_4
 - C. HS
 - D. NH_4

✍ ■ Kimia Lingkungan ✍ ■

- 4) Pencemaran udara akibat pembakaran sampah akan menghasilkan gas yang mencemari udara, salah satu gas pencemaran udara adalah
- A. Dioksin
 - B. NH_3
 - C. HC
 - D. HFC
- 5) Salah satu dampak lingkungan yang diakibatkan oleh sampah adalah pencemaran air, bagaimana hal ini dapat terjadi
- A. Lindi (leachate) yang masuk kedalam badan air atau sumber air
 - B. Partikel yang masuk kedalam badan air atau sumber air
 - C. Dioksin yang masuk kedalam badan air atau sumber air
 - D. NH_4 yang masuk kedalam badan air atau sumber air

Topik 3

Titik Pengambilan Sampel Parameter Kimia Sampah

A. PENGAMBILAN SAMPEL SAMPAH CAIR ORGANIK DAN ANORGANIK (MENGACU PADA SNI 6989.58 : 2008)

1. Titik Pengambilan Sampel Sampah Cair/lindi (Leachete)

Lokasi pengambilan sampel pemeriksaan kualitas kimia pada sampah cair/lindi (leachete) adalah disekitar timbulan sampah yang akan diperiksa. Sedangkan pengambilan sampel cair dapat diambil air lindi pada kolam lindi atau pada genangan air disekitar sampah tersebut. namun, data yang diperoleh dari lokasi pemantauan dan titik pengambilan harus dapat menggambarkan kualitas air limbah yang akan disalurkan ke perairan penerima. Pemilihan lokasi dan titik pengambilan sampel air limbah bertujuan untuk :

- a. Mengetahui efisiensi proses pengolahan lindi
Caranya adalah dengan mengambil sampel dari kolam lindi sebelum masuk ke pipa atau saluran gabungan yang menuju ke instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Pengambilan sampel di lokasi untuk mengetahui karakteristik limbah yang ada.
- b. Mengevaluasi efisiensi IPAL
Titik pengambilan sampel dimulai pada (inlet) dan keluar (outlet) IPAL dan memperhatikan waktu retensi. Waktu pengambilan sampel pada saat proses pengolahan berjalan.

2. Alat dan Bahan

- a. Botol oksigen volume 250 mL
- b. Botol plastik (polietilen atau sejenisnya) volume 500 ml
- c. Pengawet sampel sesuai yang diperlukan
- d. Formulir pengambilan sampel
- e. Kertas label
- f. Ice pack / dry ice
- g. Termos es untuk mendinginkan contoh
- h. Tool box

3. Prosedur Pengambilan Sampel secara Kimia pada Sampah Cair/lindi

Tahapan pengambilan sampah dalam bentuk cair secara kimia, dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Menyiapkan wadah sampel (botol oksigen (Botol winkler) dan botol plastik)
- b. Membilas botol oksigen dan botol plastik serta tutupnya dengan sampel yang akan dianalisa sebanyak 3 kali. Tujuannya pembilasan dengan air sampel pada wadah

tersebut agar menghomogenisasi dan menghindari pengenceran pada wadah yang akan kita gunakan untuk pengambilan sampel.

- c. Membuang air pembilas
- d. Mengambil sampel sesuai titik sampling dan memasukkannya ke dalam wadah yang sesuai peruntukan analisis
- e. Memasukkan sampel limbah cair yang akan diperiksa ke botol oksigen/botol winkler yang sudah dibilas tadi hingga penuh. Pada waktu pengisian air ke dalam botol hindari terjadinya aerasi.
- f. Apabila menambahkan pengawet dalam sampel cair, dilakukan dengan mengisi sampel cair ke dalam wadah botol plastik volume botol 500 ml sebanyak $\frac{3}{4}$ dari isi botol dan meneteskan zat pengawet yang diperlukan sebanyak 3 tetes dalam sampel cair, untuk jenis pemeriksaan logam di beri pengawet H_2SO_4 pekat, sedangkan untuk jenis pemeriksaan nitrogen diberi pengawet toluol/toluen.
- g. Mengamankan sampel serta wadah dengan memasukkan ke dalam cooling box untuk mencegah adanya perubahan yang diakibatkan oleh kegiatan organisme (disegel dengan benar)
- h. Mengisi formulir pengambilan sampel
- i. Membawa sampel ke laboratorium untuk dianalisa dengan selang waktu maksimum 12 jam.

B. PENGAMBILAN SAMPEL SAMPAH PADAT ORGANIK DAN ANORGANIK (MENGACU PADA SNI 19-3964-1994)

1. Lokasi

Lokasi pengambilan contoh timbulan sampah dibagi menjadi 2 kelompok utama, yaitu:

- a. Perumahan yang terdiri dari:
 - 1) Permanen pendapatan tinggi;
 - 2) Semi permanen pendapatan sedang;
 - 3) Non permanen pendapatan rendah
- b. Non perumahan yang terdiri dari:
 - 1) Toko;
 - 2) Kantor;
 - 3) Sekolah;
 - 4) Pasar;
 - 5) Jalan;
 - 6) Hotel;
 - 7) Restoran, rumah makan;
 - 8) Fasilitas umum lainnya.

Pengambilan contoh sampah dilakukan di sumber masing-masing perumahan dan non-perumahan.

2. Alat dan bahan

- a. Alat pengambil contoh berupa kantong plastik dengan volume 40 liter;
- b. Perlengkapan berupa alat pemindah (seperti sekop) sarung tangan, kantong plastik
- c. Formulir pengambilan sampel
- d. Kertas label
- e. Cool box
- f. Tool box

4. Prosedur Kerja Pengambilan Sampel Padat Sampah

- a. *Cara Pengambilan dan Pengukuran Contoh dari Lokasi Perumahan, Non perumahan, dan Pasar, Jalan, Hotel, Restoran dan Fasilitas Umum Lainnya adalah sebagai berikut: Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan ini berdasarkan SNI 19-3964-1994*

Contoh tumbulan sampah yaitu sampah yang berada di lokasi pengambilan dan dipilih untuk diukur volume dan ditimbang beratnya serta dilakukan pengukuran komposisinya. Komponen komposisi sampah merupakan komponen fisik dari sampah yang terdiri dari karton, kayu, kain, karet, sisi makanan, plastik, logam, besi, kaca, keramik dan lain-lain.

- a. Tentukan lokasi pengambilan contoh
- b. Tentukan jumlah tenaga pelaksana
- c. Siapkan peralatan
- d. Cara Pengambilan sampah dilakukan di perumahan dan non perumahan :
 - 1) Bagikan kantong plastik yang sudah diberi tanda (organik : sisa makanan, sayuran, buah, nasi, serta non organik : botol bekas, kemasan makanan, minuman) kepada sumber sampah 1 hari sebelum dikumpulkan;
 - a) Pengambilan contoh timbulan sampah dilakukan secara acak strata dengan jumlah sebagai berikut:
jumlah contoh jiwa dan kepala keluarga (KK) dapat dilihat pada tabel 1 yang dihitung

berdasarkan rumus 1 dan 2 di bawah ini.

$$S = C_d \cdot V P_s = \dots\dots\dots 1)$$

dimana:

- S = Jumlah contoh (jiwa)
- C_d = kota besar / metropolitan = 1
- C_d = Koefisien perumahan kota sedang / kecil = 0,5
- P_s = Populasi (jiwa) (< 1 juta jiwa)
- K = S/N2)

dimana:

K = Jumlah contoh (KK)

N = Jumlah jiwa per keluarga = 5

b) Jumlah contoh timbulan sampah dari perumahan adalah sebagai berikut:

(1) contoh dari perumahan permanen = (KS × 1) keluarga

(2) contoh dari perumahan semi permanen = (KS × 2) keluarga

(3) contoh dari perumahan non permanen = (KS × 3) keluarga

dimana:

• S1 = Proporsi jumlah KK perumahan permanen dalam (%)

• S2 = Proporsi jumlah KK perumahan semi permanen dalam (%)

• S3 = Proporsi jumlah KK perumahan non permanen dalam (%)

S = Jumlah contoh jiwa

c) Jumlah sampel diambil berdasarkan tingkat pendapatan, yaitu :

Pendapatan tinggi/High income = a

Pendapatan sedang/medium income = b

Pendapatan rendah/low income = c

Untuk mengetahui jumlah sampel yang diambil berdasarkan tingkat pendapatan dengan menggunakan rumus :

Pendapatan tinggi/High income = $\frac{a}{(a+b+c)}$ x jml rumah

Pendapatan sedang/medium income = $\frac{b}{(a+b+c)}$ x jml rumah

Pendapatan rendah/low income = $\frac{c}{(a+b+c)}$ x jml rumah

*Tabel 5.1
Klasifikasi Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk*

No	Klasifikasi Kota	Jml Penduduk	Jml Contoh Jiwa (S)	Jml KK (K)
1	Metropolitan	1.000.000 - 2.500.000	1.000 - 1.500	200 - 300
2	Besar	500.000 - 1.000.000	700 - 1.000	140 - 200
3	Sedang, Kecil	3.000 - 500.000	150 - 350	30 - 70

- d) Jumlah contoh timbulan sampah non perumahan dihitung berdasarkan rumus dibawah ini

$$S = C_d \cdot V T_s$$

Dimana S = jumlah contoh jenis bangunan non perumahan

Cd = Koefisien bangunan non perumahan = 1

Ts = Jumlah bangunan non perumahan

Kriteria Perumahan ditentukan berdasarkan kondisi fisik rumah, pendapatan kepala keluarga dan fasilitas rumah yang dimiliki. Kriteria non perumahan dilihat dari fungsi jalan, pasar, hotel, rumah makan dan restoran dan fasilitas umum. Satuan yang digunakan dalam pengukuran timbulan sampah adalah:

* volume basah (asal) : liter/unit/hari

* berat basah (asal) : kilogram/unit/hari

satuan yang digunakan dalam pengukuran komposisi sampah adalah dalam % berat basah/asal; jumlah unit masing lokasi pengambilan contoh timbulan sampah yaitu:

- perumahan : jumlah jiwa dalam keluarga;
- toko : jumlah petugas atau luas areal;
- sekolah : jumlah murid dan guru;
- pasar : luas pasar atau jumlah pedagang;
- kantor : jumlah pegawai;
- jalan : panjang jalan dalam meter;
- hotel : jumlah tempat tidur;
- restoran : jumlah kursi atau luas areal;
- fasilitas umum lainnya : luas areal.

- 2) Catat jumlah unit masing-masing penghasil sampah;
- 3) Kumpulkan kantong plastik yang sudah terisi sampah;
- 4) Angkut seluruh kantong plastik

Contoh soal :

- Jumlah contoh jiwa (S) = 1.000
- Jumlah jiwa per KK (n) = 10
- Proporsi jumlah KK rumah permanen /pendapatan tinggi = 25 %
- Proporsi jumlah KK rumah semi permanen/pendapatan sedang=30%
- Proporsi jumlah KK rumah non permanen /pendapatan rendah = 45 %

Jawab :

Jumlah keluarga diambil sebagai sampel/disampling :

$$K = s/n = 1.000/10 = 100$$

Jumlah sampel timbulan sampah di perumahan :

- Permanen = $S_1 \times K = 25\% \times 100 = 25$ rumah
- Semi Permanen = $S_2 \times K = 30\% \times 100 = 30$ rumah
- Non permanen = $S_3 \times K = 45\% \times 100 = 45$ rumah

b. *Metode pengukuran contoh timbulan sampah*

- 1) sampah terkumpul diukur volume dengan wadah pengukur 40 liter dan ditimbang beratnya; dan atau
- 2) sampah terkumpul diukur dalam bak pengukur besar 500 liter dan ditimbang beratnya; kemudian dipisahkan berdasarkan komponen komposisi sampah dan ditimbang beratnya.
- 3) Peralatan dan perlengkapan yang digunakan terdiri dari:
 - a) alat pengambil contoh berupa kantong plastik dengan volume 40 liter;
 - b) alat pengukur volume contoh berupa kotak berukuran 20 cm x 20 cm x 100 cm, yang dilengkapi dengan skala tinggi;
 - c) timbangan (0 – 5) kg dan (0 – 100) kg;
 - d) alat pengukur, volume contoh berupa bak berukuran (1,0 m x 0,5 m x 1,0 m) yang dilengkapi dengan skala tinggi;
 - e) perlengkapan berupa alat pemindah (seperti sekop) dan sarung tangan.

4) Perhitungan Komposisi Sampah

Sisa makanan dan daun-daunan (D)

$$S = \frac{\text{berat komponen sampah(kertas/plastik dll) x 100\%}{\text{Berat total sampel sampah}}$$

Tujuannya : untuk mengetahui komposisi sampel sampah dari sumber tertentu dan mengetahui berat sampah yang akan dikirim ke laboratorium

a) Sisa makanan dan daun-daunan (D)

$$= \frac{D_1 + D_2 + D_3 \dots D_n}{\text{Berat total sampel sampah}} \times 100\%$$

Kertas (K)

$$= \frac{K_1 + K_2 + K_3 \dots K_n}{\text{Berat total sampel sampah}} \times 100\%$$

- b) Aduk merata contoh tersebut dan dimasukkan dalam kantong plastik ditutup rapat
- c) Mengamankan sampel serta wadah, disegel dengan benar. (untuk sampah padat organik sampel dimasukkan ke dalam coolbox dengan ice pack untuk mencegah adanya perubahan yang diakibatkan oleh kegiatan organisme. Untuk sampel padat non organik dapat langsung dimasukkan dalam coolbox tanpa ice pack)

- d) Mengisi formulir pengambilan sampel
- e) Diangkut ke laboratorium untuk dianalisa.

Latihan

- 1) Tahapan pengambilan sampah dalam bentuk cair secara kimia
- 2) Hitung jumlah sampel timbulan sampah yang diperoleh dari perumahan
 - a) Jumlah contoh jiwa (S) = 2.000
 - b) Jumlah jiwa per KK (n) = 5
 - c) Proporsi jumlah KK rumah permanen /pendapatan tinggi = 25 %
 - d) Proporsi jumlah KK rumah semi permanen/pendapatan sedang=15%
 - e) Proporsi jumlah KK rumah non permanen /pendapatan rendah = 60 %
- 3) Hitunglah berat sampel daun dan sisa makanan di lokasi sidosermo yang akan dikirim ke laboratorium jika diketahui :
 - Berat daun di lokasi a = 5 kg
 - Berat kertas di lokasi a = 20 kg
 - Berat kaleng plastik di lokasi a = 7 kg

 - Berat sisa makanan di lokasi a = 35 kg
 - Berat daun di lokasi b = 15 kg
 - Berat kertas di lokasi b = 24 kg
 - Berat kaleng plastik di lokasi b = 17 kg
 - Berat sisa makanan di lokasi b = 40 kg

 - Berat daun di lokasi c = 7 kg
 - Berat kertas di lokasi c = 56 kg
 - Berat kaleng plastik di lokasi c = 29 kg
 - Berat sisa makanan di lokasi c = 58 kg

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dalam mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang

- 1) Prosedur Pengambilan Sampel secara Kimia pada Sampah Cair/lindi
- 2) Pengambilan contoh timbulan sampah dilakukan secara acak strata dengan jumlah sebagai berikut:
- 3) Metode pengukuran contoh timbulan sampah

Ringkasan

- 1) Lokasi penambilan sampah cair /lindi (leachete) pada kolam atau pada genangan air disekitar sampah harus dapat menggambarkan kualitas air limbah tersebut yang bertujuan untuk mengetahui efisiensi proses pengolahan lindi dengan cara sampel diambil dari kolam sebelum masuk menuju instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan mengevaluasi efisiensi IPAL dengan cara mengambil pada inlet dan outlet IPAL
- 2) Alat pengambil contoh berupa kantong plastik dengan volume 40 liter; sarung tangan, kantong plastik, formulir, lael, cool box dan tool box.
- 3) Pengambilan sampel sampah padat organik dan anorganik mengacu pada SNI 19-3964-1994 yaitu pengambilan contoh timbulan sampah dibagi menjadi 2 kelompok utama, yaitu perumahan yang memiliki pendapatan tinggi, sedang dan rendah, sedangkan non perumahan toko; kantor; sekolah; pasar; jalan; hotel; restoran, rumah makan; dan fasilitas umum lainnya.
- 4) Pengambilan contoh timbulan sampah dilakukan secara acak strata dengan menggunakan rumus $S = C_d \sqrt{P_s}$ dan $K = S/N$
- 5) Satuan yang digunakan dalam pengukuran timbulan sampah volume basah (asal) yaitu liter/unit/hari, jika berat basah (asal) dalam satuan kilogram/unit/hari
- 6) satuan yang digunakan dalam pengukuran komposisi sampah adalah dalam % berat basah/asal;
- 7) Pengukuran timbulan sampah diukur dalam wadah pengukur 40 ltr lalu ditimbang atau dalam bak 500 lt lalu dipisahkan berdasarkan komposisi sampah. Tujuan dari pemisahan komposisi sampah dari sumber tertentu yaitu mengetahui berat sampah yang akan dikirim ke laboratorium dengan perhitungan komposisi sampah sebagai berikut

$$S = \frac{\text{Berat komponen sampah(kertas/plastik dll)} \times 100\%}{\text{Berat total sampel sampah}}$$

- 8) Sampel yang udah dipisahkan berdasarkan komposisinya lalu diaduk merata dimasukkan dalam kantong plastik ditutup rapat dan disegel.
- 9) Mengamankan sampel padat organik ke dalam coolbox dengan ice pack untuk mencegah adanya perubahan yang diakibatkan oleh kegiatan organisme, sedangkan sampel padat non organik dapat langsung dimasukkan dalam coolbox tanpa ice pack

Tes 3

Kerjakan soal dibawah ini, dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat.

- 1) Tujuan dari pemilihan titik pengambilan sampel lindi/(leachete) pada inlet dan outlet di IPAL adalah untuk
 - A. Mengetahui efisiensi proses pengolahan lindi
 - B. Mengevaluasi efisiensi IPAL
 - C. Mengevaluasi inlet dan outlet kolam lindi
 - D. Mengetahu proses efektifitas dari IPAL

- 2) Wadah yang digunakan untuk sampel sampah dalam bentuk cair yaitu lindi/(leachete) adalah
 - A. Botol winkler
 - B. Botol kaca
 - C. Botol plastik
 - D. Petridisk

- 3) Pengambilan contoh timbulan sampah di suatu daerah yang memiliki rumah permanen 30 %, semi permanen 30 % dan non permanen 40 %, dengan jumlah jiwa = 1000 setiap KK terdiri dari 5 jiwa. Berapa contoh sampah yang diambil pada perumahan yang semi permanen
 - A. 50 rumah
 - B. 40 rumah
 - C. 30 rumah
 - D. 60 rumah

- 4) Kota besar memiliki penduduk sebanyak 1.000.000, pada kota besar itu memiliki toko per 5000 penduduk berapa jumlah contoh yang diambil
 - A. 10
 - B. 14
 - C. 25
 - D. 35

- 5) Satuan yang digunakan dalam pengukuran komposisi sampah dalam satuan
 - A. unit
 - B. Mol
 - C. % berat
 - D. % volume

Topik 4

Panduan Praktikum Pengambilan, Pengawetan, Pengiriman, Pemeriksaan Dan Interpretasi Hasil

Mahasiswa di haruskan menentukan berapa sampel yang diambil dan menentukan titik lokasi pengambilan sampel. Mahasiswa melakukan pengambilan dan pengiriman ke laboratorium sesuai dengan ketentuan. Sampel yang diperoleh dianalisa dan dilakukan interpretasi hasil. Hasil yang didapat dibandingkan dengan standar baku mutu yang ditentukan sesuai dengan peraturan dan perundang undangan yang berlaku.

Tujuan : Mahasiswa memahami dan mampu melakukan pengambilan sampel sampah, melakukan pemeriksaan dan memberikan rekomendasi hasil penyidikan / penyelidikan lingkungan

Manfaat : Mahasiswa akan lebih terampil dalam pengambilan, pengiriman dan pemeriksaan sampel sampah.

A. PENGIRIMAN SAMPEL SAMPAH

1. Labelling

Setelah pengambilan sampel selesai dilakukan, setiap wadah sampel harus dan wajib diberi label untuk dilakukan identifikasi. Label identifikasi digunakan untuk ketertelusuran rekaman sehingga dapat terhindar dari kekeliruan. Rekaman pengamanan sampel di lapangan harus ditulis dengan menggunakan tinta kedap air, begitu pula kertas label harus menggunakan kertas kedap air agar tulisan pada kertas label tidak hilang dan rusak.

Berikut merupakan contoh pelabelan pada wadah sampel sampah :

IDENTIFIKASI SAMPEL

1. Kode sampel	:	
2. Tanggal pengambilan sampel	:	Jam:
3. Lokasi atau titik koordinat	:	
4. Uraian sampel	:	
5. Parameter yang dianalisis	:	
6. Nama petugas pengambilan sampel	:	
7. Paraf petugas pengambilan sampel	:	

2. Aturan Pengiriman

a. Sampah Cair

Sampah cair pengiriman sampel dapat dilakukan dengan beberapa prosedur :

- 1) Sampel yang sudah dimasukkan ke dalam botol oksigen dan diberi label dimasukkan ke dalam coolbox yang telah terisi oleh dry ice / ice box hingga mencapai suhu sekitar 3-4⁰C kurang dari 24 jam.
- 2) Dalam perjalanan, botol sampel harus dalam keadaan tegak (tidak miring), tujuannya agar tidak ada perubahan komposisi sampel yang sudah diambil.
- 3) Pengiriman sampel dapat dilakukan dengan menggunakan jalur darat, udara, laut sesuai dengan kondisi yang ada, dan diusahakan mencari lokasi laboratorium terdekat, kemudian memberi tahu pihak laboratorium bahwa sampel harus diperiksa tidak lebih dari 24 jam.

b. Sampah Padat

Sampah padat pengiriman sampel dapat dilakukan dengan prosedur yaitu sampel sampah padat dimasukkan dalam kantong plastik, kemudian ditutup rapat, diberi identitas sampel, mengamankan sampel dengan memasukkan ke dalam tas sampel (untuk sampah padat organik dengan memasukkan ke dalam cooling box untuk mencegah adanya perubahan yang diakibatkan oleh kegiatan organisme, disegel dengan benar) dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisa.

B. PEMERIKSAAN SAMPEL SAMPAH SECARA KIMIA

1. Alat yang digunakan:

- a. AAS/SSA (Spektrofotometer Serapan Atom)
- b. Labu ukur
- c. Pipet tetes
- d. Pipet takar 10 ml dan 5 ml
- e. Erlenmeyer 100 ml
- f. Corong
- g. Kertas saring
- h. Kompor listrik
- i. Cawan

2. Pemeriksaan Kimia

- a. *Pemeriksaan anorganik yaitu Analisa Logam dan Metaloid dengan cara digest asam pada suhu rendah*

Ruang Lingkup dan Perlakuan

Metode ini dapat dilakukan pada suhu rendah (95^o) untuk menentukan asam yang terurai (jumlah total) dari metal atau metalloid pada sampel tanah, sludge, sedimen atau limbah padat lain.

Metode ini sebaiknya dilakukan pada sampel yang mengandung Sb, As, atau Se. Tetapi dapat juga dilakukan untuk analisa unsur berikut :

Sb, As, Ba, Cd, Cr, Co, Ag, Pb, Fe, Molibdat, Ni, Se, Thallium, V dan Zn. (Jika Sb, As, atau Se tidak dianalisa, sebaiknya menggunakan metode Digest Asam pada suhu tinggi digest asam pada metal, untuk metal dan metalloid diperlukan perlakuan tambahan dengan cara ekstraksi.

Prinsip :

Langkah digest dengan campuran asam HCl pekat dan HNO₃ dengan perbandingan 4 : 1 pada suhu 95°C dan diuapkan sampai mendekati kering. Hasil dari pemanasan campuran asam tersebut kemudian disaring, residu dan kertas saringnya direfluks dalam HCl pekat selama 5 menit, kemudian disaring lagi. Filtratnya dianalisa dengan ICP (Inductively Complated Plasma Emision Spectrophotmetry) AAS atau metode analisa lain.

Bahan:

Kertas saring Whatman 41 atau sejenis dibilas dengan campuran asam pembilas.

Reagen:

- HCl pekat
- HNO₃ pekat
- Campuran asam pembilas (1% HCl- 1% HNO₃). Ambil 10 ml HCl pekat dan 10 ml HNO₃ pekat kemudian ditambah dengan 980 ml aquadest (1000 ml).

Prosedur:

- 1) Masukkan sampel tanah ke dalam mortar non logam atau alat penumbuk sampel tanah lain, kemudian tumbuk sampel tanah kering udara sampai diameter butiran 0,15 mm (lolos saring 100 mesh) Timbang 1 g contoh tanah homogen, (akurasi timbangan 0,02 g), kemudian masukkan ke dalam labu kjeldahl
- 2) Tambahkan 20 ml HCL pekat dan 6 ml HNO₃ pekat.
- 3) Hidupkan pemanas, panaskan secara perlahan hingga campuran reagen dan sampel bereaksi pada 95°C
- 4) Pertahankan suhu pada 95°C dan biarkan campuran menguap hingga mendekati kering
- 5) Dinginkan sampel kemudian tambah 40 ml campuran asam pembilas lewat dinding erlenmeyer
- 6) Saring sampel dengan whatman 41 yang telah dibilas dengan asam pembilas kemudian masukkan ke dalam labu volume 100 ml. (Disini terjadi tahap digest pertama).
- 7) Cuci residu dan kertas saring dengan (<5 ml HCL pekat dan 20 ml aquadest yang telah dipanaskan pada 95°C) dan tambahkan campuran ini ke dalam labu volume 100 ml
- 8) Panaskan kembali residu dan kertas saring dengan 5 ml HCl pekat pada labu kjeldahl pertama pada 95°C sampai kertas saring hancur (kira-kira 10-15 menit)

- 9) Cuci kertas saring kedua dengan aquadest. Saring hasil digest kedua dengan kertas saring yang telah dibilas dengan asam pembilas ke dalam labu volume 100 ml hasil digest pertama. Setelah dingin tepatkan volume larutan dengan aquadest.

Larutan filtrat hasil digest, kemudian dilakukan analisa :

Reagen :

- 1) Pereaksi P pekat
Larutkan 122 gr $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dengan 100 ml aquadest dalam labu ukur .
Tambahkan 0,277 gr $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ 0,5 H_2O dan secara perlahan 140 ml H_2SO_4 pekat, tambahkan aquadest hingga 1 lt
- 2) Pereaksi pewarna P
Campurkan 1,06 gr asam askorbat dan 100 ml pereaksi P pekat, tambahkan 25 ml H_2SO_4 4 N, tepatkan 1 liter dengan aquadest (reagen ini harus selalu baru)
- 3) Standart induk 100 ppm PO_4 (Titrisol)
Pipet 10 ml larutan standart induk ppm PO_4 masukkan dalam 100 ml labu ukur tambahkan dengan aquadest sampai tanda batas

3. Pengukuran P

- a. Pipet 1 ml ekstrak contoh dan deret standar P ke dalam tabung kimia. Tambahkan 9 ml air bebas ion dan kocok (pengenceran 10x). Pipet masing 2 ml ekstrak encer contoh dan deret standar ke dalam tabung reaksi.
- b. Tambahkan 10 ml pereaksi pewarna P. Kocok dengan pengocok tabung sampai homogen dan biarkan 30 menit. P dalam larutan diukur dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm.

Reagen :

- 1) HNO_3 pa 65%
- 2) HClO_4 pa 70 %
- 3) Larutan standar induk K, Na, Ca, Mg, Fe, AL, Mn, Cu, Zn masing masing 1.000 ppm dalam aquadest
- 4) Larutan standart induk 500 ppm PO_4
- 5) Larutan LaCl_4 25.000 ppm (67 gr LaCl_3 + 15 ml HCl 25% dalam 1.000 ml aquadest
- 6) Pereaksi untuk pengukuran S
- 7) Asam campur yaitu campurkan 125 ml asam asetat glasial + 50 ml HCl + 50 ml asam fosfat tepatkan dengan aquadest hingga 500 ml (dalam pemakaian harus diencerkan 5 kali dengan aquadest)
- 8) BaCl_2 ; campurkan 3 gr BaCl_2 + 4 ml Tween -80 kedalam 100 ml aquadest
- 9) Larutan Buffer : 100 gr NH_4 asetat + 50 ml asam asetal glasial + 10 gr titriplex II +4 gr titriplex I campur dan ditambahkan aquadest hingga 200 ml

10) Azomethine-H : 0,53 gr Azomethine-H + 1 gr asam askorbat ditambahkan aquaedst 50 ml larutkan jika perlu dipanaskan.

4. Pengukuran K, Ca, Mg, dan Na

- a. Pipet 1 ml ekstrak dan deret standar masing-masing ke dalam tabung kimia dan ditambahkan 9 ml larutan LaCl₃ 25.000 ppm. Pipet 10 ml larutan standart K, Ca, Mg dan Na masukkan dalam tabung reaksi tambahkan 1 ml larutan LaCl₃ 25.000 ppm. Kocok dengan menggunakan pengocok tabung sampai homogen.
- b. Ca dan Mg diukur dengan AAS sedangkan K dan Na diukur dengan alat flamephotometer dengan deret standar sebagai pembanding.

5. Pengukuran S

- a. Pipet masing-masing 1 ml ekstrak dan deret standar S ke dalam tabung kimia.
- b. Ditambahkan masing-masing 7 ml asam campur dan 2,5 ml larutan BaCl₂ kemudian kocok dengan pengocok tabung sampai homogen. Biarkan 30 menit dan kemudian diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 432 nm.

6. Pengukuran Fe, Al, Mn, Cu, dan Zn

- a. Fe, Al, Mn, Cu dan Zn diukur langsung dari ekstrak contoh menggunakan AAS dengan deret standar masing-masing sebagai pembanding.
- b. Al menggunakan nyala campuran gas N₂O-asetilen, sedangkan yang lainnya menggunakan nyala campuran udara-asetilen.

7. Pengukuran boron

- a. Pipet masing-masing 4 ml ekstrak contoh dan deret standar boron ke dalam tabung reaksi.
- b. Tambahkan 1 ml larutan buffer boron dan kocok. Kemudian tambahkan 1 ml Azomethine-H, kocok dan biarkan 1 jam. Boron dalam larutan diukur dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 432 nm.

Perhitungan

Kadar P (%)

$$= \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak} \times 1.000 \text{ ml}^{-1} \times 100 \text{ mg contoh}^{-1} \times \text{B.A. P / B.M. PO}_4 \times \text{fp} \times \text{fk}$$

$$= \text{ppm kurva} \times 50/1.000 \times 100/500 \times 31/95 \times 10 \times \text{fk}$$

$$= \text{ppm kurva} \times 0,1 \times 31/95 \times \text{fk}$$

Kadar K, Ca, Mg dan Na (%)

$$= \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak} \times 1.000 \text{ ml}^{-1} \times 100 \text{ mg contoh}^{-1} \times \text{fp} \times \text{fk}$$

$$= \text{ppm kurva} \times 50/1.000 \times 100/500 \times 10 \times \text{fk} = \text{ppm kurva} \times 0,1 \times \text{fk}$$

Kadar S (%)

= ppm kurva x ml ekstrak 1.000 ml^{-1} x 100 mg contoh $^{-1}$ x fk

= ppm kurva x 50/1000 x 100/500 x fk

= ppm kurva x 0,01 x fk

Kadar Fe, Al, Mn, Cu, Zn, dan B (ppm)

= ppm kurva x ml ekstrak 1.000 ml^{-1} x 1000 g g contoh $^{-1}$ x fk

= ppm kurva x 50/1.000 x 1.000/0,5 x fk

= ppm kurva x 100 x fk

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko. 100 = faktor konversi ke %

1000 = faktor konversi ke ppm (mg/kg)

fp = faktor pengenceran (10)

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

b. Pemeriksaan Organik

1) Kadar Lemak

Tujuan : mengetahui kadar lemak yang terkandung dalam sampel sampah

Prinsip :

Ekstraksi dengan Normal Heksan

Lemak larut dalam eter (Normal-heksan), dengan demikian lemak dapat dipisahkan dari sampel sampah dengan melarutkan dengan eter. Karena titik penguapan eter lebih rendah dari lemak, maka lemak dapat dipisahkan dari eter dengan cara ekstraksi.

Alat dan Bahan :

- a) Sampel sampah di laboratorium
- b) Aluminium foil atau cawan timbang yang lain
- c) Asam Chlorida 8 N sebanyak 30 ml
- d) Kertas pengukur pH
- e) Normal Heksan (eter)
- f) Kertas saring whatman
- g) Labu 250 ml
- h) Oven 150°C
- i) Alat ekstraksi lemak (soxlet)

Cara Kerja :

- a) Timbang sampel sampah ± 5 gram, masukkan ke gelas kimia
- b) Tambahkan HCl 8 N 30 ml
- c) Panaskan selama 15 menit

- d) Diencerkan dengan aquades panas sampai dengan 100
- e) Saring dengan kertas whatman (kertas saring terlebih dahulu ditimbang)
- f) Cuci/bilas berkali-kali sampai filtrate menjadi basah/netral
- g) Timbang labu yang telah dipanaskan 105°C 6 jam dengan batu didihkan (a gram)
- h) Kertas saring diambil dan dipanaskan 105°C pada cawan petri selama 1 hari
- i) Lipat dan masukkan kedalam labu yang telah ditimbang pada langkah 7
- j) Ekstraksi dengan 200 normal heksan sampai eter menguap dan lemak menempel di dinding labu.
- k) Panaskan pada oven 105°C selam 1 jam
- l) Timbang labu (b gram)
- m) Perhitungan :

$$\text{Kadar Lemak} = \frac{b - a}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

2) Kadar Volatile Sampah

Tujuan : mengetahui kadar volatile yang dikandung suatu sampel sampah tertentu.

Prinsip : Sampah dipanaskan pada temperature dimana bagian volatile sampah akan terpijar dan menguap.

Alat dan Bahan :

- a) Sampel sampah kering sudah halus
- b) Timbangan
- c) Cawan Krus Porselin
- d) Oven 600° C
- e) Penjepit

Prosedur :

- a) Sampel sampah kering hasil penetapan kadar air, digerus sampai halus.
- b) Timbang cawan krus kosong yang sudah di panaskan 1 jam dalam oven 600°C. Catat hasilnya.
- c) Ke dalam cawan tersebut timbang sampel kering dan halus ±4gr. Catat beratnya (a gram).
- d) Masukkan cawan krus dalam oven 600°C selama 2 jam. Lebihkan ¼ jam untuk pencapaian temperature 600°C.
- e) Matikan oven, biarkan temperature oven turun, keluarkan cawan, biarkan dingin, masukkan dalam desikator. Timbangan cawan (b gram).
- f) Perhitungan

$$\% \text{ Kadar Volatil} = \frac{\text{berat isi (a)} - \text{berat isi (b)}}{\text{berat krus isi (a)} - \text{berat krus kosong}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = (100\% - \% \text{ kadar volatil})$$

3) Pemeriksaan BOD pada Lindi/Leachete

Khusus untuk jenis pemeriksaan BOD untuk sampel lindi/leachate, harus diketahui terlebih dahulu zat organik yang terkandung di sampel tersebut, oleh karena itu perlu dilakukan pemeriksaan zat organik. Tujuan dari pemeriksaan zat organik untuk mengetahui berapa pengenceran yang dilakukan pada proses pemeriksaan BOD pada sampel leachate, dengan mengetahui jumlah oksigen yang diperoleh dari hasil zat organik dengan melihat perbandingan nilai KMnO_4 . (Alaerts,G, 1984)

Alat dan Bahan

Alat :

Gelas Ukur, pipet Tetes, gelas Beaker, buret, labu Erlenmeyer dan hot Plate, Inkubator dengan suhu 20°C

Bahan :

- a) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
- b) KMnO_4
- c) H_2SO_4
- d) Larutan MnSO_4
 $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 480$ gram dilarutkan dengan aquades sampai 1000 ml atau
 $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 400$ gram dilarutkan dengan aquades 1000 ml atau
 $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 364$ gram dilarutkan dengan aquades 1000 ml
- e) Pereaksi Oksigen (Alkali Jodida)
 500 gram NaOH dan 150 KI atau
 700 gram KAOH dan 150 KJ
 Dilarutkan dalam aquades sampai 1000 ml + 10 gram NaN_3 dalam 40 ml aquades
- f) Larutan amilum 1 % (1 gr amilum + 20 ml aquades panas + HgI_2 sebagai pengawet)
- g) Larutan atock Na-Thio-Sulfat 0,1 N
 Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N mengencerkan dari yang 0,1 N
 (1 bagian larutan atock + 3 bagian aquades)
- h) Larutan baku KIO_3 0,1 N
 357 gram KIO_3 dilarutkan dengan aquades sampai 100 ml (dalam labu ukur)

- i) Larutan KJ 10 % / 20 %
- j) Larutan H₂SO₄ 4 N
- k) Asam Sulfat pekat (36 N)
- l) Pereaksi untuk larutan Nutrisi :
 - (1) Larutan Buffer
 - 8,5 gram KH₂PO₄
 - 21,75 gram KH₂PO₄
 - 33,4 gram KH₂PO₄
 - 1,7 gram Amonium Clorida (NH₄Cl)Masing – masing dilarutkan dengan aquades secukupnya, kemudian dicampurkan menjadi satu dan encerkan menjadi 1000 ml dengan aquades. Simpan dalam botol coklat (bila keruh dibuang).
 - (2) MgSO₄
 - 22,5 gram MgSO₄ 7H₂O dilarutkan dalam aquades sampai 1000 ml
 - (3) Larutan FeCl₃ dan CaCl₂
 - 0,25 gram FeCl₃ dan 27,5 gram CaCl₂. Masing – masing dilarutkan dengan aquades secukupnya, kemudian dicampur dan diencerkan sampai 1000 ml dengan aquades.
- m) Larutan Bibit Mikroba
 - Dapat digunakan air limbah domestik atau air limbah dari clarifier pengolahan primer. Sebelum digunakan larutan ini disimpan dalam uhu 20°C selama 24-36 jam. Kemudian saring melalui kertas saring atau kapas. Air pengencer digunakan air suling, minimum pembuatan adalah 2 liter.
 - Siapkan jerigen dengan volume jerigen sesuai kebutuhan
 - Isikan aquades yang akan diaerasi
 - Tambahkan adanya reagen untuk nutrisi (lihat pereaksi no.9)
 - Untuk tap 1 liter aquades dibutuhkan masing – masing :
 - 1 ml R/9a
 - 1 ml..... R/9b
 - 1 ml R/9c
 - 1 ml R/10 (bila diperlukan)
 - Kemudian aerasikan selama kurang lebih 6 jam

Menentukan nilai KMnO₄/Zat organik

Tujuan : mengetahui berapa pengenceran pada proses pemeriksaan BOD yang paling mendekati, sehingga pada proses pengeraman selama 5 hari kandungan oksigen tidak habis dimakan oleh bakteri di dalam sampel tersebut. (Alaerts,G, 1984)

Prosedur Kerja Penentuan nilai KMnO₄

- a) Pembebasan Labu Erlenmeyer dari Zat Organik
 - 1) Mengambil 50 ml Air lindi dan Memasukkan ke dalam Labu Erlenmeyer
 - 2) Menambahkan 2,5 ml H₂SO₄ 4N
 - 3) Menambahkan tetes demi tetes KMnO₄ 0,01 N hingga cairan berwarna merah muda
 - 4) Memanaskan di atas hot plate dan membiarkan mendidih
 - 5) Menambahkan larutan KMnO₄ 0,01 N, jika selama pendidihan warna merah muda hilang sampai tidak hilang lagi
 - 6) Membuang cairan dalam erlenmeyer

- b) Pemeriksaan KMnO₄
 - 1) Mengambil 50 ml sampel air dan memasukkan ke dalam labu erlenmeyer yang sudah dibebaskan dari zat organik pada prosedur sebelumnya
 - 2) Menambahkan 2,5 ml H₂SO₄ 4 N
 - 3) Menambahkan tetes demi tetes KMnO₄ 0,01 N hingga cairan berwarna merah muda
 - 4) Memanaskan di atas hot plate sampai hampir mendidih
 - 5) Menambahkan 5 ml KMnO₄ 0,01 N dan membiarkan mendidih selama 5 menit tepat.
 - 6) Menambahkan 15 ml asam oksalat 0,01 N setelah selesai pemanasan.
 - 7) Mentitrasi dengan KMnO₄ 0,01 N sampai larutan berubah warna merah muda dan mencatat banyaknya larutan KMnO₄ 0,01 N yang digunakan.

- c) Penentuan Faktor Ketelitian KMnO₄
 - 1) Mengisikan 5 ml larutan asam oksalat pada labu Erlenmeyer
 - 2) Mentitrasi dengan larutan KMnO₄ 0,01 N sampai larutan berubah warna merah muda dan mencatat banyaknya larutan KMnO₄ 0,01 N yang digunakan.

- d) Perhitungan
 Penentuan Faktor Ketelitian KmnO₄ Zat Organik

$$\text{Faktor Ketelitian} = \frac{V \text{ asam Oksalat}}{V \text{ KMnO}_4}$$

Keterangan :V = Volume
 Pemeriksaan Zat Organik

$$\text{Kandungan KMnO}_4 = \frac{1000}{V \text{ Sampel}} \times [\{ (V_{\text{KMnO}_4} + a) \times F \} - V_{\text{KMnO}_4}] \times N_{\text{KMnO}_4} \times BE_{\text{KMnO}_4}$$

= a mg/l

Keterangan : F = Faktor Ketelitian
 BE = Berat Ekivalen
 N = Normalitas
 V = Volume
 = Volume Titration KMnO₄

Setelah diperoleh nilai KMnO₄, dibuat menjadi mol maka nilai KMnO₄ dibagi dengan Mr KMnO₄ :

$$\begin{aligned} \text{Mol KMnO}_4 &= a / \text{mr KMnO}_4 (158) \\ &= y \text{ mol KMnO}_4 \end{aligned}$$

maka dibuat perbandingan valensi KMnO₄ adalah K : Mn : (O x 4)

$$\begin{aligned} K &= (1 \times y) ; Mn = (1 \times y) \text{ dan untuk } O = (4 \times y) \\ u \text{ mol K} : g \text{ mol Mn} : 4 T \text{ mol O} \end{aligned}$$

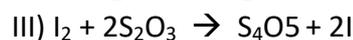
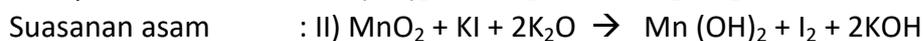
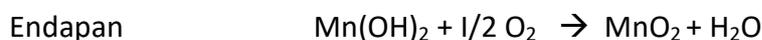
Dari hasil itu maka didapat hasil pengenceran dengan cara mengalihkan berat atom oksigen : 16 X 4T mol O = R kali

Jadi pengencerannya tidak boleh lebih dari R kali.

Pemeriksaan BOD

Metoda – (cara uji) : Titration – cara winkler

Prinsip : Oksigen dalam contoh mengoksidasi MnSO₄ yang ditambahkan ke dalam contoh dalam suasana alkalis, sehingga zat terjadi endapan MnO₂ (reaksi I) Dengan penambahan H₂SO₄ pekat dan KI maka akan dibebaskan molekul Iodium yang ekuivalen dengan oksigen terlarut (reaksi II) Iodium yang dibebaskan itu kemudian dianalisa secara Iodometri dengan larutan baku Thio dengan indikator amilum (reaksi III).



BOD

adalah jumlah milligram oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik secara biokimia dalam 1 liter dengan inkubasi selama 5x24 jam pada suhu 20⁰C. BOD menunjukkan jumlah zat organik dalam air yang dapat didegradasi secara biologis. Air dengan nilai BOD yang tinggi menunjukkan jumlah pencemar yang tinggi yang disebabkan

oleh bahan organik. Perairan dengan BOD tinggi biasanya menimbulkan bau yang tidak sedap, yang berakibat dapat mengganggu kehidupan di darat.

Pengujian BOD adalah suatu prosedur Bio Assay yang melibatkan pengukuran oksigen yang dikonsumsi jasad renik seraya memanfaatkan bahan organik yang terdapat, dibawah kondisi semirip mungkin dengan jasad yang terjadi di alam.

Pemeriksaan BOD dilakukan dengan cara mengukur selisih oksigen terlarut dalam contoh pada keadaan sebelum dan setelah inkubasi 5 x 24 jam pada suhu 20°C. dalam melakukan pelakuan BOD diperlukan nutrisi untuk pertumbuhan mikroorganisme. (Alaerts,G, 1984)

Cara Perlakuan Contoh :

Apabila terdapat zat pengganggu, lakukan penghilangannya menurut cara – cara

- Chlor aktif :
Kedalam 100 ml contoh uji, tambahkan 10 ml larutan KJ, 10 ml asam asetat dan beberapa tetes indikator amilu, jika terjadi warna biru titrasi dengan larutan Na₂SO₃ (Natrium Sulfit) sampel warna biru hilang. Catat pemakaian larutan Na₂SO₃ (a ml)
Ke dalam 100 ml contoh yang lain, tambahkan a ml larutan Na₂SO₃. Kocok dan biarkan selama 10 menit kemudian tambahkan 10 ml larutan KJ dan 10 ml asam asetat. Bila campuran berwarna biru, titrasi dengan larutan Na₂SO₃ sampai berwarna biru hilang. Catat pemakaian Na₂SO₃ (b ml).
Ke dalam 100 ml contoh yang diuji BOD nya tambahkan (a + b) ml larutan Na₂SO₃.
- SO₂ (Belerang dioksida):
Apabila contoh uji mengandung SO₂, tuangkan sejumlah volume tertentu contoh uji tab kedalam gelas piala dan asamkan dengan asam Sulfida sampai pH 3 atau lebih rendah. Catat pemakaian asam tab untuk diperhitungkan pada faktor pengeceran apabila diperlukan. Alirkan gas Nitrogen kedalam contoh uji tab dari bawah sehingga terjadi gelembung – gelembung kecil dari gas tab. Kemudian periksa kebutuhan oksigen untuk volume tertentu dari contoh uji dengan menitrasinya dengan larutan Yodium 0,01 N/ 1 ml larutan Yodium 0,018 N setara dengan 0,08 mg O₂. Pemeriksaan akhir kebutuhan oksigen dari contoh uji tidak boleh lebih dari 0,1 mg/l
- H₂S dan Sulfida – sulfida lainnya
Cara menghilangkan sesuai dengan prosedur diatas dengan mencelupkan gas nitrogen kedalam contoh uji pada pH 5 atau lebih rendah sampai bau Sulfida hilang.
- Pengaturan pH
Nilai pH contoh uji harus netral, enetralan dapat dilakukan dengan penambahan asam Sulfat/ larutan NaOH

Prosedur Penentuan BOD

1. Siapkan botol winkler, lihat volume masing- masing botol (karena botol berbeda isinya walaupun bentuknya sama)
2. Buatlah pengenceran sesuai kebutuhan. Misalkan pengenceran dibutuhkan 5 kali maka hasil pembuatannya adalah :

$$\frac{1000}{5} = 200$$
 berarti dibutuhkan 200 ml air kotor dan 800 ml air pengencer.
3. Masukkan 800 ml air pengencer kedalam gelas ukur yang bervolume 1000 ml
4. Tambahkan pada 200 ml air kotor yang akan diaerasi (dalam mengerjakan BOD)
5. Dengan hati – hati dicampur merata
6. Tuangkan kedalam 3 botol winkler secara berhati – hati sampai penuh, kalau ditutup ada yang tumpah.
7. Ingat botol 1 dikerjakan DO nya segera pada saat itu juga.
 Botol 2 dan 3 disimpan dalam inkubator untuk dieramkan 20°C/ 5 hari..... tentukan DO. Tiap – tuap botol supaya diberi etiket dengan kode – kode yang jelas.
8. Untuk penentuan DO lihat penentuan oksigen terlarut (Dissolved Oxygen) = DO
9. Lakukan hal yang sama dengan air pengencer saja tanpa air kotor (lakukan dari prosedur 1 s/d 8 untuk air pengencer)

Prosedur Menentukan DO/oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*)

a. Menghitung normalitet $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (*Natrium Thiosulfat*)

- 1) Ukurkan dengan pipet gondok 5 ml KIO_3 masukkan kedalam erlenmeyer
- 2) Tambahkan 5 ml KJ 10%/20%
- 3) Tambahkan 5 ml H_2SO_4 4N
- 4) Pada buret masukkan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang akan ditera normalitetnya, atur kedudukan dalam buret.
- 5) Titar larutan dalam erlenmeyer tersebut (warna awal coklat) sampai warna berubah menjadi kuning muda.
- 6) Tambahkan amilum sebanyak 0,5 – 1 ml (warna berubah biru)
- 7) Titar dilanjutkan sampai warna berubah menjadi biru yang sangat muda yang kalau ditambah dengan 1 tetes warna menjadi hilang
- 8) Catat volum yang dipakai untuk penitaran misalkan (V_2)
- 9) Masukkan Rumus:

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

$$V_1 = \text{volume } \text{KIO}_3$$

$$N_1 = \text{normalitet } \text{KIO}_3$$

$$V_2 = \text{hasil volume titrasi } (\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$$

$$N_2 = \text{hasil normalitet } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$$

b. Analisis sampel air untuk penentuan oksigen terlarut

- 1) Masukkan sampel (contoh air) ke dalam botol winkler sampai penuh betul (semua pekerjaan hindari terjadinya aerasi)
- 2) Letakkan botol tersebut kedalam mangkok mika
- 3) Tambahkan 2 ml pereaksi oksigen, tutup
- 4) Botol dibolak-balikkan (untuk mencampur)
- 5) Tambahkan 2 ml $MnSO_4$ tutup
- 6) Botol dibolak-balik
- 7) Biarkan endapan mengendap (beberapa menit)
- 8) Catat volume pereaksi yang ditambahkan (2ml + 2 ml)
- 9) Tambahkan 1-4 ml H_2SO_4 pekat (tergantung kebutuhan untuk pelarutan)
- 10) Tutup, bolak-balik sampai endapan terlarut semua
- 11) Amati perubahan warna yang terjadi (bila tidak ada warna berarti DO nol, bila ada warna kuning, pekerjaan dilanjutkan)
- 12) Ambil 200 ml dari larutan tersebut dan titar dengan $Na_2S_2O_3$ dengan petunjuk amilum
- 13) Catat volume $Na_2S_2O_3$ yang habis dipakai untuk menitarnya.
- 14) Sisa larutan dalam botol diukur dan juga dilakukan perlakuan yang sama seperti diatas.

c. Menghitung hasil

Volume botol yang dipakai dapat dihitung dari volume cairan yang ada dalam botol winkler tersebut.

Pada petunjuk (menentukan DO/oksigen terlarut), volume yang dititar :

Pertama : 200 ml,

Kedua : sisanya.

Jadi volume botol winkler adalah jumlah pertama dan kedua.

$$\text{volume contoh} = \frac{(\text{volume botol} - Y) \times 200}{\text{volume botol}} =$$

Y = volume reagen(pereaksi oksigen dan $MnSO_4$) (lihat penentuan oksigen terlarut/DO)

Perhitungan :

$$D.O \text{ mg/l} = \frac{\text{ml titar (pada hasil penentuan oksigen terlarut)} \times N \text{ Thiox8} \times 1000}{\text{volume contoh}}$$

Atau

$$D.O \text{ mg/l} = \frac{\text{ml titar} \times 0,2 \text{ faktor} \times 1000}{\text{volume contoh}}$$

$$\text{Faktor} = \frac{N \text{ Na}^2\text{S}_2\text{O}_8 \text{ (pada perhitungan normalitet N}_2\text{S}_2\text{O}_8\text{)}}{0.025}$$

Menghitung hasil BOD :

$$\text{mg/l BOD } 20^\circ\text{C/ 5 hari} = \frac{(A1 - (A2+A3) - B1 - (B2+B3)) \times \text{Pengenceran}}{2 \quad 2}$$

A1 = hasil DO segera (sebelum inkubasi)

A2 dan A3 = hasil rata – rata DO setelah inkubasi 20°C/ 5 hari

B1 = hasil DO segera air pengenceran

B2 dan B3 = hasil rata – rata DO air pengenceran 20°C/ 5 hari

4) Penetapan kadar karbon (C) dengan Metode Walkley dan Black

Prinsip

Penetapan C sampah pada prinsipnya sama seperti penetapan C tanah. Sampel sampah terlebih dahulu dioksidasikan dengan kalium bikromat, kemudian didekstruksi dengan asam sulfat pekat dan asam fosfat. Besarnya C yang hilang karena teroksidasi merupakan kadar C dalam sampah.

Alat-alat :

- a) Timbangan analitik / digital
- b) Labu erlenmeyer 500 ml
- c) Buret
- d) Pengaduk magnetik (magnetik stirer)
- e) Pipet 10 ml
- f) Gelas ukur
- g) Labu volumetrik (labu takar) 1 L.

Bahan pereaksi :

- a) Asam sulfat pekat (H₂SO₄ 96 %)
- b) Asam fosfat pekat (H₃PO₄ 85 %)
- c) Kalium bikromat 1 N.

Ditimbang 49.04 g K₂Cr₂O₇ kemudian dilarutkan dengan aquadest dalam baker glass 500 ml. Diaduk perlahan-lahan, kemudian dituangkan ke dalam labu volumetrik (labu takar) 1 L dan ditambahkan aquadest sampai tanda garis.

- a) Indikator difenilamin
Ditimbangkan 0.5 g difenilamin (p. a.) dan dilarutkan dalam 20 ml aquadest, kemudian ditambahkan 100 ml H₂SO₄ pekat.

b) Larutan ferosulfat 0.5 N.

Dilartukan 278 g FeSO₄ dengan aquadest dalam gelas piala 500 ml. Ditambahkan 15 ml H₂SO₄ dan diaduk perlahan-lahan dengan pengaduk kaca, setelah itu di encerkan menjadi 1 L dalam labu volumetrik.

Prosedur Pemeriksaan

- a) Ditimbang 1 g contoh sampah, dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 500 ml.
- b) dipipet 10 ml larutan K₂Cr₂O₇ 1 N dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer tersebut.
- c) ditambahkan 20 ml H₂SO₄ pekat dengan menggunakan gelas ukur, digoyangkan perlahan-lahan dan hati-hati jangan sampai contoh melekat di dinding gelas.
- d) dikerjakan prosedur nomor 1 sampai nomor 3 untuk blanko (tanpa contoh).
- e) selanjutnya ditambah 200 ml aquadest dan ditambahkan 10 ml H₃PO₃ pekat dan 30 tetes indikator difenilamin.
- f) larutan ini selanjutnya dititrasi dengan FeSO₄ 0.5 N sampai terjadi perubahan warna mula-mula dari hijau gelap menjadi biru keruh, dan menjadi hijau terang pada titik akhir titrasi

Perhitungan :

Kadar karbon dalam sampah :

$$\% C = \frac{V1 - V2}{S} \times N \times 0.39$$

Dimana :

- V1 = volume FeSO₄ yang terpakai untuk titrasi blanko
- V2 = volume FeSO₄ yang terpakai untuk titrasi contoh
- S = bobot contoh bokasi kering oven 105 °C dalam gram
- N = normalitas FeSO₄ (misalnya : 0.5)
- 0.39 = 3 x 10⁻³ x 100% x 1.3 (3 = bobot ekivalen karbon)

Catatan :

Faktor 1.3 adalah faktor kompetensi untuk pembakaran bahan organik yang tidak sempurna.

5) Penetapan Kadar Nitrogen Dengan Metode Kjeldahl

Prinsip

Penetapan N juga dapat dilakukan dari larutan destroat (hasil destruksi) dilakukan dengan menggunakan Kjeldhal. N dalam larutan didestilasi dengan alat destilator, kemudian diubah menjadi NH₄ melalui pendinginan dan diikat dengan asam borak. Besarnya N yang diikat oleh asam borak dititrasi dengan asam sulfat.

Alat-alat :

- a) Timbangan analitik/digital
- b) Labu Kjeldhal
- c) Destilator
- d) Labu destruksi (atau labu volumetrik 50 ml)
- e) Digestion block (atau hot plate)
- f) Gelas ukur
- g) Baker glass
- h) Pipet 10 ml
- i) Erlenmeyer 125 ml

Bahan pereaksi :

- a) Asam sulfat pekat (H_2SO_4) 96%
- b) Asam borat 1 %
Dilutkan 10 gram H_3BO_3 dalam 1 liter H_2O .
- c) Natrium hidroksida 25 %
Dilutkan 250 g NaOH dalam gelas piala dengan air murni (H_2O) 600 ml. setelah dingin diencerkan menjadi 1 liter dalam labu takar.
- d) Indikator Conway.
Dilutkan 0.100 g Metilen merah dan 0.150 Bromocresol green (BCG) dalam 200 ml Etanol 96%
- e) Asam sulfat 0.05 N.
Diencerkan 1.4 ml H_2SO_4 pekat dengan H_2O hingga menjadi 1 L, kemudian ditetapkan kenormalannya dengan boraks.

Prosedur Pemeriksaan :

- a) Dipipet 10 ml cairan destruksi (destruat) dari larutan stock A dan dipindahkan ke dalam kjeldhal 100 ml, kemudian ditambahkan 20 ml aquadest.
- b) Ditambahkan 50 ml NaOH 25 % dan segera dipasang pada alat penyulingan (destilator unit)
- c) Disiapkan 25 ml H_3BO_3 1 % beserta indikator Conway (4 tetes) dalam erlenmeyer 125 ml untuk menampung hasil destilasi.
- d) Destilasi dilakukan selama lebih kurang 10 menit sejak tetesan pertama jatuh (hasil destilasi menjadi sekitar 75 ml).
- e) Hasil destilasi dititrasi dengan H_2SO_4 0.01 N sampai terjadi perubahan warna dari hijau menjadi merah anggur / ungu. Jika menggunakan titrator otomatis : set akhir pH pada 4.60.

Perhitungan :

$$\% N = \frac{a-b}{s} \times N \times 1.4 \times 10$$

a=Volume H₂SO₄ yang terpakai untuk titrasi contoh

b=Volume H₂SO₄ yang terpakai untuk titrasi blanko

s= bobot contoh kering oven 105 °C

N= normalitas H₂SO₄ (misalnya : 0.01)

1.4= 14 (nomor atom N) x 10⁻³ x 100 %

10= 100 / 10

6) Perhitungan Rasio C/N pada sampah

$$\text{Rasio C/N} = \frac{\text{Nilai C-organik}}{\text{Nilai N- total}}$$

Rasio C/N yang paling baik untuk tanah adalah 10 - 20 (SNI 19-7030-2004). Selama proses pengomposan, bakteri penghancur akan menggunakan N untuk berkembang biak. Oleh karena itu bahan yang mengandung rasio C/N tinggi, proses pengomposannya akan lama, karena rasio C/N harus diturunkan hingga mendekati rasio C/N tanah.

C. INTERPRETASI HASIL

Hasil yang diperoleh akan dianalisis dan dibandingkan dengan standar baku sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku

1. Undang undang no 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah
2. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No P.70/Menlhk/Sekjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah Secara Termal
3. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 13 Tahun 2012 Tentang Pedoman Pelaksanaan Reduce, Reuse, dan Recycle melalui bank sampah
4. Peraturan pemerintah No 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah rumah Tangga dan Sampah
5. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
6. Peraturan Menteri Dalam Negeri No 33 Tahun 2010 Tentang Pedoman Pengelolaan Sampah
7. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
8. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Latihan

- 1) Sebutkan dalam pelabelan identifikasi apa saja yang harus di tulis dan ditempel pada wadah sampel.
- 2) Pemeriksaan apa yang harus dilakukan terlebih dahulu pada pemeriksaan BOD sebelum menentukan pengenceran pada sampel cair/lindi
- 3) Metode yang digunakan untuk pemeriksaan carbon adalah

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu anda dala mengerjakan soal latihan tersebut silakan anda pelajari kembali materi tentang

- 1) Pengiriman sampel
- 2) Pemeriksaan BOD pada sampel lindi
- 3) Pemeriksaan sampah untuk senyawa organik

Tes 4

Kerjakan soal dibawah ini, setelah anda melakukan praktek

- 1) Lakukan pengambilan sampel sampah dalam bentuk cair/lindi
- 2) Kirimkan sampel tersebut ke laboratorium, taati aturan pengiriman.
- 3) Kerjakan pemeriksaan BOD pada sampel sampah dalam bentuk cair/lindi dan lakukan interpretasi hasil sesuai dengan standar yang berlaku

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

- 1) A
- 2) A
- 3) A
- 4) A
- 5) D

Tes 2

- 1) A
- 2) D
- 3) B
- 4) A
- 5) A

Tes 3

- 1) B
- 2) A
- 3) D
- 4) B
- 5) C

Daftar Pustaka

- Alaerts,G., Santika, & Simestri, S. (1984).Metode Penelitian Air. Surabaya: Usaha Nasional
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), SNI 19-3964:1994. (1994) Metode pengambilan dan pengukuran contoh timbunan dan komposisi sampah perkotaan. Jakarta, Indonesia : Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), SNI 19-2454-2002. (2002). Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan. Jakarta, Indonesia : Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), SNI 3242:2008. (2008) "Pengelolaan Sampah di Permukiman," Jakarta, Indonesia : Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), SNI 6989.72:2009 (2009) Cara Ujia Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD). Jakarta, Indonesia : Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), SNI 6989.58 : 2008. (2008) Air dan Air Limbah. Jakarta, Indonesia : Author
- Damanhuri, E. (2010). Pengelolaan Sampah. Bandung: Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung
- Ferdinand, F.P., & Ariebowo, M.(2009). Praktis Belajar Biologi 1. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Hardiyawan, M.(2009). Pengaruh Pengelolaan Sampah Terhadap Tingkat Kesehatan.. (Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Penegtaahuan Alam Universitas Indonesia, 2009). Retrieved from <https://www.scribd.com/doc/21297522/> 4 Agustus 2017
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.70. (2016). Tentang Baku Mutu Emisi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Sampah Secara Termal. Jakarta, Indonesia: KLH
- Tchobanoglous, George; Theisen, Hilary; Vigil, & Samuel.(1993). Integrated Solid Waste Management. Boston, Amerika Serikat : Mcgrow-Hill Companies,
- Tobing, I. (2005). Dampak Sampah Terhadap Kesehatan Lingkungan dan Manusia. . (Makala, Fakultas Biologi Universitas Nasional, Jakarta, 2005). Retrieved from <http://biologi.unas.ac.id:8080/publikasi/Dampak> 4 Agustus 2017
- Vogel.(1979). Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Mikro dan Semimikro. . Jakarta :PT. Kalman Media Pusaka
- Wardhana, W. A.(2010). Dampak Pemanasan Global. Yogyakarta : Andi

BAB VI PARAMETER KIMIAWI MAKANAN

Djoko Purwoko, SKM, Mkes dan Demes Nurmayanti SKM, MKS

PENDAHULUAN

Pada bab 6 yang merupakan bab terakhir, kali ini kita akan membahas parameter kimia makanan dan minuman. Dalam bab 6 topik 1 kita akan membahas atau mempelajari tentang parameter kimia yang terdapat dalam makanan dan minuman khususnya jenis-jenis kontaminan kimia yang terdapat atau ditemukan dalam makanan dan minuman. Seperti anda ketahui bahwa cemaran kimia dapat berasal dari penggunaan bahan-bahan kimia selama bahan baku tersebut tersedia sejak di tanah pertanian/ peternakan sampai pada bahan-bahan yang ditambahkan selama proses pengolahan bahan makanan.

Mengingat pentingnya materi ini untuk dipelajari, maka perlu dijelaskan terlebih dahulu tentang jenis-jenis kontaminan yang terdapat pada makanan, sehingga terjadi perubahan struktur kimia dari bahan makanan dan minuman tersebut. Hal ini dikarenakan makanan telah mengalami pencemaran, terutama yang berasal dari senyawa kimia.

Untuk menjelaskan pengaruh pencemaran makanan dari bahan-bahan kimia maka pada topik 2 secara khusus akan menjelaskan dampak yang terjadi akibat pencemaran makanan/minuman terhadap kesehatan manusia.

Materi pada topik 1 dan 2 merupakan kompetensi yang harus dimiliki dan dikuasai oleh seorang tenaga sanitarian karena dengan menguasai kompetensi parameter kimia makanan dan minuman diharapkan mahasiswa dapat menerapkan teknik pengambilan, pengawetan, pelabelan, pengiriman sampel serta pemeriksaannya hingga mampu melakukan interpretasi hasil pemeriksaan parameter kimia makanan dan minuman.

Setelah mempelajari materi-materi pada bab 6 mahasiswa diharapkan memperoleh beberapa manfaat yang pertama, mahasiswa dapat menjelaskan pencemaran kimia makanan dan minuman. Yang kedua mahasiswa dapat menjelaskan pengaruh dan dampak pencemaran makanan dan minuman oleh parameter kimia makanan/minuman terhadap kesehatan dan yang ketiga, mahasiswa dapat menerapkan teknik pengambilan, pengawetan, pelabelan, pemeriksaan parameter kimia sampel makanan dan minuman secara tepat dan cepat serta berkemampuan untuk melakukan interpretasi secara kritis hasil pemeriksaan sampel makanan sesuai standar bahan mutu yang berlaku.

Untuk lebih mudah menyerap materi yang dipelajari maka pada bab 6 ini dilengkapi pula dengan latihan dan tes beserta rambu-rambu jawaban disetiap topik. Tujuannya untuk memudahkan mahasiswa mengukur kemampuan dan pemahamannya dalam bab 6 ini.

Dalam bab ini terbagi menjadi teori dan praktek. Teori disajikan melalui topik-topik sebagai berikut:

1. Topik 1 : Pencemaran kimia makanan dan minuman
2. Topik 2 : Dampak parameter kimia makanan/minuman terhadap kesehatan

🔪 ■ Kimia Lingkungan 🔪 ■

Sementara untuk panduan praktek disajikan pada topik tersendiri yang diberi judul Pengambilan sampel, pengawetan, labelling, pengiriman, pemeriksaan dan interpretasi hasil pemeriksaan sesuai standar baku mutu.

Topik 1

Pencemaran Kimia Makanan

Cemaran kimiawi yang terjadi pada makanan dapat berasal dari penggunaan bahan-bahan kimia selama pemeliharaan bahan baku baik sejak berada di tanah pertanian maupun peternakan, ataupun bahan kimia yang di tambahkan selama proses pengolahan. Adapun pencemaran kimia makanan sebagai berikut:

INSEKTISIDA

Kebanyakan insektisida bersifat sebagai neurotoksin yaitu toksin yang menyerang sistem syaraf. Penggunaan senyawa ini harus sesuai dengan dosis yang dianjurkan. Beberapa jenis makanan ternyata dapat mengakumulasi batas residu pestisida yang diperbolehkan terdapat di dalam makanan sehingga perlu mendapat perhatian untuk mencegah terjadinya keracunan.

1. Logam Berat

Logam berat dapat masuk ke dalam makanan melalui alat-alat makanan, alat pengolahan, atau peralatan masak. Sebagai contoh, peralatan masak yang mengandung cadmium (alat yang dilapisi), antimoni (berenamel abu-abu), dan seng, dapat menyebabkan keracunan makanan. Rak-rak yang terdapat di dalam lemari es mungkin mengandung cadmium (Cd). Jika makanan seperti daging ditempatkan secara langsung pad rak-rak tersebut, maka akan terjadi pencemaran cadmium ke dalam daging yang dapat mengakibatkan keracunan. Tembaga (Cu) dapat mencemari makanan jika wadah kaleng yang tidak dilapisi digunakan untuk menyimpan sari buah yang berasam tinggi. Seng (Zn) yang terdapat di dalam wadah yang digalvanisasi dapat menyebabkan makanan asam menjadi beracun, misalnya sari buah dan saus. Cadmium, tembaga dan seng larut ke dalam makanan melalui asam. Tembaga dapat menyebabkan gejala sakit perut jika mengalami kontak dengan makanan asam atau minuman berkarbonat.

Penggunaan alat-alat makan dari tanah juga dapat menyebabkan keracunan. FDA telah membuktikan bahwa beberapa alat makanan yang terbuat dari tanah tidak aman karena timbal (Pb) atau cadmium (Cd) yang dapat terekstrak ke dalam makanan dengan adanya asam. Lapisan (glaze) keramik yang mengandung Pb merupakan sumber keracunan dan berbahaya jika masuk kedalam tubuh. Minuman-minuman berasam tinggi seperti sari buah apel dan jeruk dapat melarutkan lapisan tersebut dan membebaskan Pb ke dalam minuman. Dalam tahun 1970 dilaporkan bahwa seorang anak laki-laki di Montreal, Kanada, meninggal karena minuman sari buah apel yang disimpan di dalam botol yang terbuat dari tanah liat.

Cemaran timbal (Pb) juga banyak ditemukan pada sayur-sayuran yang ditanam di pinggir-pinggir jalan besar yang ramai dengan kendaraan bermotor. Di Jakarta banyak ditemukan kebun sayur-sayuran yang sangat subur di pinggir-pinggir jalan besar, yang setelah dilakukan survey ternyata sayuran tersebut mengandung cemaran Pb dalam jumlah

tinggi yang berasal dari asap kendaraan bermotor. Logam berat lainnya sering mencemari makanan adalah merkuri (Hg) yang sering mencemari ikan yang ditangkap dari perairan yang terpolusi oleh logam tersebut, yang umumnya berasal dari limbah buangan industri. Selain Hg, limbah buangan industri yang sering mencemari ikan adalah timbal (Pb) dan tembaga (Cu).

2. Bahan Tambah Pangan (BTP)

Banyak bahan kimia yang menjadi beracun jika tertelan dalam jumlah tinggi. Beberapa bahan tambahan pangan (BTP) yang dalam jumlah kecil tidak berbahaya bagi kesehatan, tetapi jika tertelan dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan keracunan atau kematian, misalnya nitrit. Beberapa bahan pewarna yang dilarang penggunaannya dalam makanan dilaporkan bersifat karsinogenik. Zat warna yang telah dilarang penggunaannya dalam makanan dan kue-kue terutama adalah amaranth dan rhodamin B (warna merah), dan methanyl yellow (warna kuning)

Bahan-bahan tambahan lain yang dilarang digunakan dalam makanan sesuai dengan SK No. 288 / MEN. KES / PER / XI / 88 adalah:

- a. Asam borat
- b. Asam salisilat dan garamnya
- c. Dietilpirokarbonat
- d. Dulsin
- e. Kalium klorat
- f. Kloramfenikol
- g. Minyak nabati yang dibrominasi
- h. Nitrofurazon
- i. Formalin

Beberapa bahan tambahan yang masih sering disalahgunakan dalam pengolahan pangan di Indonesia terutama adalah pewarna, pemanis, dan pengawet.

3. Bahan Pengawet Makanan

Penggunaan berbagai bahan pengawet pada makanan oleh masyarakat sudah sangat mengkhawatirkan. Bahan kimia seperti formalin yang bukan merupakan BTP, telah digunakan untuk memperpanjang masa simpan dan meningkatkan kualitas bahan pangan.

Formalin merupakan larutan formaldehid dalam methanol. Baik formaldehid maupun pelarutnya (methanol) merupakan bahan yang sangat berbahaya bagi kesehatan. Formalin merupakan senyawa karsinogenik yang dapat memicu pertumbuhan sel kanker, menyebabkan iritasi pencernaan, serta gangguan sistem reproduksi pada wanita.

Bahan pengawet yang diizinkan untuk digunakan pada bahan pangan terdiri atas dua kelompok, yaitu pengawet kimia atau sintetis dan pengawet sintesis diperoleh dari proses kimia. Beberapa pengawet sintesis seperti benzoate, propionate, sorbet, nitrit, dan sulfat.

Sedangkan bahan pengawet alami merupakan bahan pengawet yang diekstraksi dari bagian tanaman, seperti daun, buah akar tanaman, seperti ekstrak gambir, ekstrak, dan ekstrak jahe.

Efektivitas dari bahan pengawet ditentukan oleh beberapa faktor (Restaino dkk, 1981), antara lain :

- a. Jenis bahan pengawet. Setiap bahan pengawet memberikan daya hambat yang berbeda terhadap mikroorganisme.
- b. Konsentrasi bahan pengawet. Daya hambat mikroorganisme juga dipengaruhi oleh konsentrasi bahan pengawet. Makin tinggi konsentrasi bahan pengawet yang digunakan, semakin tinggi daya hambatnya.
- c. pH medium atau bahan pangan. Beberapa bahan pengawet, aktivitasnya meningkat pada pH rendah.
- d. Spesies mikroorganisme. Setiap mikrobia memiliki daya tahan yang berbeda terhadap bahan pengawet. Setiap mikrobia juga dapat dihambat secara efektif oleh bahan pengawet karena setiap bahan pengawet memberikan mekanisme penghambatan yang berbeda terhadap mikroorganisme. Sebagai contoh, bakteri gram positif dapat dihambat dengan mekanisme yang berbeda dengan gram negatif. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan struktur dinding selnya.
- e. Jumlah mikrobia awal. Jika jumlah mikrobia awal pada bahan pangan cukup, maka bahan pengawet tidak efektif menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

4. Pengawet Sintetik

Pengawet sintetik untuk makanan pada dasarnya aman, namun pada batas konsentrasi yang telah ditentukan. Masalah dalam penggunaan pengawet sintetik adalah kesesuaian antara bahan pengawet dan bahan pangan, serta dosis yang digunakan. Seringkali, bahan pengawet ditambahkan pada bahan pangan yang tidak sesuai. Demikian pula kadarnya, digunakan tanpa menggunakan takaran yang tepat, sehingga meskipun merupakan pengawet yang diizinkan, namun dapat berbahaya bagi kesehatan manusia jika digunakan dalam jumlah yang melebihi aturan yang telah ditetapkan.

Mekanisme penghambatan mikrobia oleh komponen antimikrobia (Denyer dan Stewart, 1998) yaitu :

- a. Gangguan terhadap sistem transport aktif untuk menembus membran.
- b. Penghambatan reaksi metabolisme.
- c. Gangguan terhadap proses replikasi.
- d. Koagulasi komponen intraseluler, dan
- e. Bocornya membran sel yang diikuti dengan terjadinya lisis.

Beberapa bahan pengawet sintetis untuk bahan pangan yaitu benzoate, sorbet, dan nitrit.

a. Benzoat

Benzoat ada dua bentuk, yaitu asam benzoat dan sodium benzoat. Benzoat berbentuk kristal putih yang tersusun atas asam atau sodium carboxylat aromatic. Asam benzoat mempunyai gugus karboksil (COOH) yang terikat dengan cincin aromatik atau benzena. Hal ini menunjukkan bahwa asam benzoat memiliki formula $C_7H_6O_2$ atau C_6H_5COOH . Dalam bentuk sodium benzoat, atom hidrogen pada gugus karboksil digantikan oleh sodium (Na) menjadi C_6H_5COONa .

Benzoat efektif menghambat pertumbuhan yeast dan jamur. Meskipun benzoat juga dapat menghambat bakteri, namun efektivitasnya lebih rendah dibanding penghambatan terhadap yeast dan jamur (Davidson dan Harrison, 2002). Hal ini terkait dengan aktivitas benzoat yang tinggi pada kondisi asam atau di bawah pH 4,5. Jamur dapat tumbuh pada kondisi lingkungan yang asam, sedangkan bakteri terhambat pertumbuhannya pada kondisi asam.

Penggunaan benzoat pada bahan pangan, maksimum 1000 ppm. Produk pangan yang menggunakan benzoat sebagai pengawet seperti minuman ringan dan produk olahan buah seperti jus dan salad.

b. Sorbat

Asam sorbet merupakan asam lemak tidak jenuh rantai lurus. Gugus karboksil dari asam sorbet merupakan gugus yang reaktif. Gugus karboksil dapat diganti dengan bentuk garam dan ester. Selain bentuk asam, sorbat juga ada dalam bentuk potassium sorbat. Dalam air dan larutan gula, potassium sorbat memiliki solubilitas lebih tinggi dibanding asam sorbat. Namun, asam sorbat lebih tinggi kelarutannya dalam minyak dibanding potassium sorbat. Kelarutan dari komponen antibakteri berpengaruh terhadap aktivitasnya. Makin tinggi kelarutan komponen antimikrobia, semakin tinggi aktivitasnya. Hal ini menjadi salah satu pertimbangan dalam memilih bahan pengawet. Sorbat lebih efektif digunakan untuk menghambat pertumbuhan yeast dan jamur dibanding menghambat bakteri. Aktivitas tertinggi dari sorbat sebagai antimikrobia adalah dalam kondisi tidak terdissosiasi. Makin rendah pH lingkungan, semakin tinggi tingkat tak terdissosiasi sorbat mencapai 50 %. Hal ini menunjukkan bahwa di bawah pH tersebut, aktivitas antimikrobia dari sorbat meningkat.

c. Nitrit

Curing merupakan salah satu teknik untuk memperpanjang masa simpan daging ternak dan unggas, dengan pemberian sodium nitrit atau potassium nitrit. Di samping dapat menghambat pertumbuhan bakteri, sodium nitrit juga dapat memperbaiki warna daging (Sindelar dan Milkowski, 2011).

Nitrit dapat menghambat bakteri anaerob, gram positif, dan bakteri pembentuk spora. Namun nitrit tidak dapat menghambat pertumbuhan jamur yeast. Mekanisme penghambatan bakteri oleh nitrit belum dipahami sepenuhnya. Namun ada beberapa faktor yang memengaruhi, antara lain kadar nitrit, pH, kadar sodium klorida, adanya reduktan, dan adanya zat besi (Tompkin, 2005).

Warna daging merupakan salah satu indikator yang sangat berpengaruh terhadap penerimaan daging oleh konsumen. Warna merah pada daging disebabkan oleh adanya myoglobin, yang merupakan protein yang terikat dengan zat besi yang mudah teroksidasi, sehingga mengalami perubahan warna. Nitrit merupakan komponen yang sangat reaktif. Penambahan nitrit pada daging menyebabkan terbentuknya nitrit oksida. Nitrit oksida kemudian bereaksi dengan myoglobin (Fe^{2+}) dan metmyoglobin (Fe^{3+}), membentuk zat warna pada daging yang berwarna merah muda (Sebranek dan Bacus, 2007).

5. Pengawet Alami

Penggunaan bahan-bahan alami sebagai bahan pengawet makanan telah banyak dikembangkan, bahkan masyarakat yang memilih menggunakan bahan alami kecenderungannya terus mengalami peningkatan. Peningkatan penggunaan bahan alami untuk memperpanjang masa simpan bahan pangan, dengan berbagai pertimbangan, antara lain :

- a. Lebih aman dibanding bahan sintetik.
- b. Komponen aktifnya mudah diekstrak .
- c. Memiliki aktivitas antimikrobia yang tinggi, dan
- d. Berfungsi juga sebagai antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan.

Penggunaan bahan pengawet alami pada bahan pangan mempertimbangkan kesesuaian jenis bahan pangan, jenis mikrobia pencemar, serta kelarutan dari bahan pengawet. Jenis bahan pangan dengan komposisi zat gizinya menentukan jenis mikrobia yang berpotensi untuk tumbuh dan berkembang pada pangan tersebut. Dengan mengetahui jenis mikrobianya, dapat ditentukan jenis pengawet alami yang secara spesifik dapat menghambat mikrobia tersebut. Kelarutan dari bahan pengawet pada bahan pangan menentukan efektivitasnya dalam menghambat mikrobia. Namun demikian, jika suatu ekstra pengawet alami kelarutannya rendah pada suatu bahan pangan, maka dapat dilakukan modifikasi. Salah satu teknik yang dapat dilakukan adalah dengan membuat sistem emulsi pada bahan pangan tersebut sehingga bahan pengawet dapat didispersikan secara homogen dalam bahan pangan tersebut.

Beberapa bahan alami yang cukup populer digunakan sebagai pengawet makanan antara lain gambir, jahe, dan kunyit.

6. Gambir

Gambir merupakan ekstrak kering dari daun tanaman gambir (*Uncaria gambir* Roxb) yang diekstrak secara basah menggunakan air. Masyarakat menggunakan gambir sebagai zat pewarna dalam industri batik, industri penyamak kulit, ramuan makan sirih, dan sebagai obat untuk penyakit tertentu. Komponen aktif dari produk gambir berupa komponen katekin (Rauf dkk, 2010). Katekin merupakan golongan polifenol yang memiliki aktivitas antimikrobia (Pambayun dkk, 2007) dan antioksidan (Rauf dkk, 2010). Pambayun dkk (2007) melaporkan bahwa ekstrak gambir dari berbagai jenis pelarut memiliki aktivitas penghambatan terhadap bakteri gram-positif, seperti, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis*. Ekstrak etil asetat memiliki daya hambat yang lebih besar dibanding ekstrak lainnya.

Produk gambir yang beredar di pasar, masih banyak terdapat komponen pencemar seperti klorofil dan selulosa. Zat pencemar tersebut dapat mempengaruhi aktivitas dari katekin. Upaya mengekstrak kembali gambir komersial telah dilakukan dengan menggunakan berbagai pelarut, seperti aquades, etanol, dan etil asetat. Ekstrak gambir dari pelarut yang berbeda memberikan aktivitas antimikrobia yang berbeda.

7. Jahe

Jahe merupakan tanaman herbal yang secara luas digunakan sebagai flavouring, minuman penyegar, jamu, sumber antioksidan yang berperan sebagai obat herbal untuk berbagai penyakit degenerative, dan sebagai agensia yang dapat memperpanjang masa simpan bahan pangan karena kemampuannya sebagai antibakteri. Berbagai manfaat dari jahe tersebut dihubungkan dengan kandungan senyawa bioaktifnya, antara lain gingerol, shogaol, paradol, dan zingeron.

Rimpang jahe mengandung minyak volatile, asam lemak, komponen pedas, resin, protein, enzim selulase, pentosan, pati, dan mineral. Komposisi dari rimpang jahe bervariasi, bergantung pada jenis kultur, tempat tumbuh, kondisi iklim, tingkat kematangan, dan kondisi alamiah rimpang (segar atau olahan) (Purseglove dkk, 1981). Jahe kering rata-rata mengandung air (10,85 %), minyak volatile (1,85), oleoresin (ekstrak aseton 6,5 % ; ekstrak air 19,6 % ; ekstrak etanol (6 %), pati 53 %, serat kasar (7,17 %), protein kasar (12,4 %), dan total abu (6,645) (Peter dan Kandiannan, 1999).

Sifat organoleptik dari jahe adalah memberikan sensasi pedas yang ditimbulkan oleh dua komponen, yaitu komponen volatile dan non-volatile yang dapat diekstrak menggunakan pelarut. Sensasi aroma yang menyegarkan dari jahe dihasilkan oleh lebih dari 70 jenis komponen volatile, di antaranya sesquiterpen hidrokarbon (α -zingiberene sebanyak 20-30 % yang diperoleh dari minyak jahe kering (Purseglove dkk, 1981). Rasa pedas dan hangat disebabkan oleh adanya komponen gingerol, shogaol, dan zingeron (Kulka, 1967).

Hasil ekstraksi jahe terdiri atas dua produk, yaitu oleoresin dan minyak jahe. Oleoresin jahe merupakan cairan kental yang berwarna kekuningan atau kecokelatan, yang diekstrak dengan menggunakan bahan pelarut (Muchtadi dan Sugiyono, 1992). Dalam oleoresin terkandung senyawa pembawa aroma berupa minyak atsiri dan pembawa rasa, sehingga

olersin memiliki aroma yang kuat dan citarasa yang pedas. Minyak jahe merupakan cairan berwarna kuning cerah yang diperoleh melalui ekstraksi bubuk jahe secara destilasi air. Komponen kimia yang terkandung dalam minyak jahe antara lain pinen, kamfer, sineol, borneol, linalool, zingiberon, dan curcumen.

Kemampuan ekstrak jahe sebagai antimikrobia telah banyak dilaporkan. Beberapa bakteri yang dapat dihambat pertumbuhannya oleh ekstrak jahe antara lain *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus subtilis*, dan *Pseudomonas aeruginosa* (Rajsekhar dkk, 2012).

8. Kunyit

Kunyit merupakan tanaman rempah yang dapat tumbuh dengan baik di seluruh wilayah Indonesia. Pemanfaatan kunyit sangat luas, antara lain digunakan sebagai pewarna makanan, rempah, bahan jamu yang memiliki aktivitas antioksidan, serta digunakan untuk memperpanjang masa simpan bahan pangan. Banyaknya manfaat dari kunyit tersebut, terkait dengan komponen aktifnya berupa kurkumin, yang merupakan komponen fenolik tak larut air, namun larut dalam etanol dan aseton.

Kurkumin dan ekstrak kunyit merupakan komponen yang memiliki kemampuan penghambatan terhadap bakteri. Dilaporkan bahwa ekstrak hexane dan methanol dapat menghambat beberapa jenis bakteri, antara lain *Vibrio Harvey*, *V. alginolyticus*, *V. vulnificus*.

9. Pewarna

Bahan pewarna yang sering disalahgunakan adalah rhodamin B dan methanyl yellow, yaitu suatu pewarna sintetik bukan untuk makanan. Kedua pewarna ini sering digunakan dalam makanan dan minuman, terutama minuman jajanan, kue-kue basah, saus, sirup, kerupuk, tahu, dan lain-lain. Kedua pewarna ini bersifat toksik, dan telah dibuktikan dapat menghambat pertumbuhan hewan percobaan (mencit dan tikus), menyebabkan diare, bahkan menyebabkan kematian, meskipun dosis yang digunakan cukup rendah. Disamping itu rhodamin B juga menyebabkan kanker hati pada mencit, kanker limfa pada tikus, dan dilatasi kantung air seni pada tikus.

Para pedagang jajanan dan produsen kecil / rumah tangga masih sering menggunakan pewarna bukan untuk makanan dengan berbagai alasan yaitu umumnya mempunyai warna lebih cerah, lebih stabil selama penyimpanan, harganya lebih murah, dan produsen pangan belum mengetahui dan menyadari bahaya dari pewarna-pewarna tersebut.

Warna adalah salah satu atribut utama pangan yang menentukan penerimaan konsumen, hal ini menunjukkan bahwa konsumen menghubungkan warna makanan dengan nilai estetika, kualitas, dan keamanan bahan pangan. Keberadaan warna pada bahan pangan, ada yang secara alami terbentuk melalui biosintesis, terbentuk selama proses pengolahan, dan sengaja ditambahkan.

Warna ditambahkan pada bahan pangan karena beberapa alasan, antara lain :

- a. Untuk menggantikan warna bahan pangan yang hilang selama pengolahan.
- b. Untuk meningkatkan intensitas warna alami pada bahan pangan.

- c. Untuk meminimalisir adanya variasi warna bahan pangan dari setiap frekuensi pengolahan.
- d. Untuk memberikan warna pada bahan pangan yang tidak berwarna.

Pewarna makanan dibagi menjadi empat kategori, yaitu :

- a. Pewarna alami. Pewarna alami adalah pigmen yang diperoleh dari proses modifikasi bahan-bahan dari organisme hidup, seperti tanaman, alga, cyanobacteria, dan fungi. Contoh pewarna alami yaitu caramel dan karbon nabati.
- b. Pewarna indetik alami. Pewarna indetik alami adalah pigmen buatan manusia yang di peroleh dari komponen alami, seperti karoten dan riboflavin.
- c. Pewarna sintetik. Pewarna sintetik adalah pewarna buatan manusia yang tidak bersumber dari bahan alami.
- d. Pewarna inorganic. Pewarna inorganic adalah pewarna buatan manusia yang tidak bersumber dari bahan alami.

FDA (Food and Drug Administration) menegrupokkan pewarna menjadi dua kelas, yaitu pewarna tersertifikasi dan tidak tersertifikasi. Pewarna yang tersertifikasi adalah pewarna yang membutuhkan sertifikat untuk dipasarkan. Pewarna yang membutuhkan sertifikat pewarna adalah pewarna sintetik dan indetik alami. Proses sertifikasi pewarna makanan dilakukan untuk memastikan keamanan dalam penggunaannya. Pewarna tidak tersertifikasi adalah pewarna yang tidak membutuhkan sertifikat untuk dipasarkan. Pewarna tidak tersertifikasi merupakan pewarna alami yang diperoleh dari bahan-bahan alami.

10. Pewarna Sintetik

Pewarna sintetik merupakan pewarna yang diperoleh dari proses kimia. Pewarna sintetik secara umum aman digunakan, namun dapat menimbulkan efek alergi terutama pada anak-anak jika penggunaannya tidak terkendali. Hal ini menjadi alasan beberapa negara menolak untuk menggunakan pewarna sintetik. Karena efek samping yang dapat ditimbulkan, sehingga sangat penting diatur jumlah yang diperbolehkan penggunaannya pada produk pangan. Secara umum penggunaan pewarna sintetik yang diizinkan pada kadar 100-200 ppm.

Pewarna sintetik memiliki banyak kelebihan dibanding pewarna alami, antara lain lebih stabil terhadap panas, cahaya, dan keasaman, serta memberikan intensitas warna yang lebih tinggi dibandingkan pewarna alami. Penggunaan pewarna sintetik dapat memberikan keseragaman intensitas warna pada makanan, karena variabilitas dalam proses pengolahan terutama yang menggunakan panas.

Pewarna sintetik yang telah disertifikasi mendapatkan kode berupa nilai E, yang dapat ditemukan pada tabel makanan yang menggunakan pewarna tersebut. Nilai E dari pewarna telah mendapatkan pengakuan internasional tentang legalitas penggunaannya. Pewarna menggunakan nilai E 100 sampai 199. Setiap pewarna memiliki nilai E.

11. Pewarna Alami

Penggunaan pewarna sintetis pada makanan cukup kontroversial, karena dihubungkan dengan dampaknya pada kesehatan dan lingkungan. Hal ini menjadi alasan bagi konsumen untuk memilih pewarna alami. Meskipun secara struktural sangat beragam, pewarna alami secara umum dapat dikelompokkan menjadi tiga kelas, yaitu tetrapyrrol, tetraterpenoid, dan flavonoid.

Golongan tetrapyrrol yang paling sering digunakan adalah klorofil, yang merupakan pigmen hijau dari tanaman. Kelompok tetraterpenoid yang utama adalah komponen karotenoid, yang memberikan efek warna orange. Sedangkan yang termasuk golongan flavonoid adalah komponen anthosianin.

12. Anthosianin

Anthosianin berasal dari bahasa Yunani, yaitu anthos berarti Bunga, dan kyanos artinya biru. Anthosianin merupakan golongan pigmen larut air yang terdiri atas lebih dari 500 komponen, yang memberikan warna orange, merah, ungu, dan biru pada buah, sayur, bunga, dan berbagai bagian tanaman. Secara kimia, Anthosianin merupakan flavonoid dengan struktur kerangka dasar $C_6-C_3-C_6$, yang terdiri atas dua cincin aromatik (cincin A dan B) yang dipisahkan oleh suatu cincin heterosiklik (gula) (Ship dan Abdel-Aal, 2010).

Warna dari Anthosianin sebagian besar ditentukan oleh gugus R_1 dan R_2 pada cincin B. Terdapat beberapa jenis Anthosianidin, namun hanya terdapat enam jenis yang utama, yang memberikan warna yang berbeda.

Anthosianin merupakan zat warna yang tidak stabil pada sistem pangan. Stabilitas warna dari anthosianin dipengaruhi oleh pH yang berbeda, anthosianin dapat menampilkan warna yang berbeda. Panas dapat menyebabkan anthosianin terdegradasi dengan lepasnya cincin B. Degradasi mengalami peningkatan dengan meningkatnya suhu. Dampak dari degradasi tersebut adalah berkurangnya intensitas warna dari anthosianin atau perubahan warna menjadi coklat. Perlakuan suhu tinggi pada pH tinggi dapat mempercepat proses degradasi

Oksigen dapat menyebabkan anthosianin teroksidasi menyebabkan perubahan warna menjadi coklat atau berkurangnya intensitas warna. Adanya cahaya dapat mempercepat proses oksidasi dan penurunan kadar anthosianin.

Beberapa enzim seperti fenolase, peroksidase, dan glikosidase dapat mendegradasi anthosianin. Enzim dapat memutuskan ikatan kovalen yang menghubungkan residu glikosil dan aglycon.

Interaksi anthosianin dengan vitamin C dapat meningkatkan pembentukan pigmen polimer. Dampak dari interaksi tersebut adalah meningkatnya stabilitas anthosianin terhadap degradasi akibat proses oksidasi dan enzimatik. Hal ini menjadi petunjuk bahwa untuk melindungi jus buah dari oksidasi dan reaksi enzimatik yang menyebabkan perubahan warna, adalah dengan cara menambahkan vitamin C.

13. Karotenoid

Karotenoid merupakan sekelompok pigmen larut lipid, yang memberikan warna kuning, orange, dan merah pada tanaman pada beberapa hewan. Karotenoid disintesis oleh tanaman, bakteri, alga, dan fungi, namun tidak disintesis oleh hewan. Hewan mendapatkan karotenoid melalui asupan makanannya. Secara kimia, karotenoid merupakan komponen yang tersusun atas delapan unit isoprenoid. Setiap isoprene tersusun atas 5 karbon (Delgado – Vargas dkk, 2000).

Berdasarkan struktur kimianya, karotenoid diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu karoten dan oxykarotenoid atau xanthophyll. Karoten hanya tersusun atas karbon dan hydrogen, seperti α -karoten, β -karoten, dan β -kryptoxanthin. Sedangkan xanthophyll terdiri atas karbon, hydrogen, dan oksigen, seperti lutein, zeaxanthin, violaxanthin, neoanthin, dan fukoxanthin (Jaswir dkk, 2011).

Karotenoid juga diklasifikasikan berdasarkan sifat fungsionalnya, yaitu Karotenoid primer dan Karotenoid sekunder. Karotenoid primer adalah komponen karotenoid yang dibutuhkan oleh tanaman dalam proses fotosintesis, seperti β -karoten, violaxanthin, neoxanthin, lutein, zeaxanthin, dan antheraxanthin. Sedangkan Karotenoid sekunder ditemukan pada buah dan bunga, seperti α -karoten, β -kryptoxanthin, zeaxanthin, antheraxanthin, likopen, bixin, astaxanthin, kanthaxanthin, capsanthin, dan capsuribin.

Karotenoid merupakan komponen yang sensitif terhadap cahaya, oksigen, panas, dan keasaman. Karotenoid merupakan fotosensitizer, yang dapat menyerap energi cahaya sehingga berubah menjadi tereksitasi. Karotenoid mudah mengalami oksidasi dengan adanya oksigen. Oksidasi dipercepat oleh kondisi media yang asam. Pemanasan seringkali menyebabkan penurunan kadar komponen karotenoid tertentu, namun dapat meningkatkan kadar karotenoid tertentu, namun dapat meningkatkan kadar Karotenoid yang lain. Sebagai contoh sayuran yang diblanching, terjadi penurunan kadar β -karoten, namun α -karoten mengalami peningkatan. Secara umum, dampak dari perlakuan yang mengganggu stabilitas karotenoid tersebut adalah berkurangnya intensitas warna karotenoid

14. Klorofil

Klorofil adalah pigmen larut lipid, yang ditemukan pada tanaman, alga, dan bakteri. Secara kimia, klorofil merupakan molekul porphyrin yang tersusun atas empat cincin pyrrole. Setiap cincin pyrrole tersusun atas empat atom karbon dan satu atom nitrogen. Nitrogen dari keempat cincin pyrrole berikatan dengan satu atom magnesium yang terletak di bagian tengah molekul.

Terdapat dua jenis klorofil, yaitu klorofil a dan klorofil b. klorofil a, rumus empirik $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$, pada cincin kedua (kanan atas) terdapat gugus metil (CH_3). Sedangkan klorofil b, rumus empirik $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$, terdapat gugus formil (CHO) pada cincin kedua, menggantikan posisi gugus metal pada klorofil a (Inanc, 2011).

Klorofil mudah terdegradasi karena suhu tinggi, kondisi asam, dan enzim. Klorofil b menunjukkan stabilitas yang lebih tinggi dibanding klorofil a. proses degradasi dari klorofil

melalui dua jalur. Jalur pertama diawali dengan lepasnya atom magnesium membentuk feofitin dilanjutkan.

15. Pemanis

Penggunaan bahan-bahan pemanis buatan nonkalori seperti sakarin dan siklamat seharusnya hanya ditujukan untuk pengobatan dan makanan / minuman diet untuk mengurangi konsumsi kalori. Akan tetapi di Indonesia penggunaan siklamat dan sakarin sering dilakukan dengan tujuan untuk pemalsuan gula sehingga dapat diperoleh keuntungan yang maksimal. Hal ini disebabkan sakarin dan siklamat mempunyai tingkat kemanisan 300 dan 30-80 kali gula alami, oleh karena itu sering disebut sebagai “biang gula” sehingga penggunaannya hanya sedikit dan harga pemanis menjadi lebih murah.

Amerika dan Jepang sudah melarang sama sekali penggunaan kedua pemanis tersebut karena terbukti berbahaya bagi kesehatan. Di Indonesia, siklamat dan sakarin sangat mudah diperoleh dengan harga relatif murah. Hal ini mendorong produsen minuman ringan dan makanan jajanan untuk menggunakan kedua jenis pemanis buatan tersebut di dalam produknya.

Batas maksimum penggunaan siklamat adalah 500 mg – 3 g / kg bahan, sedangkan batas maksimum penggunaan sakarin adalah 50-300 mg / kg bahan. Keduanya hanya boleh digunakan untuk makanan rendah kalori, dan dibatasi tingkat konsumsinya sebesar 0,5 mg/kg berat badan/hari.

16. Pengawet

Pada saat ini masih banyak ditemukan penggunaan bahan pengawet yang dilarang digunakan dalam makanan dan berbahaya bagi kesehatan, misalnya boraks dan formalin. Boraks banyak digunakan dalam berbagai makanan seperti baso, mie basah, pisang molen, lemper, buras, siomay, lontong, ketupat, dan pangsit. Selain bertujuan untuk mengawetkan, boraks juga dapat membuat makanan lebih kompak (kunya) teksturnya dan memperbaiki penampakan. Campuran boraks dan formalin juga sering digunakan dalam pembuatan mie basah, yaitu untuk meningkatkan kekenyalan dan memperpanjang masa simpan.

Boraks sangat berbahaya bagi kesehatan. Boraks bersifat sebagai antiseptik dan pembunuhan kuman, oleh karena itu banyak digunakan sebagai anti jamur, bahan pengawet, kayu, dan untuk bahan antiseptik pada kosmetik. Penggunaan boraks seringkali tidak disengaja karena tanpa diketahui terkandung di dalam bahan-bahan tambahan seperti pija atau bleng yang sering digunakan dalam pembuatan baso, mie basah, lontong dan ketupat.

Akibat fatal dari mengkonsumsi boraks akan terjadi pada dosis yang tinggi (lebih dari 5 g). Dosis mematikan (letal) pada orang dewasa adalah 15-20 g, sedangkan pada anak-anak sekitar 3-6 g. akan tetapi akibat buruk dapat terjadi meskipun mengkonsumsi boraks dalam jumlah sedikit tetapi dalam jangka waktu lama, karena boraks dapat terakumulasi di dalam tubuh. Asam borat dapat terakumulasi dalam sistem syaraf dan cairan cerebrospinal. Gejala

keracunan yang muncul adalah kepala pusing, malas, depresi, muntah-muntah, diare, dan kram perut.

Hasil survey menunjukkan bahwa banyak formalin yang digunakan dalam pengawetan tahu oleh pedagang-pedagang tahu. Selain itu formalin juga diduga telah digunakan untuk mengawetkan daging ayam segar oleh para pedagang di pasar-pasar tradisional. Formalin merupakan larutan formaldehida (30-40%) di dalam air. Formaldehida dapat membentuk gas yang larut di dalam air dengan bau yang menyengat dan menyebabkan iritasi pada mata. Formalin merupakan antiseptik yang digunakan untuk membunuh bakteri dan kapang, dan pada konsentrasi yang rendah (2-8%) sering digunakan untuk mensterilkan peralatan kedokteran, atau untuk mengawetkan mayat dan specimen biologi lainnya.

Formalin bersifat karsinogenik, yaitu dapat menyebabkan timbulnya kanker. Oleh karena itu formalin tidak boleh digunakan dalam pengawetan makanan. Bila tertelan dalam jumlah tinggi, formalin dapat menimbulkan berbagai gejala seperti dengan muntah-muntah, diare berdarah, depresi, dan gangguan pada peredaran darah.

17. Obat-obatan Pertanian

Obat-obatan seperti hormon dan antibiotik telah banyak digunakan oleh peternak dengan tujuan untuk meningkatkan kesehatan ternak dan / atau mempercepat pertumbuhan ternak daging. Beberapa obat yang mempercepat pertumbuhan hewan ternak terdiri dari obat-obatan metabolik seperti estrogen dan progesterone. Salah satu jenis obat yang banyak digunakan, yaitu dietilstilbestrol (DES) diberikan kepada ternak dalam bentuk campuran dengan makanan ternak atau ditanamkan ke dalam daging dalam bentuk pellet, misalnya pada leher ternak unggas. DES telah dibuktikan dapat menyebabkan kanker pada hewan percobaan dan manusia. Pada ternak sapi yang diberi DES dalam makanannya, residu DES tidak ditemukan di dalam daging sapi jika pemberian obat tersebut dihentikan 48 jam sebelum disembelih. Tetapi pada ternak unggas yang ditanami pellet DES pada lehernya, residu DES dihentikan beberapa hari sebelum disembelih. Dengan alasan tersebut sejak tahun 1979 FDA telah melarang penggunaan DES untuk ternak.

Penggunaan antibiotik untuk mencegah penyakit pada ternak dapat menyebabkan munculnya bakteri-bakteri yang resisten terhadap antibiotik tersebut. Jika bakteri yang resisten ini menimbulkan penyakit pada manusia, maka pemberian antibiotik kepada pasien tersebut menjadi tidak efektif. Oleh karena itu distribusi dan penggunaan ternak yang mengandung penisilin, klortetrasiklin, dan oksitetrasiklin harus mendapat persetujuan dari pemerintah. Residu antibiotik banyak ditemukan di dalam susu sapi yang diperah dari sapi sapi yang diberi pengobatan antibiotik. Antibiotik juga tidak boleh lagi digunakan untuk mengawetkan daging unggas dan ikan dengan cara perendaman.

18. Bahan kimia lain

Beberapa bahan kimia beracun dapat masuk ke dalam makanan secara tidak sengaja dan dapat mengakibatkan keracunan. Sebagai contoh, penggunaan bahan pengemas yang tercemar pestisida, pencemaran racun tikus pada bahan pangan yang disimpan di dalam

gudang, tertukarnya bahan pengembang roti (baking powder) dengan natrium fluoride atau nitrit, atau tertukarnya minyak makan dengan deterjen cair. Hal-hal tersebut merupakan kasus-kasus yang pernah terjadi dalam kegiatan pengolahan.

Bahan kimia lainnya yang dapat mencemari makanan adalah PCB (polychlorinated biphenyl) yang sering mencemari makanan ternak, dan ditemukan pada daging, susu dan telur yang diberi pakan yang tercemar tersebut. PCB adalah suatu senyawa sintetik yang tidak larut di dalam air, tetapi larut di dalam minyak dan banyak komponen organik, dan banyak digunakan dalam industri sebagai kapasitor dan transformer. PCB dapat masuk ke dalam tubuh karena tertelan, terisap, atau melalui absorpsi pada kulit. PCB dapat mencemari daging, susu dan telur. Dosis PCB yang terlalu tinggi di dalam tubuh dapat mengakibatkan gejala klorake (luka kulit), hiperpigmentasi, fungsi hati tidak normal, meningkatnya kadar trigliserida pada manusia, dan mengakibatkan kanker pada hewan percobaan.

19. Radionuklida / Radioaktif

Radionuklida merupakan produk pencemaran atom yang merupakan pencemaran dari industri-industri senjata nuklir. Sumber penting radionuklida terutama adalah strontium -89 (Sr^{89}) strontium -90 (Sr^{90}), iodin -131 (I^{131}), dan cesium -137 (CS^{137}). Bahan pangan yang sering tercemar oleh radionuklida adalah susu, sayuran dan buah-buahan. Sapi yang makan rumput yang tercemar radioaktif, maka susunya juga akan tercemar, dan pencemaran ini berlanjut pada produk-produk turunan yang dibuat dari susu tersebut seperti keju, es krim, mentega, dan sebagainya.

Gejala sakit pada orang yang mengkonsumsi makanan yang tercemar radioaktif bervariasi tergantung dari sumber radioaktif dan tendensi radioaktif. Umumnya dapat terdeteksi mengumpul di dalam tenunan kelenjar tertentu. Selain itu gejalanya juga dipengaruhi oleh umur penderita.

Latihan

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud dengan cemaran kimiawi makanan!
- 2) Sebutkan kriteria tambahan pangan menurut SK no. 228/Menkes/Per/X I/88!
- 3) Sebutkan dan jelaskan bahan pewarna apa saja yang paling sering ditemukan di makanan!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk membantu anda dalam menjawab latihan diatas anda harus membaca materi pada topik 1 yang menjelaskan tentang: Pembahasan tentang cemaran kimiawi pada makanan dan minuman
- 2) Untuk membantu anda dalam menjawab latihan diatas anda harus membaca materi pada topik 1 yang menjelaskan tentang: kriteria bahan tambahan pangan menurut.
- 3) Untuk menjawab soal nomor 3 saudara hendaknya mempelajari kembali materi zat pewarna pada makanan.

Ringkasan

Parameter kimiawi makanan, khususnya cemaran kimiawi terjadi pada makanan dapat berasal dari penggunaan bahan kimia selama pemeliharaan bahan baku sejak berada di tanah pertanian / peternakan, ataupun bahan kimia yang ditambahkan selama proses pengolahan. Senyawa-senyawa tersebut meliputi pestisida, logam-logam berat, bahan tambahan pangan (BTP), pewarna, pemanis, pengawet dan bahan kimia lainnya termasuk radioaktif; untuk memperoleh gambaran kualitas makanan maka diperlukan suatu asesmen berupa pemeriksaan / analisis parameter kimia makanan sehingga digunakan metode pengambilan, pengiriman, pemeriksaan sampel kimia makanan sampai pada untuk prestasi hasil pemeliharaan.

Tes 1

Berilah tanda (x) pada jawaban yang paling benar.

- 1) Bahan pengawet yang di pergunakan untuk memperpanjang masa simpan dan meningkatkan kualitas bahan pangan yang bukan BTP adalah
 - A. Formaldehid
 - B. Hydrogen peroksida
 - C. Asam cuka
 - D. Nitrit

- 2) Efektivan dari bahan pengawet di tentukan oleh beberapa faktor (Restiano dkk 1981) antara lain :
 - A. Jenis bahan pengawet
 - B. Kadar air
 - C. Konsentrasi bahan pengawet
 - D. A + C benar

- 3) Wadah yang di galvanisasi oleh logam ini menyebabkan makanan asam menjadi beracun :
 - A. Tembaga
 - B. Seng
 - C. Cadmium
 - D. Timbal

- 4) Bahan pewarna yang sering digunakan dalam makanan dan minuman, terutama makanan dan minuman jajanan adalah :
 - A. Benzoate
 - B. Siklambat

- C. Rhodamin B
D. Methyl orange
- 5) Bahan kimia antiseptik dan pembunuh kuman sering digunakan orang untuk pembuatan mie yaitu :
- A. Borak
B. Formalin
C. Benzoate
D. A + B benar
- 6) Cemaran kimiawi yang berasal dari tanah pertanian adalah:
- A. Asam borat
B. Formalin
C. Minyak nabati yang dibrominasi
D. Pestisida
- 7) Jika makanan seperti daging ditempatkan secara langsung pada rak-rak yang terdapat dalam lemari es mungkin mengandung senyawa:
- A. Cadmium (Cd)
B. Tembaga (Cu)
C. Seng (Zn)
D. Benar semua
- 8) Cemaran timbal yang ditemukan pada sayur-sayuran yang ditanam dipinggir-pinggir jalan besar yang ramai kebanyakan diperoleh dari:
- A. Sumber bergerak
B. Sumber tidak bergerak
C. A dan B benar
D. A dan B salah
- 9) Zat warna yang telah dilarang penggunaannya pada makanan dan kue-kue terutama adalah:
- A. Rhodamin
B. Methanil yellow
C. Amaran
D. Benar semua

- 10) Senyawa sintetik yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam minyak dan banyak komponen organik serta digunakan dalam industri sebagai kapasitor dan transformer adalah :
- A. Timbal (Pb)
 - B. Strontium (Sr)
 - C. PCB (polychlorinatedbiphenyl)
 - D. Mercuri

Topik 2

Dampak Parameter Kimia Makanan Terhadap Kesehatan

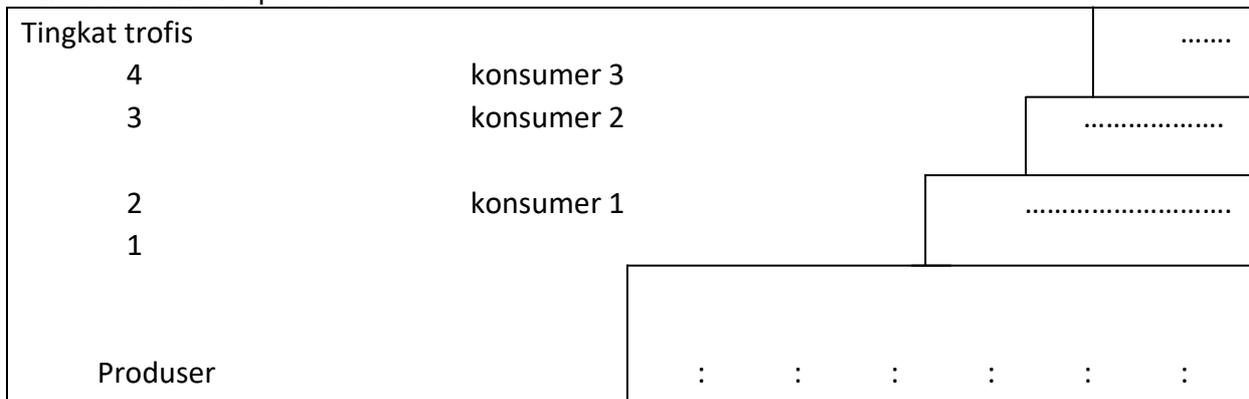
A. TANAMAN DAN HEWAN BERACUN

Bahan pangan yang beracun (asli) seperti misalnya tanaman yang mengandung HCN, asam oxalate, dan fluor organik, (singkong gendruwo, caladium, dieffenbachia, poinsettia atau kastuba, philodendron); berbagai jenis jamur amanita, helvella; pembentuk mycotoxin : aspergillus flavus, penicillium, dan fusarium; algae, seperti pyrrophyceace, cyanophyceace, Chrysophyceace ;

Hewan seperti invertebrata (dinoflagelata, anemones, starfish, seacucumber), vertebrata (balloon fishes, hati hiu), dan mammalia (beruang kutub, hati anjing eskimo, singa laut).

B. KONTAMINASI RANTAI MAKANAN

Makanan dapat terkontaminasi oleh berbagai racun yang dapat berasal dari tanah, udara, manusia, dan vector. Racun dari lingkungan udara, air, tanah, dan lainnya dapat masuk ke dalam biota. Apabila racun tadi tidak dapat diuraikan, maka akan terjadi biomagnifikasi di dalam tubuh biota. Apabila biota tadi dikonsumsi lagi oleh biota dalam taraf tropik yang lebih tinggi, maka konsentrasi zat racun per kg berat badan biota akan meningkat. Gambar 6.1 berikut ini memperlihatkan biomagnifikasi dalam tingkat tropik rantai makanan hipotetis.



Gambar 6.1
Biokonsentrasi Racun Dalam rantai makanan

Sumber : (Berry, et al., 1974, hal 3)

Catatan : = racun pestisida

Sebagai contoh, peneliti Indonesia menemukan residu pestisida pada plankton sebesar 0,04 ppm, pada tanaman air sebesar 0,08 ppm, pada kerang 0,42 ppm, pada ikan 1,28 ppm, dan pada bebek 3,5 ppm (11).

C. KONTAMINAM PESTISIDA

Racun yang dapat memasuki makanan saat ini juga semakin banyak, sebagai akibat sampingan penerapan teknologi pertanian, peternakan, dan pengawetan makanan, dan kesehatan. Berbagai insektisida yang digunakan secara berlebihan di dalam proses pertanian yang akhirnya terdapat di dalam tubuh hewan ataupun tumbuhan. Insektisida yang tidak dapat diuraikan, seperti DDT, akan terkonsentrasi di dalam biota rantai makanan. Bila sampai kepada manusia, maka konsentrasi dapat sangat tinggi. Data tahun 1975 bagi Negara Eropa, Kanada, Amerika Serikat, dan Jepang melaporkan bahwa susu sapi mengandung DDT antara 19-50 microgram per kg., sedangkan di dalam ASI (air susu ibu) didapat 25 kali lipatnya daripada susu sapi (12). Penelitian di Lembang, Jawa Barat, Tawangmangu, Jawa Tengah (11), menunjukkan adanya kontaminasi wortel, kentang, kubis, dan tomat, dengan insektisida. Demikian pula di kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung, bawang merah, kentang, kubis dan air sumur penduduk sudah terkontaminasi insektisida (13). Juga makanan yang diawetkan dapat terkontaminasi oleh bahan yang terdapat pada kemasan ataupun sengaja dicampur dengan bahan pengawet, penyedap, pewarna, yang belum tentu aman bagi kesehatan, dan gejala keracunan yang timbul tidak selalu berbentuk gejala GI.

D. KONTAMINAN LOGAM

Sebaliknya, keracunan yang tidak menimbulkan gejala diare, mungkin juga banyak, misalnya pencemaran lingkungan akibat logam berat, sudah banyak dilaporkan. Sebagai contoh, mangan akan menyebabkan penyakit syaraf yang menimbulkan gejala penyakit parkinsonism. Juga keracunan cadmium, akan sangat menyerupai penyakit ginjal akibat infeksi, sehingga tidak terdeteksi sebagai keracunan. Demikian pula dengan penyakit Minamata yang disebabkan karena air raksa (15). Hanya saja kasus-kasus seperti ini tidak akan tercatat sebagai kasus keracunan.

Latihan

- 1) Jelaskan secara singkat menurut anda tentang kontaminasi rantai makanan!
- 2) Jelaskan dampak parameter kimia makanan yang dapat berdampak pada kesehatan!
- 3) Tuliskan macam-macam tanaman dan hewan yang beracun!

Petunjuk Menjawab Latihan

- 1) Untuk menjawab latihan ini anda harus mempelajari materi pada topik 2 yang menjelaskan tentang: kontaminasi rantai makanan

- 2) Untuk menjawab latihan nomor 2 anda hendaknya mempelajari dampak parameter kimia makanan terhadap kesehatan
- 3) Untuk menjawab soal yang ketiga ini saudara hendaknya melihat materi yang menjelaskan tentang macam dan jenis tanaman serta hewan beracun.

Ringkasan

Makanan dapat terkontaminasi oleh berbagai racun yang dapat berasal dari tanah, udara, manusia, dan vector. Racun dari lingkungan udara, air, tanah, dan lainnya dapat masuk ke dalam biota. Apabila racun tadi tidak dapat diuraikan, maka akan terjadi biomagnifikasi di dalam tubuh biota. Apabila biota tadi dikonsumsi lagi oleh biota dalam taraf trofik yang lebih tinggi, maka konsentrasi zat racun per kg berat badan biota akan meningkat.

Racun yang dapat memasuki makanan saat ini juga semakin banyak, sebagai akibat sampingan penerapan teknologi pertanian, peternakan, dan pengawetan makanan, dan kesehatan. Berbagai insektisida yang digunakan secara berlebihan di dalam proses pertanian yang akhirnya terdapat di dalam tubuh hewan ataupun tumbuhan. Sebaliknya, keracunan yang tidak menimbulkan gejala diare, karena pencemaran lingkungan akibat logam berat, misalnya, sudah banyak dilaporkan. Sebagai contoh, mangan akan menyebabkan penyakit syaraf yang menimbulkan gejala penyakit parkinsonism, juga keracunan cadmium, akan sangat menyerupai penyakit ginjal akibat infeksi, sehingga tidak terdeteksi sebagai keracunan.

Tes 2

Berilah tanda silang (x) pada jawaban paling benar.

- 1) Jumlah substansi dalam makanan atau air minum dinyatakan per berat badan yang dapat di konsumsi setiap hari sepanjang kehidupan seseorang tanpa menimbulkan resiko kesehatan yang cukup besar di sebut :
 - A. Efek buruk yang teramati
 - B. Asupan harian yang dapat di terima
 - C. Asupan total harian
 - D. N A B
- 2) Bentuk merkuri yang paling beracun dan menyebabkan efek serius pada sistem syaraf terutama masyarakat yang sering mengkonsumsi ikan adalah:
 - A. Alkali merkuri
 - B. TEL
 - C. Organo merkuri
 - D. A + B benar

- 3) Penyakit yang disebabkan karena mengkonsumsi ikan yang mengandung organo merkuri di sebut :
- A. Itai-itai
 - B. Minamata
 - C. Diare
 - D. Kanker
- 4) Analisis bahaya meliputi identifikasi kandungan dan produk yang mungkin berpengaruh pada kualitas produksi merupakan sistim pencegahan yang didasarkan pada konsep :
- A. EHEC
 - B. EIEC
 - C. HACCP
 - D. EPEC
- 5) Dalam penggunaan klorin sebagai anti mikroba dalam industri pangan diperlukan kontrol terhadap pH ion OCl^- untuk mengukur pH yang efektif dimana diperlukan nilai pH:
- A. pH lebih besar dari 5
 - B. pH lebih kecil dari 5
 - C. pH sama dengan 6-7
 - D. A, B dan C benar
- 6) Jalur utama masuknya senyawa kimia yang terkandung dalam makanan dan minuman adalah:
- A. Dermal
 - B. Inhalasi
 - C. Ingesti
 - D. Benar semua
- 7) Intoksikasi akut akibat konsumsi air sumur yang mengandung nitrat berkadar tinggi dapat menimbulkan:
- A. Blue babies
 - B. Metamoglobin
 - C. Black food
 - D. A dan B benar
- 8) Warna merah pada daging disebabkan oleh adanya :
- A. Nitrit
 - B. Myoglobin

- C. Metamoglobin
 - D. Semuanya benar
- 9) Ada empat jenis efek yang dimiliki zat kimia terhadap satu sama lain, apabila zat kimia tersebut terabsorpsi melalui makanan ke dalam tubuh, maka zat kimia tersebut menimbulkan efek yang berbeda dan tidak saling mempengaruhi. Efek tersebut dinamakan:
- A. Independen
 - B. Aditif
 - C. Sinergis
 - D. Antagonis
- 10) Pencemaran makanan akibat logam berat misalnya mangan akan menyebabkan gangguan saraf yang menimbulkan gejala penyakit:
- A. Ginjal
 - B. Minamata
 - C. Parkinson
 - D. Itai-Itai

Panduan Praktikum Pengambilan, Pemeriksaan Parameter Kimia Sampel Makanan dan Interpretasi Hasil Pemeriksaannya

A. PENGAMBILAN DAN PENGIRIMAN SAMPEL MAKANAN UNTUK PEMERIKSAAN PARAMETER KIMIA

Contoh sisa-sisa makanan atau minuman yang diduga sebagai penyebab keracunan makanan harus diambil secara aseptik menggunakan peralatan steril dan dimasukkan ke dalam wadah steril. Contoh yang mudah rusak harus segera disimpan di dalam lemari es dan tetap dipertahankan dalam keadaan dingin (dibawa menggunakan es) ke laboratorium. Jika mungkin contoh diambil dari kemasan yang belum dibuka, atau seluruh contoh dalam kemasan yang belum dibuka, atau seluruh contoh dalam kemasan diambil. Contoh diberi label yang menunjukkan jenis makanan, tempat dan waktu pengambilan contoh, latar belakang pengambilan contoh, jenis organisme atau bahan kimia yang dicurigai, dan keterangan-keterangan lain. Setiap contoh ditutup dengan baik pada, bagian kemasan dalam maupun luar, dan diberi label sehari-hari dan jam penutupan kemasan dan orang yang melakukan pengambilan contoh dan penutupan kemasan tersebut.

Prosedur pengujian contoh makanan di laboratorium tergantung dari jenis makanan dan keterangan yang diperoleh mengenai gejala-gejala keracunan yang timbul gejala sakit, gejala-gejala yang timbul, dan lain-lain.

Setelah contoh tiba di laboratorium, tindakan pertama yang harus dilakukan adalah menyimpannya di dalam lemari es sebelum sempat dilakukan analisis. Kemudian prosedur pertama adalah melakukan penawaran gram. Contoh untuk penawaran gram diambil dari cairan atau endapan dari contoh yang telah dihomogenisasi dan disentrifus. Pengamatan mikroskopik ini dapat memberikan petunjuk awal jenis mikroorganisme penyebab keracunan dan menunjukkan perkiraan jumlah mikroba di dalam contoh, jika contoh makanan tetap disimpan dalam keadaan dingin.

B. PEMERIKSAAN PARAMETER KIMIA SAMPEL MAKANAN

1. Analisa Komponen Dalam Minyak Makanan

a. metode Uji Asam Lemak (Larut) Dengan Metode Kromatografi Gas

1) Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan asam lemak khususnya larut dalam minyak nabati secara kromatografi gas.

2) Prinsip

Gliserida disabunkan, asam lemak dibebaskan dan diesterkan dengan katalis BF_3 untuk analisa lebih lanjut menggunakan GC sesuai metode 963.22

3) Alat dan bahan

a) Alat

Alat yang digunakan meliputi : instrument kromatografi gas dengan suhu injector lebih tinggi 20-50oC dibanding suhu kolom, kolom Rtx-5, micro syringe dengan volume maksimal 10 μL dengan skala terkecil 0, μL , labu reaksi 50 mL dan 125 mL lapisan konektor dibagian tutupnya, set alat refluks dengan pendingin air dan labu reaksi.

b) Bahan

Bahan yang digunakan meliputi : BF_3 - Metanol (komersial), NaOH metanolik 0,5 M, larutan 2 g NaOH dalam 100 mL methanol dengan kadar air $\leq 0,5\%$, heptane, metil merah 0,1 % dalam 60 % alkohol, gas nitrogen, gas pembawa He, gas lain (H_2 , > 99,9% bebas runutan organik dan udara atau O_2 bebas runutan organik (<2 ppm hidrokarbon ekuivalen ke metana) dan senyawa standar metil ester (metil larut).

4) Metode uji

1) Penyiapan Sampel Uji

Timbang kira-kira 35 mg sampel minyak, masukkan ke dalam labu reaksi 50 mL. tambahkan 6 mL larutan NaOH metanolik 0,5 M dan batu didih. Pasang pendingin, refluk sampai gelembung minyak hilang (sekitar 5-10 menit). Tambahkan 7 mL pereaksi BF_3 dengan pipet melauai pendingin dan lanjutkan refluks 2 menit. Apabila digunakan jumlah sampel yang berbeda, penggunaan labu dan penambahan pereaksi adalah sebagai berikut :

Jumlah sampel (mg)	Ukuran labu (mL)	Larutan NaOH Metanolik 0,5 M (mL)	Pereaksi BF_3 (mL)
100-250	50	4	5
250-500	50	6	7
500-750	100	8	9
750-1000	100	10	12

Tambahkan 2-5 mL heptane melalui pendingin dan refluk selama 1 menit. Lepaskan pemanas, pendingin, lalu tambahkan 15 ml larutan NaCl jenuh kocok campuran selama 15 detik. Tambahkan larutan NaCl lagi sampai lapisan heptane berada di leher labu. Ambil sekitar 1 mL lapisan heptane, masukkan ke dalam tabung reaksi, tambahkan Na_2SO_4 untuk menghilangkan air kemudian

saring. Analisis larutan dengan GC dan apabila diperlukan larutan bisa diencerkan menjadi konsentrasi 5-10% dengan heptane sebelum GC.

2) Spesifikasi Kinerja

Tentukan kinerja pemisahan kolom dengan menggunakan metil stearate dan metil palminat dengan perbandingan sama. Optimasi suhu kolom, aliran gas dan ukuran sampel sehingga didapatkan waktu retensi metil stearate 15 menit. Tentukan nilai N dan Rs dengan rumus :

$$N = 16 \left(\frac{t}{W} \right)^2$$

Keterangan :

N : jumlah plate teori

W : lebar puncak metil stearate

T : waktu retensi metil stearate

$$R = 2 \frac{t_2 - t_1}{w_1 + w_2}$$

Keterangan :

R : resolusi

$w_1 = w_2$: lebar puncak metil stearate ditambah lebar puncak metil palminat

$t_2 - t_1$: waktu retensi metil stearate dikurangi waktu retensi metil palminat

3) Identifikasi

Injeksikan masing-masing 0,2- μ L larutan sampel metil ester 5-10% dalam heptane dan 0,2 μ L larutan metil larutan standar (konsentrasi 10 % dalam heptana) pada kondisi kromatografi berikut :

a) injektor : suhu injector 290oC

b) kolom :

Suhu oven kolom : 180oC, 2 menit

Kenaikan 10oC / menit sampai 270oC

270oC, 4 menit

Total waktu 15 menit

c) detektor FID: suhu detektor : 290oC

d) kecepatan alir gas pembawa (He) : 2,43 ml / menit)

Laju alir udara : 190 ml / menit

Laju air gas H₂ : 80 ml /menit

Cetak kromatogram. Bandingkan waktu retensi metil laurat standar dengan waktu retensi puncak-puncak kromatogram sampel. Puncak pada kromatogram sampel yang mempunyai waktu retensi sama dengan waktu retensi metil laurat standar merupakan puncak metil laurat. Jika tidak didapatkan puncak dengan

waktu retensi yang sama dengan standar lakukan spiking. Tambahkan satu tetes larutan metil larutan standar ke dalam larutan sampel. Injeksi 0,1 µL hasil spiking dan cetak kromatogram. Bandingkan kromatogram sampel hasil spiking dengan kromatogram sampel sebelum spiking. Puncak metil larut merupakan puncak kromatogram yang mengalami peningkatan proporsi relatif pada kromatogram sampel yang di spiking dibandingkan kromatogram sampel.

4) Perhitungan

Untuk sampel minyak nabati dengan asam lemak sebagian besar merupakan asam lemak dengan $C \geq 12$, maka % metil laurat setara dengan % relative data integrasi yang merupakan luas area puncak metil laurat / total luas area puncak kromatogram. Untuk minyak nabati yang mempunyai komponen-komponen asam lemak dengan $C < 12$, maka harus ditentukan faktor koreksi. Buat campuran standar metil ester yang komposisinya mirip dengan sampel berdasar data prosentase relatif kromatogram sampel. Tentukan faktor koreksi metil laurat K_{12} dengan rumus :

$$K_{12} = \frac{C_a}{C_b}$$

Dimana C_a adalah prosen berat metil laurat pada campuran standar dan C_b adalah % metil laurat dari kromatogram.

Dengan cara sama tertentu faktor koreksi metil palminat K_{12} dan metil ester yang lain (K_i). Tentukan faktor koreksi metil ester relative (K'_i) terhadap metil palminat termasuk faktor koreksi metil laurat (K'_{12}) dengan rumus :

$$K'_{12} = K_i / K_{16}$$

Untuk metil laurat $K'_{12} = K_{12} / K_{16}$

Hitung persen berat metil laurat sebagai :

$$\% \text{ berat metil laurat} = \frac{(K_{12} \times C_b)}{\sum(K_i \times C_i)} \times 100$$

Tulis hasil dengan ketentuan angka penting sebagai berikut, tiga angka penting pada nilai $> 10\%$ angka penting untuk nilai 1-10% dan 1 angka penting untuk nilai $< 1\%$.

2. Analisis Komponen Residu Dalam Buah Dan Sayur

a. Metode Analisis Multiresidu Pestisida Organofosfat Diazinon, Malation, Profenofos dan Etion dalam Buah dan Sayur Non Lemak dengan Kromatografi Gas

1) Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penetapan residu pestisida, diazinon, malation, profenofos dan etion dalam buah dan sayur (semangka, salak, sawi)

2) Prinsip

Pestisida diekstraksi dengan etil asetat dan langsung ditetapkan tanpa pembersihan. Secara kromatografi gas menggunakan detektor fotometri nyala yang selektif terhadap P menggunakan parathion sebagai standar internal.

3) Alat dan Bahan

a) alat

alat yang digunakan meliputi : Kromatograf gas yang dilengkapi dengan detector spesifik untuk fosfor yaitu detektor fotometri nyala (FPD), pencincang, blender, labu takar 10 mL dan corong

b) bahan

bahan yang digunakan meliputi : etil asetat, standar diazinon, standar profenofos, standar etion, standar parathion, standar malation dan natrium sulfat anhidrat

4) Metode uji

a) ekstraksi

cincang sampel dan timbang menggunakan timbangan terkalibrasi sejumlah berat tertentu (misal 50 g) kemudian masukkan ke dalam blender stainless steel. Tambahkan 250 μ L larutan standar internal parathion konsentrasi 200 ppm (larutan stok 1). Tambahkan 50 g natrium sulfat dan 100 mL etilasetat, kemudian lumatkan selama 2-3 menit. Enap tuangkan cairan ke dalam corong yang telah diberi kapas saringan ditampung dalam labu alas bulat.

b) Pembuatan larutan standar

Timbang masing-masing 10 mg parathion diazinon, profenofos, malation dan etion. Masukkan masing-masing dalam labu takar 50 mL. larutkan dengan etil asetaa sampai batas (larutan stok 1 : 200 ppm). Ambil 1 mL larutan stok I, masukkan dalam labu takar 10 mL. larutkan dengan etil asetat sampai batas (larutan II : 20 ppm). Buat variasi konsentrasi larutan standar dan larutan standar internal (parathion) dengan pengenceran larutan stok 20 ppm menggunakan etil aseta dalam labu takar 10 mL sehingga didapatkan konsentrasi 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 dan 1 ppm sesuai tabel berikut:

No	Konsentrasi standar (ppm)	Volume larutan stok II 20 ppm (μL)	Konsentrasi standar internal aldrin (ppm)	Volume larutan stok standar internal (aldrin 20 ppm (μL))
1	0,1	50	0,5	250
2	0,2	100	0,5	250
3	0,4	200	0,5	250
4	0,6	300	0,5	250
5	0,8	400	0,5	250
6	1	500	0,5	250

c) Pembuatan kurva kalibrasi

Suntikkan 1 μL masing-masing larutan baku perbandingan ke dalam kromatografi gas dan catat luas area masing-masing puncak yang dihasilkan. Hitung data perbandingan luas area antara puncak standar dengan puncak standar internal (parathion) untuk setiap konsentrasi standar. Untuk masing-masing standar, buat kurva kalibrasi antara perbandingan luas area puncak standar dengan standar internal sebagai fungsi konsentrasi standar. Tentukan persamaan kadar pestisida.

d) Penentuan Kadar Pestisida

Suntikkan 1 μL sampel, catat luas area pestisida yang diinginkan, dengan kondisi kromatografi sebagai berikut :

Detector : FPD (Flame Photometer Detektor) yang dilengkapi dengan filter P
 Kolom : CP-Sil8-CB, p = 30,0 m, = 0,25 mm ID

Temperature injector : 250°C
 Temperature detector : 250°C
 Temperature kolom : 210°C, 25 menit
 Flow gas pembawa (HE) (kolom) : 1,16 ml / menit)
 Laju alir udara : 190 ml / menit
 Laju alur gas H₂ : 80 ml / menit

Tentukan luas area puncak masing-masing senyawa target pestisida dan luas area puncak standar internal (parathion). Tentukan perbandingan luas area punya senyawa target pestisida dengan luas area standar internal. Hitung kadar pestisida masing-masing pestisida dalam sampel yang diinjeksi dengan memasukkan nilai perbandingan luas area puncak ke persamaan regresi untuk senyawa standar yang sesuai.

e) Perhitungan

Kadar masing-masing pestisida dalam sampel dengan rumus :

$$C_s = C_i \times 100 \text{ mL} / B$$

Dimana :

C_s : kadar pestisida dalam sampel (ppm)

B : berat contoh uji (g) (misal 50 g)

C_i : kadar pestisida yang didapat pada sampel yang diinjeksi (ppm)

100 mL : volume etil asetat pengekstrak (mL)

b. *Metode Analisis Multiresidu Pestisida Organoklorine (Heptaklor, Endosulfon, Dieldrin Dan P,P-DDT Dalam Buah dan Sayuran Non Lemak Secara Kromatografi Gas*

1) Runag Lingkup

Metode ini digunakan untuk penetapan residu pestisida Heptachlor, Endosulfan, Dieldrin dan p,p – DDT dalam buah dan sayuran non lemak dengan menggunakan Aldrin sebagai standar internal.

2) Prinsip

Residu pestisida dalam sampel setelah dihomogenkan diekstrak dengan campuran Toluene dan Propanol – 2. Enap Toluene, tambahkan 1 gr penjerap dan tambahkan Aldrin (standar internal), injeksikan sebanyak 1 μ L.

3) Alat dan Bahan

a) Alat

Alat yang digunakan meliputi : instrument kromatografi gas yang dilengkapi detector penangkap electron (ECD), pencincang, blender Stainless Steel / Ultra turax, corong pisah, corong, kapas atau wol kuarsa yang telah dibersihkan dengan campuran petroleum eter dan aseton (4 : 1v / v) selama 8 jam pada soxhlet, tabung reaksi berkala dengan tutup kaca, kapasitas paling sedikit 20 mL atau tabung gas dengan tutup ulir dari telfon atau dilapisi isoprene pada bagian dalam, dan kertas saring diameter \pm 110 mm yang telah dibersihkan dengan campuran petroleum dan aseton (4:1 v/v) selama 8 jam pada soxhlet.

b) Bahan

Bahan yang digunakan meliputi : toluene, 2-propanol larutan Natrium sulfat 2 %, Celite 545, dengan karbon aktif, dan penjerap campuran (campuran celite 545 dengan karbon aktif (1:3 b/b).

4) Metode Uji

a) Penyiapan sampel uji

Ekstraksi

Sampel dicincang timbang \pm 50 gr, kemudian dimasukkan ke dalam blender dan 50 mL propanol 1-2, lumatkan selama 5 menit. Enapkan, kemudian tuang

melalui corong yang telah diberi wol kuarsa. Pindahkan ekstrak ke dalam corong pisah. Tambahkan 250 mL larutan natrium sulfat 2 % gojog selama 1 menit, biarkan terpisah, buang lapisan air, biarkan emulsi tetap dalam corong pisah. Ulang pencucian dengan 250 mL larutan natrium sulfat 2 % buang fase air dan biarkan lapisan emulsi yang terjadi tetap dalam corong pisah.

Pra-perlakuan

Masukan 10 mL fase Toluene (jangan dikeringkan) dalam tabung reaksi bertutup kaca. Tambahkan 1 gr penjerap campuran. Tutup tabung reaksi dan gojog kuat-kuat selama 2 menit. Saring melalui kertas kering.

Penetapan

Suntikkan 1,5 μL ekstra kedalam kromatografi gas. Suntikkan on- column atau menggunakan insert Pyrex

b) Pembuatan larutan

Timbang masing-masing 10 mg parathion Aldrin, Dieldrin, Endosulfan, dan Heptachlor. Masukkan masing-masing dalam labu takar 50 mL. larutan dengan etil asetat sampai batas (larutan stok I : 200 ppm). Ambil 1 mL larutan stok I, masukkan dalam labu takar 10 mL. larutkan dengan etil asetat sampai batas (larutan stok II : 20 ppm). Buat variasi konsentrasi larutan standar dan larutan standar internal (aldrin) dengan pengenceran larutan stok 20 ppm menggunakan toluene dalam labu takar 10 mL sehingga didapatkan konsentrasi 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 dan 1 ppm sesuai tabel berikut :

No	Konsentrasi standar (ppm)	Volume larutan stok II 20 ppm (μL)	Konsentrasi standar internal aldrin (ppm)	Volume larutan stok standar internal (aldrin) 20 ppm (μL)
1	0,1	50	0,5	250
2	0,2	100	0,5	250
3	0,4	200	0,5	250
4	0,6	300	0,5	250
5	0,8	400	0,5	250
6	1	500	0,5	250

c) Pembuatan kurva kalibrasi

Suntikkan 1 μL masing-masing larutan baku perbandingan ke dalam kromatografi gas dan catat luas area masing-masing puncak yang dihasilkan. Hitung data perbandingan luas area antara puncak standar dengan puncak standar internal (aldrin) untuk setiap konsentrasi standar. Untuk masing-masing standar, buat kurva kalibrasi antara perbandingan luas area puncak

standar dengan standar internal sebagai fungsi konsentrasi standar. Tentukan persamaan regresi masing-masing kurva standar.

d) Penentuan kadar Pestisida

Suntikkan 1 μL sampel, catat luas area pestisida yang diinginkan, dengan kondisi kromatografi sebagai berikut :

Detector : CD (Electron Capture Detector) yang dilengkapi dengan filter P

Kolom : Rtx-1301; P : 30 M; q : 0,25 mm; dt: 0,25 μm

Temperature injector : 270 $^{\circ}\text{C}$

Temperature detector : 300 $^{\circ}\text{C}$

Temperature kolom : 230 $^{\circ}\text{C}$, 12 menit

Flow gas pembawa (HE) (kolom) : 1,17 ml / menit)

Laju alir udara : 190 ml / menit

Laju alur gas H₂ : 80 ml / menit

Tentukan luas area puncak masing-masing senyawa target pestisida dan luas area puncak standar internal (aldrin). Tentukan perbandingan luas area punya senyawa target pestisida dengan luas area standar internal. Hitung kadar pestisida masing-masing pestisida dalam sampel yang diinjeksi dengan memasukkan nilai perbandingan luas area puncak ke persamaan regresi untuk senyawa standar yang sesuai.

e) Perhitungan

Kadar masing-masing pestisida dalam sampel dengan rumus :

$$C_s = C_i \times 100 \text{ mL} / B$$

Dimana :

C _s	:	Kadar pestisida dalam sampel (ppm)
B	:	Berat contoh uji (g)
C _i	:	Kadar pestisida yang didapat pada sampel yang diinjeksi
100	:	Volume toluen pengekstrak (mL)

c. Uji Kadar Merkuri dalam Beras Dengan Merkury Analyzer

1) Ruang Lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam merkuri (Hg) dalam beras dengan Mercury Analyzer.

2) Prinsip

Senyawa merkuri dalam contoh uji beras dioksidasi menjadi ion merkuri oleh oksidator kuat dalam suasana asam. Ion merkuri kemudian direduksi menjadi atom

merkuri dengan SnCl_2 Atom merkuri yang terbentuk kemudian diukur dengan Mercury Analyzer

3) Alat dan Bahan

a) Alat

Alat yang digunakan meliputi : Mercury Analyzer, pipet volume 5 mL, gelas piala 250 mL, mikro pipet (100 μL dan 1000 μL), labu ukur (100 mL, 50 mL, 10mL), corong gelas, labu semprot, kertas saring whatman 40, timbangan analitik dan tabung reaksi

b) Bahan

Bahan yang digunakan meliputi : air suling, asam nitrat (HNO_3), larutan standar Hg, hidrosilamina hidroklorida (HONH_2Cl), larutan KMnO_4 timah (II) kloride, HClO_4 dan H_2SO_4

4) Metode Uji

a) Persiapan sampel uji

Timbang 1 gram beras dan masukkan ke dalam gelas piala 250 mL. tambahkan 5 mL H_2SO_4 dan 5 mL $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ (1 : 1) ke dalam gelas piala. Panaskan campuran di atas kompor listrik hingga terbentuk larutan jernih (terbentuk asap putih). Tetapkan volume larutan kemudian hingga 50 mL dengan menambahkan air suling hingga tanda tera pada labu ukur 50 mL. pindahkan 10 mL larutan ke dalam tabung reaksi, tambahkan dengan 0,1 mL KMnO_4 0,1 % dan gojog. Selanjutnya, tambahkan 0,1 mL hidrosilamina hidroklorida 10 % dan gojog tabung kembali. Tambahkan 0,5 mL timah (II) kloride 10 % dan baca respon sampel dengan instrument

b) Pembuatan larutan standar 1000 $\mu\text{g} / \text{L}$

Pipet 0,1 mL larutan induk logam merkuri, Hg 1000 mg / L. ke dalam labu ukur 100 mL. tetapkan dengan aquades sampai tanda tera.

c) Pembuatan larutan baku 10 $\mu\text{g} / \text{L}$

Pipet 0,1 mL larutan induk logam merkuri, Hg 1000 $\mu\text{g} / \text{L}$. ke dalam labu ukur 10 mL. tetapkan dengan aquades sampai tanda tera.

d) Pembuatan larutan kerja logam Merkuri (Hg)

Pipet 0,05 mL ; 0,1 mL ; 0,2 mL ; 0,4 mL ; 0,8 mL ; 1,6 mL ; dan 3,2 mL dari larutan baku 10 $\mu\text{g} / \text{L}$ dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 10 mL. tambahkan air suling sampai tepat tanda tera sehingga diperoleh konsentrasi logam merkuri 0,05 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,8 ; 1,6 ; dan 3,2 $\mu\text{g} / \text{L}$.

- e) Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi
Optimalkan alat Mercury Analyzer sesuai petunjuk penggunaan alat. Ukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat. kurva kalibrasi untuk mendapatkan.

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

- 1) D
- 2) D
- 3) B
- 4) C
- 5) D
- 6) D
- 7) A
- 8) A
- 9) D
- 10) C

Tes 2

- 1) B
- 2) C
- 3) B
- 4) C
- 5) C
- 6) C
- 7) D
- 8) D
- 9) A
- 10) C

Daftar Pustaka

- CMSF. (1996). *Microorganism in Foods : 5. Microbiological Specifications of Food Pathogens*. London :Blackie Academic dan professional.
- Daringan, W.F. dan Park, R.W.A. (1991). *Making Safe Food : A Management Guide For Microbiological Quality*. London : Academic Press puplis.
- Doyle, M.P, ed. (1989). *Foodborne bacterial pathogens*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Fardiaz, S. (1985). *Keamanan pangan: Mikrobiologi (Jilid I)*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Fardiaz, S. (1994). *Keamanan pangan*. Makalah disampaikan pada pelatihan singkat dalam bidang Teknologi pangan.kerjasama PAU Pangan dan Gizi, FATETA IPB, dengan Kantor Menteri Negara Urusan pangan / BULOG, 28 Maret – 8 April 1994 di IPB, Bogor.
- Fardiaz, S. (1997). *Penggunaan bahan tambahan dalam makanan jajanan*. Makalah disampaikan pada Temu Karya Penggunaan Bahan Tambahan Makanan (BTM) oleh Industri Pangan. Jakarta: Kerjasama Kantor Menteri Negara Urusan Pangan dengan jurusan Teknologi Pangan dan Gizi IPB, Jakarta, 25 Februari 1997.
- Frazier, W.C. dan Westhoff, D.C (1988). *Food microbiology (4th ed.)*. New York: Mc-Graw_Hill Book Co.
- Muchtadi, D. dan Puspitasari-Nienaber N.L. (1997). *Toksisitas bahan terlarang untuk digunakan dalam makanan / minuman*. Makalah disampaikan pada Temu Karya Penggunaan Bahan Tambahan Makanan (BTM) oleh Industri Pangan. Jakarta: Kerjasama Kantor Menteri Negara Urusan Pangan dengan Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fateta IPB.



KIMIA LINGKUNGAN

PUSAT PENDIDIKAN SUMBER DAYA MANUSIA KESEHATAN
Badan Pengembangan dan Pemberdayaan
Sumber Daya Manusia Kesehatan

Jl. Hang Jebat III Blok F3,
Kebayoran Baru Jakarta Selatan - 12120

Telp. 021 726 0401

Fax. 021 726 0485

Email. pusdiknakes@yahoo.com