



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

# FISIKA LINGKUNGAN

Bambang Yulianto  
Darjati





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

# FISIKA LINGKUNGAN

Bambang Yulianto  
Darjati

Hak Cipta dan Hak Penerbitan dilindungi Undang-undang

Cetakan pertama, Oktober 2017

*Penulis* : 1. Bambang Yulianto, ST., MT  
2. Darjati, SKM., M.Pd

*Pengembang Desain Instruksional* : Drs. Elang Krisnadi, M.Pd

*Desain oleh Tim P2M2* :  
*Kover & Ilustrasi* : Nursuci Leo Saputri, A.Md.  
*Tata Letak* : Restu Mawardi, S.T.

Jumlah Halaman : 254

## DAFTAR ISI

<b>BAB I: AIR</b>	<b>1</b>
<b>Topik 1.</b>	
<b>Karakteristik dan Konsep Aliran Air.....</b>	<b>3</b>
Latihan .....	11
Ringkasan .....	12
Tes 1 .....	12
<b>Topik 2.</b>	
<b>Hidrostatis dan Hidrodinamis .....</b>	<b>13</b>
Latihan .....	31
Ringkasan .....	35
Tes 2 .....	36
<b>Topik 3.</b>	
<b>Titik Pengambilan Sampel Air dan Cara Pemeriksaan Parameter Fisiknya .....</b>	<b>39</b>
Latihan .....	44
Ringkasan .....	45
<b>KUNCI JAWABAN TES .....</b>	<b>46</b>
<b>GLOSARIUM .....</b>	<b>47</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
<b>BAB II: LIMBAH CAIR</b>	<b>49</b>
<b>Topik 1.</b>	
<b>Karakteristik Limbah Cair.....</b>	<b>51</b>
Latihan .....	52
Ringkasan .....	53
Tes 1 .....	54
<b>Topik 2.</b>	
<b>Jenis dan Sumber Limbah cair.....</b>	<b>55</b>
Latihan .....	56
Ringkasan .....	57
Tes 2 .....	57

<b>Topik 3.</b>	
<b>Titik Pengambilan Sampel Limbah Cair.....</b>	<b>58</b>
Latihan .....	61
Ringkasan .....	61
Tes 3 .....	62
<b>Topik 4.</b>	
<b>Pemeriksaan Parameter Fisik Limbah Cair.....</b>	<b>63</b>
Latihan .....	66
<b>KUNCI JAWABAN TES .....</b>	<b>66</b>
<b>GLOSARIUM .....</b>	<b>68</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>69</b>
<b>BAB III: UDARA</b>	<b>70</b>
<b>Topik 1.</b>	
<b>Bunyi .....</b>	<b>72</b>
Latihan .....	80
Ringkasan .....	81
Tes 1 .....	82
<b>Topik 2.</b>	
<b>Cahaya .....</b>	<b>83</b>
Latihan .....	91
Ringkasan .....	91
Tes 2 .....	93
<b>Topik 3.</b>	
<b>Panas Radiasi .....</b>	<b>94</b>
Latihan .....	102
Ringkasan .....	103
Tes 3 .....	104
<b>KUNCI JAWABAN TES .....</b>	<b>105</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>108</b>

<b>BAB IV: TANAH</b>	<b>109</b>
<b>Topik 1.</b>	
<b>Ruang Lingkup Tanah .....</b>	<b>111</b>
Latihan .....	123
Ringkasan .....	124
Tes 1 .....	125
<b>Topik 2.</b>	
<b>Pencemaran Tanah dan Permasalahannya.....</b>	<b>127</b>
Latihan .....	133
Ringkasan .....	134
Tes 2 .....	135
<b>Topik 3.</b>	
<b>Titik Pengambilan Sampel Tanah .....</b>	<b>137</b>
Latihan .....	143
Ringkasan .....	144
Tes 3 .....	144
<b>Topik 4.</b>	
<b>Pemeriksaan Parameter Fisik tanah .....</b>	<b>146</b>
Latihan .....	154
Ringkasan .....	155
Tes 4 .....	156
<b>KUNCI JAWABAN TES .....</b>	<b>158</b>
<b>GLOSARIUM .....</b>	<b>159</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>160</b>
<b>BAB V: SAMPAH</b>	<b>161</b>
<b>Topik 1.</b>	
<b>Definisi dan Pengertian Sampah .....</b>	<b>163</b>
Latihan .....	173
Ringkasan .....	174
Tes 1 .....	175

<b>Topik 2.</b>	
<b>Sumber dan Timbulan Sampah .....</b>	<b>177</b>
Latihan .....	185
Ringkasan .....	186
Tes 2 .....	187
<b>Topik 3.</b>	
<b>Jenis dan Karakteristik Sampah .....</b>	<b>189</b>
Latihan .....	201
Ringkasan .....	202
Tes 3 .....	203
<b>KUNCI JAWABAN TES .....</b>	<b>205</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>206</b>
<b>BAB VI: MAKANAN DAN MINUMAN KEMASAN</b>	<b>207</b>
<b>Topik 1.</b>	
<b>Makanan dan Minuman dalam Kemasan .....</b>	<b>209</b>
Latihan .....	215
Ringkasan .....	215
Tes 1 .....	216
<b>Topik 2.</b>	
<b>Jenis dan Macam Kemasan Makanan dan Minuman .....</b>	<b>218</b>
Latihan .....	223
Ringkasan .....	224
Tes 2 .....	224
<b>Topik 3.</b>	
<b>Teknik Pengambilan Sampel Makanan dan Minuman .....</b>	<b>226</b>
Latihan .....	243
Ringkasan .....	243
Tes 3 .....	244
<b>KUNCI JAWABAN TES .....</b>	<b>246</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>247</b>

# BAB I AIR

*Bambang Yulianto*

## PENDAHULUAN

Saudara mahasiswa dalam Bab I ini kita akan membahas tentang air dan permasalahannya. Seperti kita ketahui bahwa dalam kehidupan sehari-hari tentu kita sudah tidak asing lagi dengan air. Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia  $H_2O$ . Tentu air sangat kita perlukan dalam kehidupan kita. Misalnya untuk minum, mandi, cuci, dan kakus.

Selanjutnya, ruang lingkup materi yang akan dibahas pada bab ini mencakup tentang karakteristik air dan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia, konsep aliran air meliputi aliran laminar, turbulen dan transisi; jenis-jenis aliran air meliputi hidrostatis dan hidrodinamis, persamaan-persamaan dalam aliran (baik aliran terbuka dan tertutup), cara penentuan titik pengambilan sampel air, serta cara pemeriksaan parameter fisik air meliputi: Temperatur, TDS, Warna, Debit dan Kecepatan aliran serta Baku mutu air yang masih berlaku di negara kita.

Pada Bab I ini, seluruh cakupan atau ruang lingkup materi yang telah disebutkan itu, akan disajikan ke dalam 3 (tiga) Topik.

1. Topik 1: Karakteristik dan Konsep Aliran Air
2. Topik 2: Hidrostatis dan Hidrodinamis
3. Topik 3: Titik Pengambilan Sampel Air dan Cara Pemeriksaan Parameter Fisiknya

Selanjutnya, setelah mempelajari materi-materi yang ada pada Bab I ini diharapkan Anda dapat:

1. menjelaskan karakteristik fisik air dengan benar
2. menjelaskan konsep aliran air yang meliputi laminar, turbulen dan transisi dengan benar
3. menjelaskan konsep hidrostatis dan hidrodinamis dengan benar
4. menentukan titik pengambilan sampel air untuk pemeriksaan parameter fisik air dengan benar
5. melakukan cara pemeriksaan parameter fisik air secara lapangan yang terkait dengan temperatur, TDS, debit, dan kecepatan aliran
6. melakukan identifikasi parameter fisik lingkungan air

Kuasailah materi yang disajikan dalam Bab I ini dengan baik. Mengapa? Sebab dengan menguasai materi tersebut, tentu Anda akan memiliki wawasan yang luas tentang terkait dengan air dan permasalahannya yang kelak dapat berguna dalam kehidupan keseharian Anda dan juga pada profesi Anda sebagai seorang Sanitarian

Selanjutnya, agar Anda berhasil dengan baik dalam mempelajari seluruh materi yang ada pada Bab I ini, ikutilah saran atau petunjuk belajar sebagai berikut:

1. Bacalah setiap uraian dengan cermat, teliti, dan tertib sampai Anda memahami pesan, ide, dan makna yang disampaikan.
2. Lakukanlah diskusi dengan teman-teman sejawat dalam mengatasi bagian-bagian yang belum Anda pahami.
3. Kerjakan semua soal yang terdapat pada latihan dan tes dengan disiplin tinggi.
4. Perbanyak pula membaca materi yang sesuai dari sumber lainnya, seperti yang direferensikan dalam modul ini.
5. Jangan lupa, tanamkan dalam diri Anda bahwa Anda akan berhasil dan buktikanlah bahwa Anda memang berhasil

## Topik 1

# Karakteristik dan Konsep Aliran Air

Saudara mahasiswa, dalam topik 1 ini kita akan membahas terkait dengan konsep karakteristik air dan konsep aliran air itu sendiri. Selanjutnya, pembahasan materi yang menyangkut tentang karakteristik air, fokusnya lebih mengarah pada karakteristik fisika air. Ketika berbicara karakteristik fisika air, maka akan terkait dengan Total Dissolved Solid (TDS), Suhu, Daya Hantar Listrik (DHL), Bau dan Rasa, serta Kekeruhan dan Warna. Selanjutnya kita bahas satu-persatu yang menjadi bagian dari karakteristik fisika air tersebut.

### A. TOTAL DISSOLVED SOLID (TDS)

Seperti kita ketahui bahwa tubuh kita terdiri dari 80% air. Oleh karena itu, air tentu memiliki peranan yang sangat penting untuk menjaga kesehatan. Sementara itu, banyak diantara kita hanya mengetahui bahwa air yang layak konsumsi adalah air yang bebas bakteri dan virus. Padahal kualitas air yang layak konsumsi adalah lebih dari itu dan tidak sekedar bebas dari bakteri dan virus. Lalu bagaimana cara menentukan kelayakan air yang dikatakan layak konsumsi? Nah saudara mahasiswa, salah satu faktor yang sangat penting dan menentukan bahwa air yang layak konsumsi adalah dilihat dari kandungan Total Dissolved Solid (TDS) atau kandungan unsur mineral dalam air. Sementara itu, menurut standart Organisasi Kesehatan Dunia atau World Health Organization (WHO), bahwa air minum yang layak dikonsumsi memiliki kadar TDS < 100 ppm (parts per million). Sedangkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan : 492/Menkes/Per/ IV/2010, standar TDS maksimum yang diperbolehkan untuk air layak minum adalah 500 mg/liter. Sedangkan untuk air bersih maksimum sebesar 1000 mg/l menurut Peraturan Menteri kesehatan No 32 Tahun 2017. Demikian saudara mahasiswa pembahasan tentang TDS. Mudah-mudahan Anda dapat memaknai dengan baik terkait dengan ketentuan TDS tersebut.

### B. SUHU

Berbicara masalah suhu yang perlu Anda ketahui bahwa secara umum, kenaikan suhu air akan mengakibatkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air. Suhu air sangat berpengaruh terhadap jumlah oksigen terlarut didalam air. Jika suhu air tinggi maka air akan cepat jenuh dengan oksigen dibandingkan dengan suhu airnya yang rendah.

Peningkatan suhu air juga mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi serta penurunan kelarutan gas dalam air seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> dan sebagainya

### C. DAYA HANTAR LISTRIK (DHL)

Konduktivitas air bergantung pada jumlah ion-ion terlarut per volumenya dan mobilitas ion-ion tersebut. Satuannya adalah  $\mu\text{mho/cm}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$  Konduktivitas bertambah dengan jumlah yang sama dengan bertambahnya salinitas. Secara umum, faktor yang lebih dominan dalam perubahan konduktivitas air adalah temperatur. Untuk mengukur konduktivitas digunakan konduktivimeter. Berdasarkan nilai DHL, jenis air juga dapat dibedakan melalui nilai pengukuran daya hantar listrik dalam  $\mu\text{mhos/cm}$  pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  menunjukkan klasifikasi air sebagai berikut:

*Tabel 1.1.  
Klasifikasi Air Berdasarkan Daya Hantar Listrik (DHL)*

No.	DHL ( $\mu\text{mho/cm}$ , $25^{\circ}\text{C}$ )	Klasifikasi
1.	0,0055	Air Murni
2.	0,5-5	Air suling
3.	5-30	Air hujan
4.	30-200	Air tanah
5.	45000-55000	Air laut

Sumber : Davis dan Wiest, 1996)

Untuk air laut sendiri, berdasarkan batas konduktivitas listrik, klasifikasi intrusinya dapat juga dibedakan seperti yang tertera pada tabel 1.2.berikut.

*Tabel 1.2.  
Klasifikasi Intrusi Air Laut Berdasarkan Konduktivitas Listrik*

No.	Batas konduktivitas ( $\mu\text{mho/cm}$ , $25^{\circ}\text{C}$ )	Klasifikasi intrusi
1.	$\leq 200,00$	Tidak terintrusi
2.	200,01-229,24	Terintrusi sedikit
3.	229,25-387,43	Terintrusi sedang
4.	387.44-534,67	Terintrusi agak tinggi
5.	$\geq 534,68$	Terintrusi tinggi

Sumber : Davis dan Wiest, 1996

### D. BAU DAN RASA

Air yang baik idealnya tidak berbau dan tidak berasa. Bau air dapat ditimbulkan oleh pembusukan zat organik, seperti bakteri serta kemungkinan akibat tidak langsung terutama oleh sistem sanitasi. Sedangkan rasa asin disebabkan adanya garam-garam tertentu yang larut dalam air. Sementara itu, rasa asam pada air diakibatkan adanya asam organik maupun asam anorganik.

## E. KEKERUHAN DAN WARNA

Air juga dapat mengalami kekeruhan dan kekeruhan ini dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik. Kekeruhan juga dapat mewakili warna. Sedangkan dari segi estetika, kekeruhan air dihubungkan dengan kemungkinan hadirnya pencemaran melalui buangan dan warnanyapun tergantung pada warna air yang memasuki badan air.

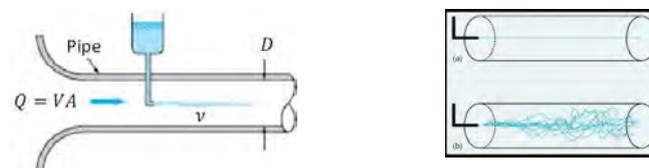
Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan karakteristik air. Selanjutnya kita akan membahas konsep aliran air, yaitu sebagai berikut.

## F. KONSEP ALIRAN AIR

Dalam konsep ini, akan dipertegas bahwa air merupakan bagian dari fluida dan dapat dibedakan menjadi aliran laminar, aliran turbulen, dan transisi. Aliran fluida (cairan atau gas) dalam pipa mungkin merupakan aliran laminar atau turbulen. Perbedaan antara aliran laminar dan turbulen secara eksperimen pertama kali dipaparkan oleh Osborne Reynolds pada tahun 1883. Eksperimen itu dijalankan dengan menyuntikkan cairan berwarna ke dalam aliran air yang mengalir di dalam tabung kaca. Jika fluida bergerak dengan kecepatan cukup rendah, cairan berwarna akan mengalir di dalam sistem membentuk garis lurus tidak bercampur dengan aliran air, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.1(a).

Pada kondisi seperti ini, fluida masih mengalir secara laminar. Jadi pada prinsipnya, jika fluida mengalir cukup rendah seperti kondisi eksperimen ini, maka terdapat garis alir. Bila kecepatan fluida ditingkatkan, maka akan dicapai suatu kecepatan kritis. Fluida mencapai kecepatan kritis dapat ditandai dengan terbentuknya gelombang cairan warna. Artinya garis alir tidak lagi lurus, tetapi mulai bergelombang dan kemudian garis alir menghilang, karena cairan berwarna mulai menyebar secara seragam ke seluruh arah fluida air, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.1(b).

Perilaku ketika fluida mulai bergerak secara acak (tak menentu) dalam bentuk arus-silang dan pusaran, menunjukkan bahwa aliran air tidak lagi laminar. Pada kondisi seperti ini garis alir fluida tidak lagi lurus dan sejajar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 (b).



Gambar 1.1P  
ercobaan Reynold tentang Aliran laminar (a) dan aliran turbulen (b)

Menurut Reynold, untuk membedakan apakah aliran itu turbulen atau laminar dapat menggunakan bilangan tak berdimensi yang disebut dengan Bilangan Reynold.

Bilangan ini dihitung dengan persamaan berikut :

$$Re = \frac{\rho V R_h}{\mu} \text{ atau } \frac{V R_h}{\nu}$$

dimana:

$\rho$  = Massa jenis, kg/m<sup>3</sup>

$V$  = Kecepatan rata-rata fluida, m/det.

$R_h$  = Jari-jari hidrolis dari saluran, m.

$\mu$  = Kekentalan dinamis, Pa det

$\nu$  = Kekentalan kinematik, m<sup>2</sup>/det

Pada  $500 < Re < 600$ , aliran bersifat laminar.

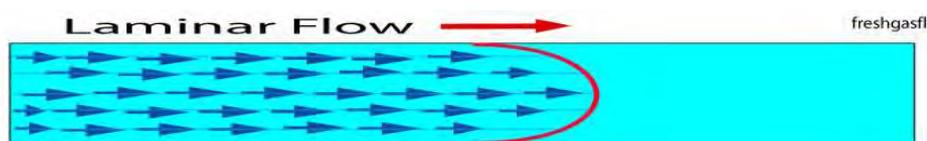
Pada  $Re > 2000$ , aliran bersifat turbulen.

Pada  $600 < Re < 2000$ , aliran transisi dari aliran laminar ke turbulen atau sebaliknya

## G. ALIRAN LAMINAR

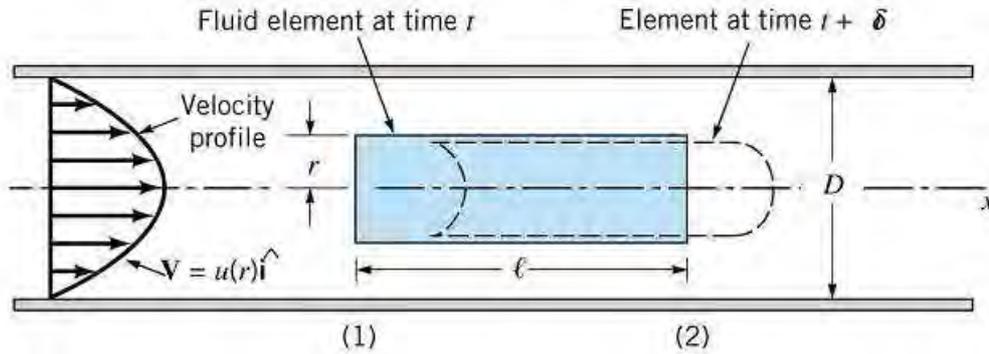
Aliran dari seluruh partikel fluida bergerak sepanjang garis yang sejajar dengan arah aliran atau dapat juga sejajar dengan garis tengah pipa, jika fluida tersebut mengalir di dalam pipa. Lalu, apa yang dimaksud dengan aliran laminar? Nah saudara mahasiswa dari dua kondisi tersebut, jika partikel fluida bergerak sepanjang garis yang sejajar dengan arah aliran, maka fluida yang seperti inilah yang dikatakan sebagai aliran laminar.

Selanjutnya, fluida laminar kadang-kadang disebut dengan fluida viskos atau fluida garis alir (streamline). Kata laminar sendiri berasal dari bahasa latin lamina, yang berarti lapisan atau plat tipis. Oleh karena itu, maksud dari aliran laminar berarti aliran yang berlapis-lapis. Lapisan-lapisan fluida akan saling bertindihan satu sama lain tanpa bersilangan seperti pada Gambar 1.2 di bawah ini :



Gambar 1.2.  
Aliran Laminar

Profil kecepatan aliran laminar dalam pipa dianalisa dengan mempertimbangkan elemen fluida pada waktu  $t$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3. Ini adalah silinder bundar fluida dengan panjang  $l$  dan jari-jari  $r$  berpusat pada sumbu pipa horizontal dengan diameter  $D$ . Aliran diasumsikan berkembang penuh dan *steady*. Setiap bagian fluida hanya mengalir sepanjang garis-jejak paralel terhadap dinding pipa dengan kecepatan konstan meskipun partikel tetangga memiliki kecepatan yang sedikit berbeda. Kecepatan bervariasi dari satu garis-jejak ke yang berikutnya dan ini dikombinasikan dengan viskositas fluida, sehingga menghasilkan tegangan geser.



Gambar 1.3

Gerakan sebuah elemen fluida dalam sebuah pipa silindris

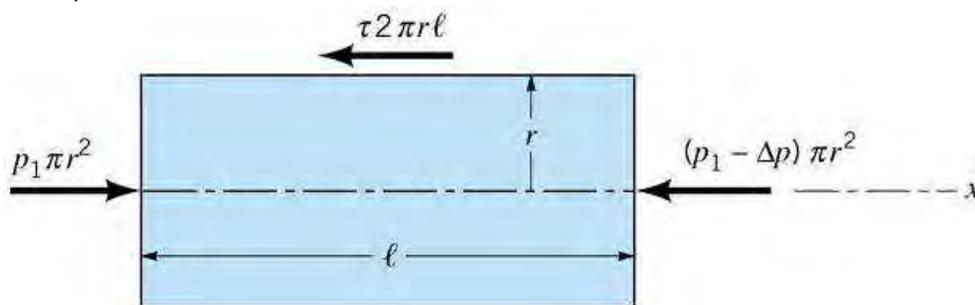
Jika gaya gravitasi diabaikan, tekanan hanya berbeda dalam arah x. Jika tekanan berkurang dalam arah x, maka:

$$P_2 = P_1 - \Delta P \quad (\Delta P > 0)$$

Dengan menerapkan hukum kedua Newton ( $F = ma$ ) tentang gerak untuk elemen fluida silinder, maka diperoleh formula berikut:

$$P_1 \pi r^2 - (P_1 - \Delta P) \pi r^2 = 2 \pi r l \tau$$

$$\frac{\Delta P}{l} = \frac{2\tau}{r}$$



Gambar 1.4

Diagram benda bebas dari sebuah silinder fluida

Dengan demikian, aliran pipa horizontal berkembang penuh diatur oleh keseimbangan antara gaya tekan dan gaya viskos (gaya Coriolis-Stokes). Distribusi tegangan geser :

$$\tau = \frac{r}{2} \left( \frac{\Delta P}{l} \right)$$

Tegangan geser bervariasi dari garis tengah pipa (pada  $r = 0$ ) hingga dinding pipa (pada  $r = D/2$ ), maka:

$$\tau = \frac{2\tau_w r}{D}$$

Dimana  $\tau_w$  adalah tegangan geser maksimum (*the wall shear stress*).

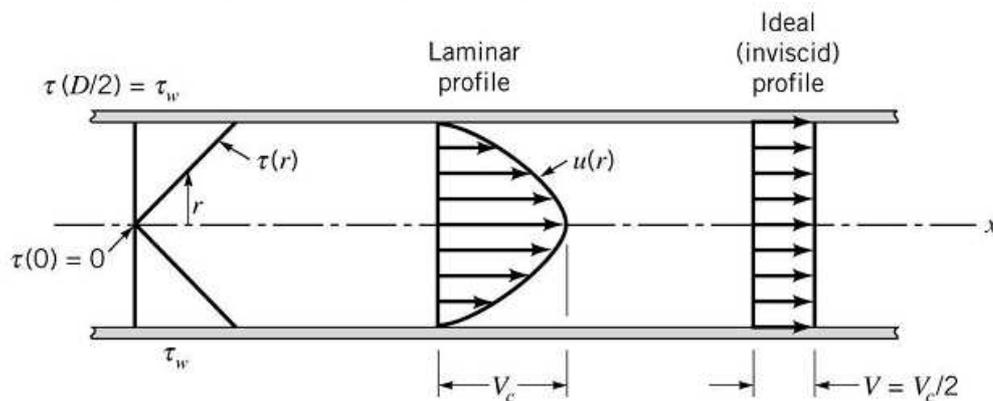
Tegangan geser juga menyebabkan terjadinya penurunan tekanan di sepanjang pipa. Penurunan tekanan dan tegangan geser dinding dihubungkan oleh persamaan :

$$\Delta p = \frac{4l\tau_w}{D}$$

Berdasarkan teori aliran laminar fluida Newton, tegangan geser hanya sebanding dengan gradien kecepatan. Dan ( $\tau = \mu \frac{du}{dr}$ ) dalam notasi yang terkait dengan aliran pipa, persamaan menjadi :

$$\tau = -\mu \frac{du}{dr}$$

Tanda negatif diindikasikan untuk memberikan  $\tau > 0$  dengan  $du/dr < 0$  (kecepatan menurun dari garis tengah pipa hingga dinding pipa)



Gambar 1.5

Distribusi tegangan geser dalam fluida dalam pipa (aliran laminar atau turbulen) dan profil kecepatan khusus

Dengan menggabungkan Persamaan sebelumnya dan mengintegrasikannya diperoleh profil kecepatan:

$$u(r) = \left( \frac{\Delta P D^2}{16\mu l} \right) \left[ 1 - \left( \frac{2r}{D} \right)^2 \right] = V_c \left[ 1 - \left( \frac{2r}{D} \right)^2 \right]$$

Dimana  $V_c$  adalah kecepatan garis tengah. Profil kecepatan yang diplot seperti dalam Gambar 1.5 adalah parabola dalam koordinat radial  $r$ , memiliki kecepatan maksimal  $V_c$  di tengah pipa, dan kecepatan minimum (nol) di dinding pipa tersebut.

Untuk profil kecepatan sebagai fungsi tegangan geser dinding:

$$u(r) = \frac{\tau_w D}{4\mu} \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right]$$

Laju aliran volume :

$$Q = \int u dA = \int_{r=0}^{r=R} u(r) 2\pi r dr = 2\pi V_c \int_0^R \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right] r dr$$

$$Q = \frac{\pi R^2 V_c}{2} = \frac{\pi R^4 (\Delta P)}{8\mu l} = \frac{\pi D^4 \Delta P}{128\mu l}$$

Persamaan diatas biasa disebut Hukum Poiseuille. Dan aliran laminar dalam pipa disebut aliran Hagen-Poiseuille.

Kecepatan rata-rata :

$$V = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{V_c}{2} = \frac{\Delta P D^2}{32\mu l}$$

## H. ALIRAN TURBULEN

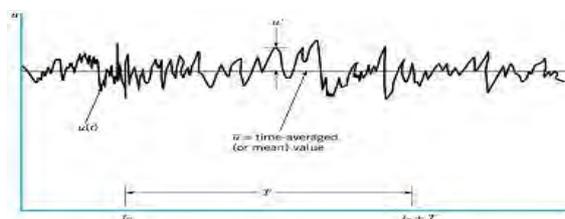
Jika aliran dari seluruh partikel fluida bergerak tidak lagi sejajar, mulai saling bersilang satu sama lain sehingga terbentuk pusaran di dalam fluida, maka aliran yang seperti ini disebut dengan aliran turbulen, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.6 dibawah ini:



Gambar 1.6.  
Aliran Turbulen

Aliran turbulen memiliki besaran bilangan Reynold ( $Re$ )  $> 2000$

Parameter untuk aliran turbulen didiskripsikan dalam gambar 1.7



Gambar 1.7

Time-averaged,  $\bar{u}$ , dan fluctuating,  $u'$ , deskripsi parameter untuk aliran turbulen [9]

Kecepatan fluida dalam aliran pada suatu titik dapat dianggap sebagai waktu rata-rata dari kecepatan fluida. Jadi  $u = u(x, y, z, t)$

$\bar{u}$  jika adalah komponen kecepatan fluida sesaat di beberapa titik, maka nilai waktu rata-rata, adalah

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(x, y, z, t) dt$$

Dimana interval waktu  $T$  harus lebih besar dari waktu untuk fluktuasi terpanjang.

Dalam konsep tegangan geser untuk aliran turbulen, ini tidak sebanding dengan gradien kecepatan waktu rata-rata ( $\tau \neq \mu d\bar{u}/dy$ ).

Aliran ini juga berisi kontribusi yang disebabkan oleh fluktuasi acak dari komponen kecepatan. Tegangan geser turbulen dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

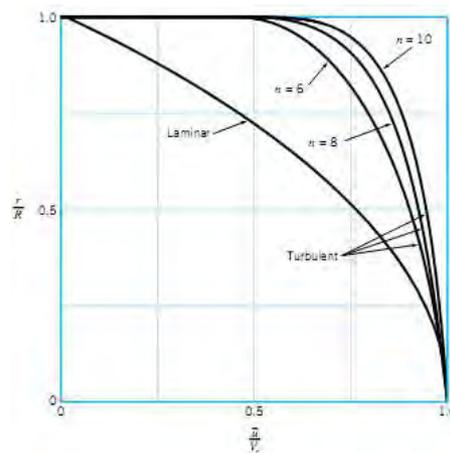
$$\tau_{turb} = \rho l_m^2 \left( \frac{d\bar{u}}{dy} \right)^2$$

Dimana  $l_m$  panjang pencampuran antar partikel fluida secara acak, dari daerah yang kecepatannya sama ke daerah yang kecepatannya berbeda.

Profil kecepatan untuk aliran turbulen pada pipa halus dapat dinyatakan dalam bentuk profil kecepatan hukum pangkat (*power-law velocity profile*) yaitu:

$$\frac{\bar{u}}{V_c} = \left( 1 - \frac{r}{R} \right)^{1/n}$$

Dalam pernyataan ini, nilai  $n$  adalah fungsi dari bilangan Reynolds, dengan nilai-nilai tertentu antara  $n = 6$  dan  $n = 10$ . Karakteristik profil kecepatan turbulen yang didasarkan pada pernyataan *power-law* ditunjukkan pada Gambar 1.8.



Gambar 1.8  
Karakteristik profil kecepatan aliran laminar dan aliran turbulen [9]

## I. ALIRAN TRANSISI

Aliran transisi merupakan peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen atau sebaliknya dari aliran turbulen ke aliran laminar. Untuk aliran transisi ini sendiri memiliki besaran bilangan Reynold  $500 < Re < 2000$ .

Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi yang menyangkut tentang konsep aliran air. Dengan demikian tuntaslah sudah materi yang dibahas pada topik yang pertama ini. Selanjutnya, Anda dapat mengerjakan soal-soal yang ada pada latihan 1 berikut.

### Latihan

Jawablah soal latihan di bawah ini dengan memilih satu diantara jawaban yang benar.

- 1) Berikut ini adalah parameter fisik air yang berkaitan dengan kadar oksigen terlarut dalam air:
  - A. Warna
  - B. Bau
  - C. Kekeruhan
  - D. TDS
  - E. Suhu
  
- 2) Jika diketahui Jari –jari hidrolis sebesar 10 cm, kecepatan aliran airnya 1cm/detik dan kekentalan kinematik  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/det, berapakah bilangan Reynoldnya:
  - A. 10
  - B. 100
  - C. 1000
  - D. 10000
  - E. 100000

#### *Petunjuk Jawaban Latihan 1*

- 1) Jawaban E, karena suhu air berkaitan dengan konsentrasi jenuh oksigen yang terlarut dalam air
- 2) Jawaban C, sebab
 
$$Re = \frac{\rho V R_h}{\mu} \text{ atau } \frac{V R_h}{\nu}$$

$$Re = (0,01 \times 0,1) / 10^{-6} = 0,001 \times 10^6 = 10^3 = 1000$$

## Ringkasan

- 1) Karakteristik fisika air akan terkait dengan Total Dissolved Solid (TDS), Suhu, Daya Hantar Listrik (DHL), Bau dan Rasa, serta Kekeruhan dan Warna
- 2) Dalam konsep aliran air, yang merupakan bagian dari fluida dapat dibedakan menjadi aliran laminar, aliran turbulen, dan transisi. Aliran fluida (cairan atau gas) dalam pipa mungkin merupakan aliran laminar atau turbulen. Perbedaan antara aliran laminar dan turbulen secara eksperimen pertama kali dipaparkan oleh Osborne Reynolds pada tahun 1883.
- 3) Pemahaman terhadap jenis-jenis aliran ini perlu kita pelajari sebagai bekal dalam materi perkuliahan selanjutnya sebagai contoh misalnya proses sedimentasi air akan berjalan optimal kalau alirannya bersifat laminar.

## Tes 1

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan benar

- 1) Sebutkan parameter fisik air yang mesti diperhatikan!
- 2) Pada konsep aliran air dibedakan dalam 3 jenis, jelaskanlah!
- 3) Jika diketahui jari-jari hidrolis sebesar 1 cm, kecepatan aliran air 2 cm/det dan viskositas kinematik  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/det. Tentukannlahbilangan reynoldnya?

## Topik 2 Hidrostatik dan Hidrodinamis

Saudara mahasiswa, dalam topik 2 ini kita akan membahas teori tentang Hidrostatik dan Hidrodinamis. Selanjutnya, pembahasan materi yang menyangkut tentang hidrostatik meliputi massa jenis, tekanan hidrostatik, tekanan total, tegangan permukaan, kapilaritas dan viskositas. Sedangkan dalam pembahasan materi tentang hidrodinamis fokusnya kepada persamaan kontinuitas, persamaan dasar Bernoulli

Seperti kita ketahui bahwa fluida adalah zat yang dapat mengalir dan berubah bentuk (dapat dimampatkan) jika diberi tekanan. Zat yang termasuk ke dalam fluida adalah zat cair dan gas. Perbedaan antara zat cair dan gas terletak pada kompresibilitasnya atau kemampuannya. Gas mudah dimampatkan, sedangkan zat cair tidak dapat dimampatkan

Dalam statika fluida kita mempelajari fluida yang ada dalam keadaan diam (tidak bergerak). Fluida yang diam disebut *fluida statis*. Jika yang diamati adalah zat cair disebut *hidrostatik*. Dalam dinamika fluida Anda akan mempelajari tentang fluida yang mengalir (bergerak). Fluida yang mengalir disebut *fluida dinamis*. Jika yang diamati adalah zat cair, disebut *hidrodinamis*. Sedangkan hidrodinamika yang khusus membahas mengenai aliran gas dan udara disebut aerodinamika.

### A. HIDROSTATIS

Sifat fisis zat cair dapat ditentukan dan dipahami lebih jelas saat zat cair berada dalam keadaan diam (hidrostatik). Sifat-sifat fisis hidrostatik yang akan dibahas pada subbab ini di antaranya, massa jenis, tekanan, tegangan permukaan, kapilaritas, dan viskositas.

### B. MASA JENIS

Anda tentu masih ingat, bahwa setiap benda memiliki kerapatan massa yang berbeda-beda serta merupakan sifat alami dari benda tersebut. Dalam Fisika, ukuran kepadatan (densitas) benda homogen disebut massa jenis, yaitu massa per satuan volume. Secara matematis, massa jenis dituliskan sebagai berikut.

$$\rho = m / V \quad (1-1)$$

dimana:

m = massa (kg atau g),

V = volume (m<sup>3</sup> atau cm<sup>3</sup>), dan

$\rho$  = massa jenis (kg/m<sup>3</sup> atau g/cm<sup>3</sup>)

Tabel 2.1.  
Massa Jenis atau Kerapatan Massa (Density)

Bahan	Massa Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	Nama Bahan	Massa Jenis (g/cm <sup>3</sup> )
Air	1,00	Gliserin	1,26
Aluminium	2,7	Kuningan	8,6
Baja	7,8	Perak	10,5
Benzena	0,9	Platina	21,4
Besi	7,8	Raksa	13,6
Emas	19,3	Tembaga	8,9
Es	0,92	Timah Hitam	11,3
Etil Alkohol	0,81		

Sumber : *College Physics*, 1980

### C. TEKANAN HIDROSTATIS

Masih ingatkah Anda definisi tekanan? Ya Anda benar, bahwa yang dimaksud dengantekanan adalah gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu permukaan bidang dan dibagi luas permukaan bidang tersebut. Secara matematis, persamaan tekanan dituliskan sebagai berikut.

$$p = F / A \quad (1-2)$$

dimana:

F = gaya (N),

A = luas permukaan (m<sup>2</sup>), dan

p = tekanan (N/m<sup>2</sup> = Pascal).

Persamaan (1–2) menyatakan bahwa tekanan p berbanding terbalik dengan luas permukaan bidang tempat gaya bekerja. Jadi, untuk besar gaya yang sama, luas bidang yang kecil akan mendapatkan tekanan yang lebih besar daripada luas bidang yang besar. Dapatkah Anda memberikan beberapa contoh penerapan konsep tekanan dalam kehidupan sehari-hari?

Tekanan hidrostatik disebabkan oleh fluida tak bergerak. Tekanan hidrostatik yang dialami oleh suatu titik di dalam fluida diakibatkan oleh gaya berat fluida yang berada di atas titik tersebut. Perhatikanlah Gambar 2.1.



Gambar 2.1.

Dasar bejana yang terisi dengan fluida setinggi h akan mengalami tekanan hidrostatik sebesar p.

Jika besarnya tekanan hidrostatis pada dasar tabung adalah  $p$ , menurut konsep tekanan, besarnya  $p$  dapat dihitung dari perbandingan antara gaya berat fluida ( $F$ ) dan luas permukaan bejana ( $A$ ).

$$p = F / A = \text{gaya berat fluida} / \text{luas permukaan bejana}$$

Gaya berat fluida merupakan perkalian antara massa fluida dengan  $p = (m_{\text{fluida}} \times g)/A$ . Oleh karena  $m = \rho V$ , persamaan tekanan oleh fluida dituliskan sebagai  $p = \rho Vg/A$ .

Volume fluida di dalam bejana merupakan hasil perkalian antara luas permukaan bejana ( $A$ ) dan tinggi fluida dalam bejana ( $h$ ). Oleh karena itu, persamaan tekanan di dasar bejana akibat fluida setinggi  $h$  dapat dituliskan menjadi :

$$p = \rho (Ah)g / A = \rho gh$$

Jika tekanan hidrostatis dilambangkan dengan  $p_h$ , persamaannya dituliskan sebagai berikut:

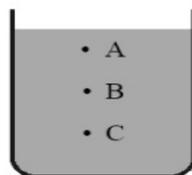
$$p_h = \rho gh \quad (1-3)$$

dimana:

- $p_h$  = tekanan hidrostatis ( $\text{N/m}^2$ ),
- $\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ ),
- $g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ ), dan
- $h$  = kedalaman titik dari permukaan fluida (m).

Semakin tinggi dari permukaan bumi, tekanan udara akan semakin berkurang. Sebaliknya, semakin dalam Anda menyelam dari permukaan laut atau danau, tekanan hidrostatis akan semakin bertambah. Mengapa demikian? Hal tersebut disebabkan oleh gaya berat yang dihasilkan oleh udara dan zat cair. Anda telah mengetahui bahwa lapisan udara akan semakin tipis seiring bertambahnya ketinggian dari permukaan Bumi sehingga tekanan udara akan berkurang jika ketinggian bertambah. Adapun untuk zat cair, massanya akan semakin besar seiring dengan bertambahnya kedalaman. Oleh karena itu, tekanan hidrostatis akan bertambah jika kedalaman bertambah.

Perhatikan Gambar 2.2.



Gambar 2.2.

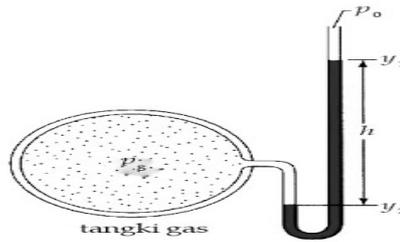
*Semakin dalam kedudukan sebuah titik dalam fluida, tekanan hidrostatis di titik tersebut akan semakin besar.*

Pada gambar tersebut, tekanan hidrostatik di titik A, B, dan C berbeda-beda. Tekanan hidrostatik paling besar adalah di titik C. Dapatkah Anda menjelaskan alasannya?

Prinsip tekanan hidrostatik ini digunakan pada alat-alat pengukur tekanan. Alat-alat pengukur tekanan yang digunakan untuk mengukur tekanan gas, di antaranya sebagai berikut.

### 1. Manometer Pipa Terbuka

Manometer pipa terbuka adalah alat pengukur tekanan gas yang paling sederhana. Alat ini berupa pipa berbentuk U yang berisi zat cair. Perhatikan Gambar 2.3 di bawah ini:



Gambar 2.3  
Manometer pipa terbuka.

Ujung yang satu mendapat tekanan sebesar  $P$  (dari gas yang hendak diukur tekanannya) dan ujung lainnya berhubungan dengan tekanan atmosfer ( $P_0$ ).

Besarnya tekanan udara di titik  $y_1 = P_0$ , sedangkan tekanan udara di titik  $y_2 = P$ .  $y_1$  memiliki selisih ketinggian  $\Delta y_1 = 0$  dan  $y_2$  memiliki selisih ketinggian  $\Delta y_2 = h$ . Berdasarkan Persamaan (1–3) tentang besar tekanan hidrostatik, besarnya tekanan udara dalam tabung pada Gambar 2.2. dinyatakan dengan persamaan berikut ini:

$$P_{\text{gas}} = P - P_0 = \rho gh \quad (1-4)$$

Dimana  $\rho$  = massa jenis zat cair dalam tabung.

### 2. Barometer

Barometer raksa ini ditemukan pada 1643 oleh Evangelista Torricelli, seorang ahli Fisika dan Matematika dari Italia.



Gambar 2.4.  
Skema barometer raksa.

Ia mendefinisikan tekanan atmosfer dalam bukunya yang berjudul "*A Unit of Measurement, The Torr*" bahwatekanan atmosfer (1 atm) sama dengan tekanan hidrostatis raksa (mercury) yang tingginya 760 mm. Cara mengonversikan satuannya adalah sebagai berikut.

$\rho$  raksa  $\times$  percepatan gravitasi Bumi  $\times$  panjang raksa dalam tabung  
atau

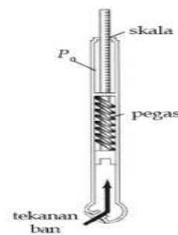
$$(13.600 \text{ kg/cm}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(0,76 \text{ m}) = 1,103 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Jadi,

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \quad (1-5)$$

### 3. Pengukur Tekanan Ban

Alat ini digunakan untuk mengukur tekanan udara di dalam ban. Bentuknya berupa silinder panjang yang di dalamnya terdapat pegas. Saat ujungnya ditekankan pada pentil ban, tekanan udara dari dalam ban akan masuk ke dalam silinder dan menekan pegas. Besarnya tekanan yang diterima oleh pegas akan diteruskan ke ujung lain dari silinder yang dihubungkan dengan skala. Skala ini telah dikalibrasi sehingga dapat menunjukkan nilai selisih tekanan udara luar (atmosfer) dengan tekanan udara dalam ban.

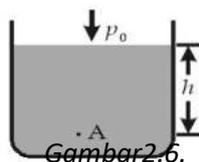


Gambar 2.5.

Alat pengukur tekanan udara di dalam ban.

## D. TEKINAN TOTAL

Tinjaulah sebuah tabung yang diisi dengan fluida setinggi  $h$ , seperti tampak pada Gambar 2.6 di bawah ini:



Gambar 2.6.

Tekanan total atau tekanan mutlak yang dialami oleh titik A yang berada di dalam suatu fluida adalah sebesar  $P_A$ .

Pada permukaan fluida yang terkena udara luar, bekerja tekanan udara luar yang dinyatakan dengan  $P_0$ . Jika tekanan udara luar ikut diperhitungkan, besarnya tekanan total atau tekanan mutlak pada satu titik di dalam fluida adalah:

$$P_A = P_0 + \rho gh \quad (1-6)$$

dimana:

$P_0$  = tekanan udara luar =  $1,013 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup>, dan

$P_A$  = tekanan total di titik A (tekanan mutlak).

## E. TEGANGAN PERMUKAAN

Pernahkah Anda memerhatikan bentuk cairan obat yang keluar dari penetes obat atau bentuk raksa yang diteteskan di permukaan meja? Jika Anda perhatikan, tetesan cairan obat yang keluar dari alat penetesnya berbentuk bola-bola kecil. Demikian juga dengan bentuk air raksa yang diteteskan di permukaan meja.

Tetesan zat cair atau fluida cenderung untuk memperkecil luas permukaannya. Hal tersebut terjadi karena adanya tegangan permukaan. Apakah tegangan permukaan itu? Agar dapat memahami tentang tegangan permukaan zat cair, lakukanlah kegiatan Percobaan 1. berikut.

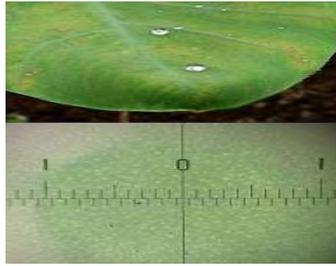
### Percobaan Fisika Sederhana 1. Mengamati Tegangan Permukaan Zat Cair

#### Alat dan Bahan:

1. Klip kertas atau silet
2. Bejana
3. Sabun cair

#### Prosedur:

1. Isilah bejana dengan air.
2. Letakkanlah klip kertas atau silet dengan perlahan-lahan di permukaan air.
3. Amatilah apa yang terjadi pada klip kertas atau silet tersebut.
4. Selanjutnya, tuangkanlah sabun cair ke dalam bejana yang berisi air dan klip kertas atau silet.
5. Amatilah apa yang terjadi dengan klip kertas atau silet.
6. Bandingkanlah hasil pengamatan Anda pada langkah 5 dengan langkah 3. Apakah yang dapat Anda simpulkan dari kegiatan tersebut?
7. Dapatkah Anda menjelaskan pengaruh sabun cair terhadap tegangan permukaan?
8. Diskusikanlah dengan teman sekelompok anda.

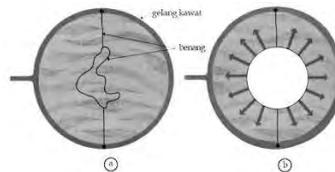


Gambar 2.6.

*Tegangan permukaan menyebabkan air yang jatuh pada daun membentuk permukaan sekecil mungkin. Peristiwa tersebut disebabkan adanya gaya kohesi antarmolekul air lebih besar daripada gaya adhesi antara air dan daun. [11]*

Contoh tegangan permukaan yang lain dapat Anda lihat jika Anda memasukkan sebuah gelang kawat yang dipasang benang ke dalam larutan sabun. Setelah dimasukkan ke dalam larutan sabun, pada gelang kawat akan terdapat selaput tipis. Jika bagian tengah jerat benang ditusuk hingga pecah akan terlihat jerat benang yang pada mulanya berbentuk tidak beraturan, berubah menjadi berbentuk lingkaran.

Gelang kawat dan jerat benang yang dicelupkan ke dalam larutan sabun sebelum dan sesudah selaput tipis bagian tengahnya ditusuk terlihat seperti pada Gambar 3.7. di bawah ini

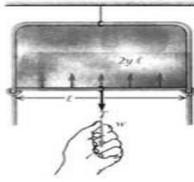


Gambar 2.7.

*(a) Gelang kawat dengan bentangan benang di tengahnya ketika dimasukkan ke dalam larutan sabun. (b) Setelah gelang kawat dicelupkan ke dalam larutan sabun, benang menjadi teregang dan membentuk lingkaran.*

*Gambar 2.7.b menunjukkan bahwa permukaan zat cair dapat dianggap berada dalam keadaan tegang sehingga zat-zat pada kedua sisi garis saling tarik-menarik.*

Tegangan permukaan ( $\gamma$ ) di dalam selaput didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya permukaan dan panjang permukaan yang tegak lurus gaya dan dipengaruhi oleh gaya tersebut. Perhatikan Gambar 2.8.



Gambar 2.8.

Rangkaian kawat untuk mengukur tegangan permukaan selaput tipis larutan sabun. Dalam keadaan setimbang, gaya tegangan permukaan ke atas  $2\gamma l$  sama dengan gaya tarik peluncur ke bawah  $w + T$ .

Gambar tersebut menunjukkan percobaan sederhana untuk melakukan pengukuran kuantitatif tentang tegangan permukaan. Seutas kawat dilengkungkan membentuk huruf U dan kawat kedua berperan sebagai peluncur yang diletakkan di ujung kawat berbentuk U. Ketika rangkaian kedua kawat tersebut dimasukkan ke dalam larutan sabun, kemudian dikeluarkan. Akibatnya, pada rangkaian kawat terbentuk selaput tipis cairan sabun. Selaput tipis tersebut akan memberikan gaya tegangan permukaan yang menarik peluncur kawat ke bagian atas kawat U (jika berat peluncur kawat sangat kecil). Ketika Anda menarik peluncur kawat ke bawah, luas permukaan selaput tipis akan membesar dan molekul-molekulnya akan bergerak dari bagian dalam cairan ke dalam lapisan permukaan.

Dalam keadaan setimbang, gaya tarik peluncur ke bawah sama dengan tegangan permukaan yang diberikan selaput tipis larutan sabun pada peluncur. Berdasarkan Gambar 2.8, gaya tarik peluncur ke bawah adalah:

$$F = w + T$$

Jika  $l$  adalah panjang peluncur kawat maka gaya  $F$  bekerja pada panjang total  $2l$  karena selaput tipis air sabun memiliki dua sisi permukaan. Dengan demikian, tegangan permukaan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya tegangan permukaan  $F$  dengan panjang  $d$  tempat gaya tersebut bekerja yang secara matematis dinyatakan dengan persamaan

$$\gamma = F/d$$

Oleh karena  $d = 2l$ , tegangan permukaan dinyatakan dengan persamaan :

$$\gamma = F / 2l$$

Tegangan permukaan suatu zat cair yang bersentuhan dengan uapnya sendiri atau udara hanya bergantung pada sifat-sifat dan suhu zat cair itu. Berikut harga tegangan permukaan berdasarkan eksperimen. Berikut ini nilai tegangan permukaan beberapa zat cair berdasarkan hasil eksperimen.

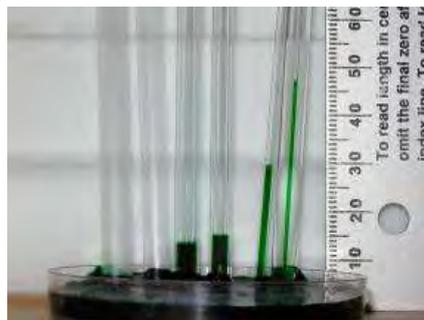
Tabel 2.2. Harga Tegangan Permukaan Berdasarkan Eksperimen

Zat Cair yang Berhubungan dengan Udara	Temperatur (°C)	Tegangan Permukaan (dyne/cm)
Air	0	75,6
Air	20	72,8
Air	60	66,2
Air	100	58,9
Air sabun	20	25,0
Benzena	20	28,9
Etil Alkohol	20	22,3
Gliserin	20	63,1
Helium	-269	0,12
Karbon Tertrakhlorida	20	26,8
Minyak Zaitun	20	32,0
Neon	-247	5,15
Oksigen	-193	15,7
Raksa	20	465

Sumber: *College Physics, 1980*

## F. KAPILARITAS

Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair pada pipa kapiler, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.10. di bawah ini:



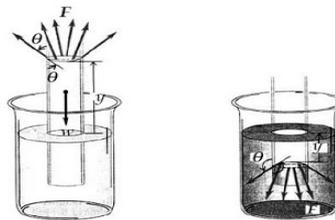
Gambar 2.10.  
Tabung pipa kapiler. [12]

Pada gambar 2.10. tersebut, diameter dalam pipa kapiler dari kiri ke kanan semakin kecil. Semakin kecil diameter dalam pipa kapiler, kenaikan permukaan air di dalam pipa kapiler akan semakin tinggi.

Permukaan zat cair yang membasahi dinding, misalnya air, akan naik. Adapun yang tidak membasahi dinding, seperti raksa, akan turun. Dalam kehidupan sehari-hari, contoh-

contoh gejala kapiler misalnya minyak tanah naik melalui sumbu lampu minyak tanah, dinding rumah basah pada musim hujan, air tanah naik melalui pembuluh kayu.

Peristiwa air membasahi dinding, atau raksa tidak membasahi dinding dapat dijelaskan dengan memperhatikan gaya tarik-menarik antarpartikel. Gaya tarik-menarik antarpartikel sejenis disebut kohesi, sedangkan gaya tarik-menarik antarpartikel tidak sejenis disebut adhesi. Air membasahi dinding kaca karena adanya gaya kohesi antarpartikel air yang lebih kecil daripada gaya adhesi antara partikel air dan partikel dinding kaca. Sedangkan, raksa memiliki gaya kohesi lebih besar daripada gaya adhesinya dengan dinding kaca sehingga tidak membasahi dinding kaca. Gaya adhesi air yang lebih besar dari kohesinya menyebabkan permukaan air berbentuk meniskus cekung, sedangkan gaya kohesi raksa lebih besar dari gaya adhesinya sehingga menyebabkan permukaan raksa berbentuk meniskus cembung. Jika zat cair dimasukkan ke dalam suatu pipa kapiler, permukaan zat cair tersebut akan melengkung. Permukaan melengkung zat cair di dalam pipa disebut meniskus.



Gambar 2.11.

*Gaya tegangan permukaan pada fluida dalam tabung kapiler. Fluida naik jika  $\theta < 90^\circ$  dan turun jika  $\theta > 90^\circ$ .*

Gambar 2.11. memperlihatkan gaya tegangan permukaan cairan di dalam pipa kapiler. Bentuk permukaan cairan di dalam pipa kapiler bergantung pada sudut kontak ( $\theta$ ) cairan tersebut. Permukaan cairan akan naik jika  $\theta < 90^\circ$  dan turun jika  $\theta > 90^\circ$ .

Naik atau turunnya permukaan zat cair dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} mg &= F \cos\theta \\ \rho Vg &= \gamma l \cos\theta \\ \rho \pi r^2hg &= \gamma 2\pi r \cos\theta \end{aligned}$$

Dimana:

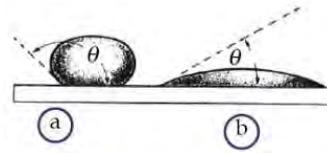
$h$  = kenaikan atau penurunan zat cair (m),

$\gamma$  = tegangan permukaan (N/m),

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ ), dan

$r$  = jari-jari alas tabung/pipa (m).

Jika suatu zat cair membasahi dinding pipa, sudut kontakannya kurang dari  $90^\circ$  dan zat cair itu naik hingga mencapai tinggi kesetimbangan.



Gambar 2.12.

Efek bertambah kecilnya sudut kontak yang ditimbulkan suatu zat pencemar.

Zat pencemar yang ditambahkan pada zat cair akan mengubah sudut kontak itu, misalnya detergent mengubah sudut kontak yang besarnya lebih dari  $90^\circ$  menjadi lebih kecil dari  $90^\circ$ . Sebaliknya, zat-zat yang membuat kain tahan air (waterproof) menyebabkan sudut kontak air dengan kain menjadi lebih besar dari  $90^\circ$ . Berikut beberapa nilai sudut kontak antara zat cair dan dinding pipa kapilernya.

Tabel 2.3. Sudut Kontak

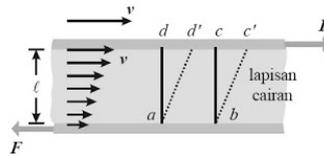
Zat Cair	Dinding	Sudut Kontak
$\alpha$ - Bromnaftalen ( $C_{10}H_7Br$ )	Gelas Biasa	$5^\circ$
	Gelas Timbel	$6^\circ 45'$
	Gelas Tahan Panas (Pyrex)	$20^\circ 30'$
	Gelas Kuarsa	$21^\circ$
Metilen Yodida ( $CH_2I_2$ )	Gelas Biasa	$29^\circ$
	Gelas Timbel	$30^\circ$
	Gelas Tahan Panas (Pyrex)	$29^\circ$
	Gelas Kuarsa	$33^\circ$
Air	Parafin	$107^\circ$
Raksa	Gelas Biasa	$140^\circ$

## G. VISKOSITAS

Viskositas (kekentalan) fluida menyatakan besarnya gesekan yang dialami oleh suatu fluida saat mengalir. Pada pembahasan sebelumnya, Anda telah mengetahui bahwa fluida ideal tidak memiliki viskositas. Dalam kenyataannya, fluida yang ada dalam kehidupan sehari-hari adalah fluida sejati. Oleh karena itu, bahasan mengenai viskositas hanya akan Anda temukan pada fluida sejati, yaitu fluida yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut.

1. Dapat dimampatkan (kompresibel);
2. Mengalami gesekan saat mengalir (memiliki viskositas);
3. Alirannya turbulen.

Zat cair dan gas memiliki viskositas, hanya saja zat cair lebih kental (viscous) daripada gas. Dalam penggunaan sehari-hari, viskositas dikenal sebagai ukuran ketahanan oli untuk mengalir dalam mesin kendaraan.



Gambar 2.12.  
Aliran laminar cairan kental.

Koefisien viskositas fluida  $\eta$ , didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan luncur ( $F/A$ ) dengan kecepatan perubahan regangan luncur ( $v/l$ ). Secara matematis, persamaannya ditulis sebagai berikut.

$$\eta = \frac{\text{tegangan luncur}}{\text{cepat perubahan tegangan luncur}} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{v}{l}}$$

atau:

$$F = \eta A \frac{v}{l}$$

Benda yang bergerak dalam fluida kental mengalami gaya gesek yang besarnya dinyatakan dengan persamaan :

$$F_f = \eta A \frac{v}{l} = \frac{A}{l} \eta v = k \eta v$$

Untuk benda berbentuk bola,  $k = 6r$  (perhitungan laboratorium) sehingga, diperoleh:

$$F_f = 6\pi r \eta v \quad (1-7)$$

Persamaan (1-7) dikenal sebagai Hukum Stokes.

Jika sebuah benda berbentuk bola (kelereng) jatuh bebas dalam suatu fluida kental, kecepatannya akan bertambah karena pengaruh gravitasi Bumi hingga mencapai suatu kecepatan terbesar yang tetap. Kecepatan terbesar yang tetap tersebut dinamakan kecepatan terminal. Pada saat kecepatan terminal tercapai, berlaku keadaan

$$\Sigma F = 0$$

$$F_f + F_A = mg$$

$$F_f = mg - F_A$$

$$6\pi r \eta v_T = \rho_b v_b g - \rho_f v_b g$$

$$6\pi r \eta v_T = (\rho_b - \rho_f) V_b g$$

$$v_T = \frac{g V_b (\rho_b - \rho_f)}{6\pi r \eta}$$

Pada benda berbentuk bola, volumenya  $v_b = \frac{4}{3} \pi r^3$  sehingga diperoleh persamaan :

$$v_T = \frac{g \left( \frac{4}{3} \pi r^3 \right) (\rho_b - \rho_f)}{6 \pi \eta r}$$

$$v_T = \frac{2r^2 g}{9 \eta} (\rho_b - \rho_f) \quad (1-8)$$

Dimana:

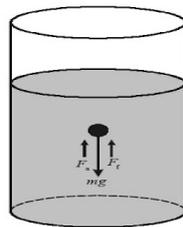
$v_T$  = kecepatan terminal (m/s),

$F_f$  = gaya gesek (N),

$F_A$  = gaya ke atas (N),

$\rho_b$  = massa jenis bola ( $\text{kg/m}^3$ ), dan

$\rho_f$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ ).



Gambar 2.13.

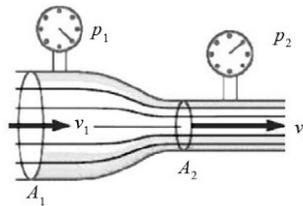
*Sebuah bola jatuh bebas ke dalam fluida yang memiliki viskositas tertentu.*

## H. HIDRODINAMIS

Dalam dinamika fluida anda mempelajari tentang fluida yang mengalir (bergerak). Fluida yang mengalir disebut fluida dinamis. Jika yang diamati adalah zat cair, disebut hidrodinamika atau hidrodinamis.

Dalam mempelajari materi fluida dinamis, suatu fluida dianggap sebagai fluida ideal. Fluida ideal adalah fluida yang memiliki ciri-ciri berikut ini:

1. Fluida tidak dapat dimampatkan (incompressible), yaitu volume dan massa jenis fluida tidak berubah akibat tekanan yang diberikan kepadanya.
2. Fluida tidak mengalami gesekan dengan dinding tempat fluida tersebut mengalir.
3. Kecepatan aliran fluida bersifat laminar, yaitu kecepatan aliran fluida di sembarang titik berubah terhadap waktu sehingga tidak ada fluida yang memotong atau mendahului titik lainnya.

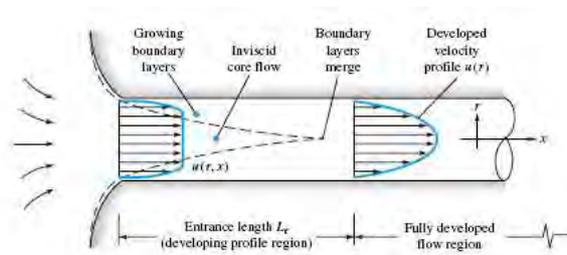


Gambar 2.14.

Kecepatan aliran fluida di pipa berpenampang besar ( $v_1$ ) lebih kecil daripada kecepatan aliran fluida di pipa berpenampang kecil ( $v_2$ ). Adapun, tekanan di pipa berpenampang besar ( $p_1$ ) lebih besar daripada tekanan di pipa berpenampang kecil ( $p_2$ ).

Ditinjau dari mekanika aliran, terdapat dua macam aliran dalam hidrodinamika, yaitu

1. aliran saluran tertutup seperti bisa dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar2.15. Saluran Tertutup

2. aliran saluran terbuka, contoh nya bisa di lihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.16 Saluran Terbuka

Perbedaan prinsipnya adalah pada keberadaan permukaan aliran;

- a. aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas, shg air bebas bentuknya
- b. aliran saluran terbuka mempunyai permukaan yang terhubung dengan atmosfer
- c. aliran saluran tertutup mempunyai permukaan tidak bebas karena air mengisi seluruh penampang saluran.
- d. aliran saluran tertutup mempunyai permukaan tidak terhubung dengan atmosfer

## I. PERSAMAAN KONTINUITAS

Telusurilah sebuah sungai atau parit yang memiliki bagian yang lebar dan yang sempit. Perhatikanlah aliran sungai pada bagian yang lebar dan yang sempit itu. Pada bagian manakah aliran air makin deras? Pasti yang sempit alirannya lebih deras.

Dalam mempelajari materi fluida dinamis, suatu fluida dianggap sebagai fluida ideal. Fluida ideal adalah fluida yang memiliki ciri-ciri berikut ini:

- Fluida tidak dapat dimampatkan (incompressible), yaitu volume dan massa jenis fluida tidak berubah akibat tekanan yang diberikan kepadanya.
- Fluida tidak mengalami gesekan dengan dinding tempat fluida tersebut mengalir.
- Kecepatan aliran fluida bersifat laminar, yaitu kecepatan aliran fluida di sembarang titik berubah terhadap waktu sehingga tidak ada fluida yang memotong atau mendahului titik lainnya.

Fluida yang mengalir melalui suatu penampang saluran akan selalu memenuhi hukum kontinuitas yaitu laju massa fluida yang masuk  $m_1$  akan selalu sama dengan laju massa fluida yang keluar  $m_2$ , persamaan kontinuitas adalah sebagai berikut :

$$(\rho AV)_1 = (\rho AV)_2$$

untuk fluida inkompresibel :  $\rho_1 = \rho_2$

sehingga,

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

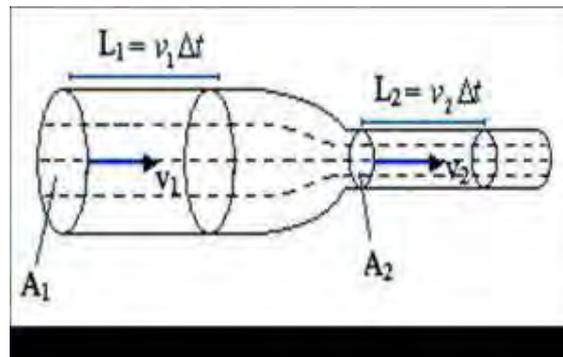
$$Q_1 = Q_2$$

Dimana:  $m$  = laju massa fluida (kg/s)

$Q$  = debit aliran ( $m^3/s$ )

$V$  = kecepatan aliran fluida (m/s)

$A$  = luas penampang dalam pipa ( $m^2$ )



Gambar 2.17

Penampang saluran silinder membuktikan persamaan kontinuitas

## J. PERSAMAAN DASAR BERNOULLI

Air yang merupakan fluida tak termampatkan (inkompresibel) yang mengalir melalui suatu penampang sebuah pipa dan saluran apabila aliran bersifat tunak (*steady state*) dan tanpa gesekan (*inviscid*) akan memenuhi hukum yang dirumuskan oleh Bernoulli. Perumusan tersebut dapat dijabarkan dari Persamaan Energi pada aliran fluida melalui sebuah penampang pipa silinder sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Energi masuk} &= \text{Energi keluar} \\ (E_p + E_k + P\forall)_1 &= (E_p + E_k + P\forall)_2 \end{aligned}$$

Dimana:

$E_p$  = Energi potensial (J)

$E_k$  = Energi kinetik (J)

$P\forall$  = Energi tekanan (J)

Kemudian dapat dijabarkan menjadi :

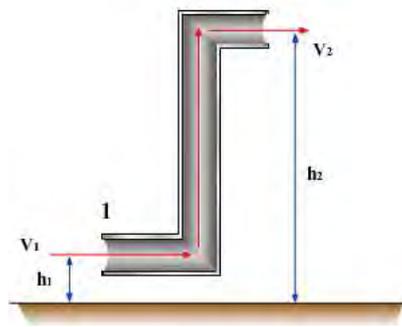
$$\left( mgh + \frac{mV^2}{2} + P\forall \right)_1 = \left( mgh + \frac{mV^2}{2} + P\forall \right)_2$$

dibagi dengan "m" menjadi bentuk energi spesifik Y (J/kg) :

$$\begin{aligned} \left( gh + \frac{V^2}{2} + \frac{P\forall}{m} \right)_1 &= \left( gh + \frac{V^2}{2} + \frac{P\forall}{m} \right)_2 \\ \left( gh + \frac{V^2}{2} + \frac{P}{\rho} \right)_1 &= \left( gh + \frac{V^2}{2} + \frac{P}{\rho} \right)_2 \quad \text{dengan} \quad \frac{\forall}{m} = \frac{1}{\rho} \end{aligned}$$

dibagi dengan "g" menjadi bentuk persamaan "head" (m) :

$$\left( h + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} \right)_1 = \left( h + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} \right)_2$$



Gambar 2.18  
Profil saluran Bernoulli

Pada persamaan Bernoulli diatas sering dalam bentuk persamaan energi "Head". Head pada persamaan diatas terdiri dari head ketinggian "h", head kecepatan " $v_2/2g$ ", dan head tekanan " $p/\rho g$ ". Head ketinggian menyatakan energi potensial yang dibutuhkan untuk mengangkat air setinggi "m" kolom air. Head kecepatan menyatakan energi kinetik yang dibutuhkan untuk mengalirkan air setinggi "m" kolom air. Yang terakhir, head tekanan adalah energi aliran dari "m" kolom air yang mempunyai berat sama dengan tekanan dari kolom "m" air tersebut.

Apabila penampang pipa diatas bukan permukaan sempurna sehingga terjadi gesekan antara aliran fluida dengan permukaan pipa maka persamaan energi menjadi:

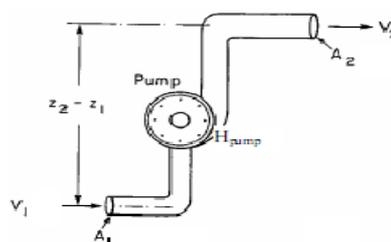
$$\left( h + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} \right)_1 = \left( h + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} \right)_2 + h_f$$

Dimana:  $h_f$  = kerugian aliran karena gesekan (*friction*)

Apabila pada penampang saluran ditambahkan energi seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.19, maka pompa akan memberikan energi tambahan pada aliran fluida sebesar  $H$ , persamaan menjadi :

$$\left( h + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} \right)_1 + H = \left( h + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} \right)_2 + h_f$$

Dimana;  $H = H_{pompa}$

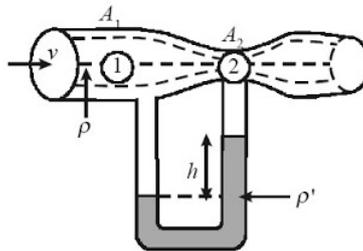


Gambar 2.19  
Perubahan energi pada pada pompa

Hukum Bernoulli diterapkan dalam berbagai peralatan yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Berikut uraian mengenai cara kerja beberapa alat yang menerapkan Hukum Bernoulli untuk zat cair.

### 1. Alat Ukur Venturi

Alat ukur venturi (venturimeter) dipasang dalam suatu pipa aliran untuk mengukur laju aliran suatu zat cair. Suatu zat cair dengan massa jenis  $\rho$  mengalir melalui sebuah pipa dengan luas penampang  $A_1$  pada daerah (1). Pada daerah (2), luas penampang mengecil menjadi  $A_2$ . Suatu tabung manometer (pipa U) berisi zat cair lain (raksa) dengan massa jenis  $\rho'$  dipasang pada pipa. Perhatikan Gambar 3.20.



Gambar 2.20.

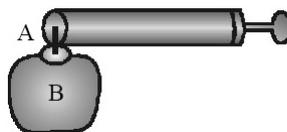
*Penampang pipa menyempit di  $A_2$  sehingga tekanan di bagian pipa sempit lebih kecil dan fluida bergerak lebih lambat.*

Kecepatan aliran zat cair di dalam pipa dapat diukur dengan persamaan.

$$v = A_2 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

### 2. Penyemprot Nyamuk

Alat penyemprot nyamuk juga bekerja berdasarkan Hukum Bernoulli. Tinjaulah alat penyemprot nyamuk pada Gambar 2.21.



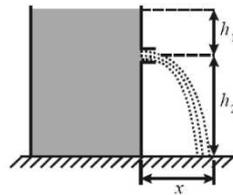
Gambar 2.21.

*$p_B < p_A$  sehingga cairan obat nyamuk di B bisa memancar keluar*

Jika pengisap dari pompa ditekan maka udara yang melewati pipa sempit pada bagian A akan memiliki kelajuan besar dan tekanan kecil. Hal tersebut menyebabkan cairan obat nyamuk yang ada pada bagian B akan naik dan ikut terdorong keluar bersama udara yang tertekan oleh pengisap pompa.

### 3. Kebocoran Pada Dinding Tangki

Jika air di dalam tangki mengalami kebocoran akibat adanya lubang di dinding tangki, seperti terlihat pada Gambar 2.22, kelajuan air yang memancar keluar dari lubang tersebut dapat dihitung berdasarkan Hukum Toricelli.



Gambar 2.22.

*Tangki dengan sebuah lubang kecil di dindingnya. Kecepatan aliran air yang keluar dari tangki sama dengan kecepatan benda yang jatuh bebas.*

Menurut Hukum *Toricelli*, jika diameter lubang kebocoran pada dinding tangki sangat kecil dibandingkan diameter tangki, kelajuan air yang keluar dari lubang sama dengan kelajuan yang diperoleh jika air tersebut jatuh bebas dari ketinggian  $h$ . Perhatikanlah kembali Gambar 32 dengan saksama. Jarak permukaan air yang berada di dalam tangki ke lubang kebocoran dinyatakan sebagai  $h_1$ , sedangkan jarak lubang kebocoran ke dasar tangki dinyatakan  $h_2$ . Kecepatan aliran air pada saat kali pertama keluar dari lubang adalah :

$$v = \sqrt{2gh_1}$$

Jarak horizontal tibanya air di tanah adalah :

$$x = 2\sqrt{h_1h_2}$$

Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi yang menyangkut tentang hidrostatis dan nhidrodinamis. Dengan demikian topik kedua ini sudah tuntas dibahas materinya. Selanjutnya, Anda dapat mengerjakan soal-soal yang ada pada latihan 2 berikut

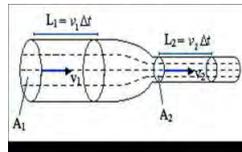
## Latihan

Jawablah soal latihan di bawah ini dengan memilih satu diantara jawaban yang benar.

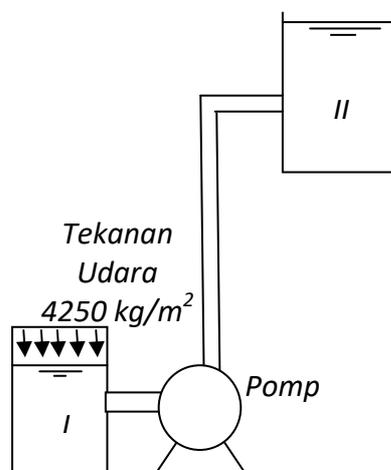
- 1) Tabung setinggi 30 cm diisi penuh dengan fluida. Tentukanlah tekanan hidrostatis pada dasar tabung, jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$  dan tabung berisi:
  - A. air,
  - B. raksa, dan
  - C. gliserin.

Gunakan data massa jenis pada Tabel 3.1.

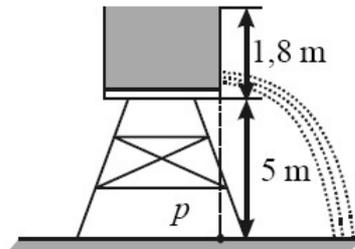
- 2) Jika diketahui tekanan udara luar 1 atm dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , tentukanlah tekanan total di bawah permukaan danau pada kedalaman:
  - A. 10 cm,
  - B. 20 cm, dan
  - C. 30 cm.
  
- 3) Suatu tabung berdiameter 0,4 cm jika dimasukkan secara vertikal ke dalam air, sudut kontaknya  $60^\circ$ . Jika tegangan permukaan air  $0,5 \text{ N/m}$  dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , tentukanlah kenaikan air pada tabung.
  
- 4) Perhatikan gambar di bawah. Jika diketahui debit air yang mengalir sebesar 50 liter/detik, diameter  $A_1$  sebesar 40 cm dan diameter  $A_2$  sebesar 10 cm, berapakah kecepatan  $V_1$  dan  $V_2$ nya



- 5) Sebuah pipa lurus memiliki dua macam penampang, masing-masing dengan luas penampang  $200 \text{ mm}^2$  dan  $100 \text{ mm}^2$ . Pipa tersebut diletakkan secara horisontal, sedangkan air di dalamnya mengalir dari penampang besar ke penampang kecil. Jika kecepatan arus di penampang besar adalah  $2 \text{ m/det}$ , tentukanlah:
  - a) kecepatan arus air di penampang kecil, dan
  - b) volume air yang mengalir setiap menit.
  
- 6) Pompa 20 Hp dengan efisiensi 80% mengalirkan air (massa Jenis  $1000 \text{ kg/m}^3$ ) ke tangki II (lihat gambar). Jika Kehilangan energi untuk sistem ini  $1,75 \text{ m}$ , tentukan besarnya debit



- 7) Pipa venturi meter yang memiliki luas penampang masing-masing  $8 \times 10^{-2} \text{ m}^2$  dan  $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$  digunakan untuk mengukur kelajuan air. Jika beda ketinggian air raksa di dalam kedua manometer adalah  $0,2 \text{ m}$  dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , tentukanlah kelajuan air tersebut ( $\rho_{\text{raksa}} = 13.600 \text{ kg/m}^3$ ).



- 8) Gambar di atas menunjukkan sebuah reservoir yang penuh dengan air. Pada dinding bagian bawah reservoir itu bocor hingga air memancar sampai di tanah. Jika  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , tentukanlah:
- kecepatan air keluar dari bagian yang bocor;
  - waktu yang diperlukan air sampai ke tanah;
  - jarak pancaran maksimum di tanah diukur dari titik P.

**Petunjuk Jawaban Latihan 2**

- 1) Diketahui:  $h = 30 \text{ cm}$  dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- Tekanan hidrostatis pada dasar tabung yang berisi air:  

$$P_h = \rho gh = (1.000 \text{ kg/m}^3) (10 \text{ m/s}^2) (0,3 \text{ m}) = 3.000 \text{ N/m}^2$$
  - Tekanan hidrostatis pada dasar tabung yang berisi air raksa:  

$$P_h = \rho gh = (13.600 \text{ kg/m}^3) (10 \text{ m/s}^2) (0,3 \text{ m}) = 40.800 \text{ N/m}^2$$
  - Tekanan hidrostatis pada dasar tabung yang berisi gliserin:  

$$P_h = \rho gh = (1.260 \text{ kg/m}^3) (10 \text{ m/s}^2) (0,3 \text{ m}) = 3.780 \text{ N/m}^2$$
- 2) Diketahui:  $P_0 = 1 \text{ atm}$  dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- Tekanan total di bawah permukaan danau pada kedalaman 10 cm:  

$$P_A = P_0 + \rho gh = (1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2) + (1.000 \text{ kg/m}^3) (10 \text{ m/s}^2) (0,1 \text{ m})$$

$$P_A = 1,023 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$
  - Tekanan total di bawah permukaan danau pada kedalaman 20 cm:  

$$P_A = P_0 + \rho gh = (1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2) + (1.000 \text{ kg/m}^3) (10 \text{ m/s}^2) (0,2 \text{ m})$$

$$P_A = 1,033 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$
  - Tekanan total di bawah permukaan danau pada kedalaman 30 cm:  

$$P_A = P_0 + \rho gh = (1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2) + (1.000 \text{ kg/m}^3) (10 \text{ m/s}^2) (0,3 \text{ m})$$

$$P_A = 1,043 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

- 3) Diketahui:  $\Phi$  tabung = 0,4 cm,  $\theta = 60^\circ$ ,  $\gamma = 0,5 \text{ N/m}^3$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

$$h = \frac{2\gamma \cos\theta}{\rho g r}$$

$$h = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm.}$$

Kenaikan air pada tabung sebesar 2,5 cm.

- 4)  $Q_1 = Q_2 = 50 \text{ liter/detik} = 0,05 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$A_1 = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi (0,4)^2 = 0,1256 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka } V_1 = Q_1/A_1 = (0,05 \text{ m}^3/\text{det})/0,1256 \text{ m}^2 = 0,3981 \text{ m/detik}$$

$$A_2 = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi (0,1)^2 = 0,00785 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka } V_2 = Q_2/A_2 = 0,05 \text{ m}^3/\text{det}/0,00785 \text{ m}^2 = 6,3694 \text{ m/det}$$

→ Nilai  $V_2$  16 kali nilai  $V_1$

- 5) Diketahui:  $A_1 = 200 \text{ mm}^2$ ,  $A_2 = 100 \text{ mm}^2$ , dan  $v_1 = 2 \text{ m/det}$ .

a)  $A_1 v_1 = A_2 v_2$

$$(200 \text{ mm}^2) (2 \text{ m/det}) = (100 \text{ mm}^2) v_2$$

$$v_2 = 4 \text{ m/det}$$

b)  $Q = v / t = Av \rightarrow Q = Av$

$$Q = (200 \times 10^{-6} \text{ m}^2) (2 \text{ m/det}) = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det} = 2,4 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{menit}$$

**Jawab:**

Hukum Bernoulli berlaku pada titik 1 dan 2

$$P_1/\gamma + Z_1 + V_1^2/2g + H_1 = P_2/\gamma + Z_2 + V_2^2/2g + H_2$$

Dimana :  $P_1/\gamma = 4250/1000 = 4,25 \text{ m}$

$$Z_1 = 5 \text{ m}$$

$$V_1 \text{ diabaikan} = 0$$

$$P_2/\gamma = 0$$

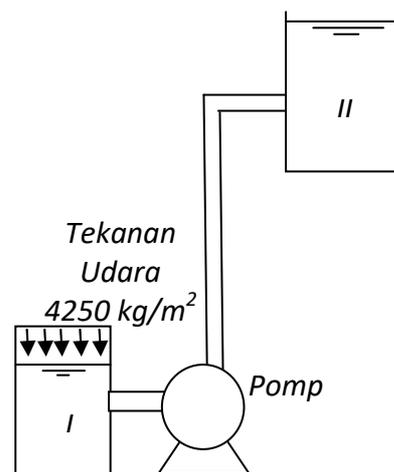
$$Z_2 = 25 \text{ m}; H_2 = 1,75 \text{ m}$$

$$5 + 5 + 0 + H_{\text{pompa}} = 0 + 25 + 0 + 1,75$$

$$H_{\text{pompa}} = 16,75 \text{ m}$$

$$\text{Power} = \frac{\gamma Q H}{\eta} \text{ dimana } \eta = \text{efisiensi} = 80\%$$

$$20 = \frac{(1000) Q (16,75)}{75(80\%)} \text{ diperoleh } Q = 0,0716 \text{ m}^3/\text{detik}$$



- 6) Diketahui:  $A_1 = 8 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ ,  $A_2 = 8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ,  $h = 0,2 \text{ m}$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

$$v = A_2 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}} = 5 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{2(13.600 \text{ kg/m}^3 - 1.000 \text{ kg/m}^3)(10 \text{ m/s}^2)(0,2 \text{ m})}{1.000 \text{ kg/m}^3[(8 \times 10^{-2} \text{ m}^2)^2 - (5 \times 10^{-3} \text{ m}^2)^2]}} = 0,44 \text{ m/s}$$

- 7) Diketahui:  $h_1 = 1,8 \text{ m}$ ,  $h_2 = 5 \text{ m}$ , dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

a.  $v = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{(2)(10 \text{ m/s}^2)(1,8 \text{ m})} = 6 \text{ m/s}$

b.  $h_2 = \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{(2)(5 \text{ m})}{10}} = 1 \text{ sekon}$

c.  $x = vt = (6 \text{ m/s})(1 \text{ s}) = 6 \text{ m}$  atau  $x = 2\sqrt{(h_1)(h_2)} = 2\sqrt{(1,8 \text{ m})(5 \text{ m})} = 6 \text{ m}$

## Ringkasan

- 1) Tekanan adalah gaya yang bekerja pada suatu permukaan dibagi luas permukaan tersebut.

$$p = F/A \text{ (N/m}^2 \text{ = Pascal)}$$

- 2) Tekanan hidrostatis adalah tekanan yang disebabkan oleh fluida tak bergerak.

$$p_h = \rho gh \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Apabila tekanan udara luar ( $p_0$ ) diperhitungkan, tekanan hidrostatis ditulis

$$p_A = p_0 + \rho gh$$

- 3) Tegangan permukaan ( $\gamma$ ) terjadi karena adanya gaya kohesi dan adhesi pada fluida. Secara matematis, dinyatakan dengan persamaan :

$$\gamma = F/2l$$

- 4) Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair pada pipa kapiler. Gaya kohesi dan adhesi menyebabkan timbulnya meniskus cekung atau meniskus cembung pada permukaan fluida. Persamaan kapilaritas tersebut adalah

$$h = 2 \cos\theta / \rho gr$$

- 5) Fluida ideal adalah fluida yang tidak dapat dimampatkan, tidak mengalami gaya gesek ketika mengalir, dan alirannya stasioner.  
 6) Fluida sejati adalah fluida yang memiliki sifat dapat dimampatkan, memiliki viskositas, dan alirannya tidak stasioner (turbulen).  
 7) Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa debit air

(Q) selalu tetap.

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

- 8) Hukum Bernoulli menyatakan bahwa tekanan, energi kinetik dan energi potensial per satuan volume fluida yang mengalir, nilainya sama di setiap titik aliran fluida.

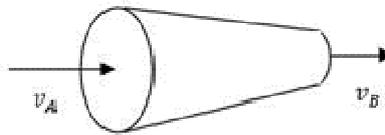
$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{konstan}$$

- 9) Viskositas (kekentalan) suatu fluida dirumuskan dalam Hukum Stokes sebagai berikut.

## Tes 2

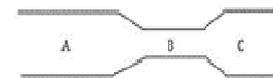
- 1) Air mengalir melalui pipa yang bentuknya seperti gambar. Bila diketahui jari-jari penampang di A dua kali jari-jari di B, maka  $\frac{v_A}{v_B}$  sama dengan:

- A.  $\frac{1}{4}$
- B.  $\frac{1}{2}$
- C. 1
- D. 2
- E. 4



- 2) Perhatikan gambar di bawah ini:

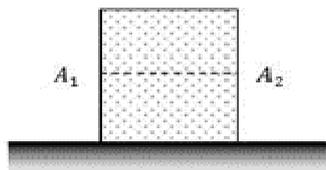
- (1) Kecepatan fluida di A lebih besar dari kecepatan fluida di B
- (2) Kecepatan fluida di A sama dengan kecepatan fluida di C
- (3) Debit di A lebih besar daripada debit di B
- (4) Debit di A sama dengan debit di B



Pernyataan yang benar adalah:

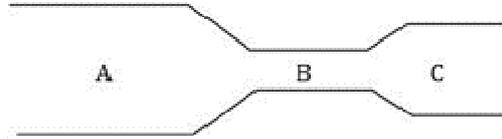
- A. (1), (2) dan (3)
  - B. dan (3)
  - C. dan (4)
  - D. saja
  - E. (1), (2), (3), dan (4)
- 3) Sebuah bejana berisi zat cair mempunyai dua luas lubang kebocoran pada kedua sisinya seperti gambar di bawah. Lubang sebelah kiri ( $A_1$ ) dua kali lebih besar daripada lubang sebelah kanan ( $A_2$ ), sedangkan  $v_1$  dan  $v_2$  adalah kecepatan aliran zat cair. Bila jarak permukaan zat cair terhadap kedua lubang sama, maka.....

- A.  $v_1 = \frac{1}{2} v_2$
- B.  $v_1 = v_2$
- C.  $v_1 = 2v_2$
- D.  $v_1 = \frac{1}{4} v_2$
- E.  $v_1 = 4 v_2$



- 4) Air mengalir dari pipa A ke pipa B dan terus ke pipa C. Perbandingan luas penampang A dan penampang C adalah 8:3. Jika cepat aliran pada pipa A sama dengan  $v$  maka cepat aliran pada pipa C adalah:

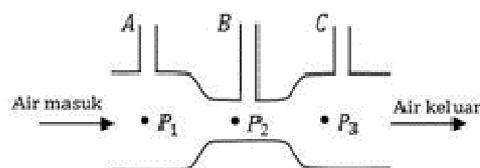
- A.  $\frac{3}{8}v$
- B.  $v$
- C.  $\frac{8}{3}v$
- D.  $3v$
- E.  $8v$



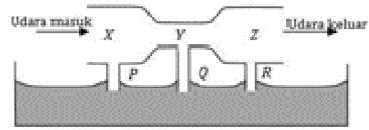
- 5) Hukum Bernoulli menjelaskan tentang:
- A. Kecepatan fluida yang besar pada tempat yang menyempit akan menimbulkan tekanan yang besar pada tempat itu.
  - B. Pada tempat yang tinggi fluida akan memiliki tekanan yang tinggi
  - C. Jika fluida ditekan maka akan bergerak dengan kecepatan yang besar
  - D. Fluida yang mengalir semakin cepat pada tempat yang menyempit akan menimbulkan tekanan yang kecil
  - E. Fluida yang melalui pipa yang melebar maka kecepatan dan tekanannya akan bertambah
- 6) Diantara alat-alat berikut yang tidak didasarkan pada prinsip Bernoulli adalah:
- A. Venturimeter
  - B. Karburator
  - C. Tabung Pitot
  - D. Manometer
  - E. Penyemprot racun serangga
- 7) Hukum Bernoulli didasarkan pada :
- A. Hukum I Newton
  - B. Hukum II Newton
  - C. Hukum III Newton
  - D. Hukum kekekalan momentum
  - E. Hukum kekekalan energy

- 8) Gambar disamping menunjukkan sebuah pipa XY. Pada pipa tersebut, air dialirkan dari kiri ke kanan.  $P_1$ ,  $P_2$  dan  $P_3$  adalah tekanan pada titik-titik di bawah pipa A, B dan C. Pernyataan yang benar adalah :

- A.  $P_1 > P_2 < P_3$
- B.  $P_2 > P_1 < P_3$
- C.  $P_1 > P_3 < P_2$
- D.  $P_1 > P_2 > P_3$
- E.  $P_1 = P_2 = P_3$



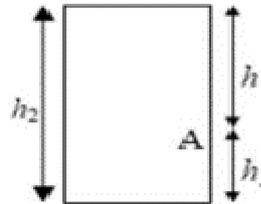
- 9) Perhatikan gambar disamping.  
 (1) Tinggikolom air dalam P adalah paling tinggi  
 (2) Tinggikolom air dalam R adalah paling tinggi  
 (3) Kelajuan udara di Z adalah paling cepat  
 (4) Kelajuan udara di Y adalah paling cepat  
 Pernyataan yang benar adalah:



- A. (1), (2) dan (3)  
 B. dan (3)  
 C. dan (4)  
 D. saja  
 E. (1), (2), (3) dan (4)

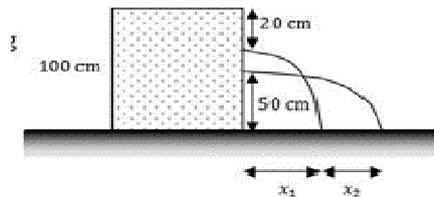
- 10) Bak air berpenampang luas, berlubang kecil di A. Kecepatan air yang keluar dari lubang A adalah:

- A. Berbanding lurus dengan  $h$   
 B. Berbanding lurus dengan  $h_1$   
 C. Berbanding lurus dengan  $\sqrt{h}$   
 D. Berbanding lurus dengan  $h_2$   
 E. Berbanding lurus dengan  $(h_1-h_2)$



- 11) Sebuah tabung berisi zat cair(ideal). Pada dindingnya terdapat dua lubang kecil (jauh lebih kecil dari penampang tabung) sehingga zat cair memancar (terlihat seperti pada gambar). Perbandingan antara  $x_1$  dan  $x_2$  adalah:

- A. 2 : 3  
 B. 2 : 5  
 C. 3 : 4  
 D. 3 : 5  
 E. 4 : 5



## Topik 3

# Titik Pengambilan Sampel Air dan Cara Pemeriksaan Parameter Fisiknya

Saudara mahasiswa, selanjutnya dalam topik 3 ini kita akan membahas tentang titik pengambilan sampel air. Untuk memeriksa kualitas air perlu Anda ketahui cara penentuan titik pengambilan contoh air agar sampel air yang diambil representatif atau bersifat mewakili terhadap kualitas air dari sumber air yang diperiksa.

Disini akan dibahas tentang penentuan titik pengambilan contoh air untuk air permukaan dan air tanah. Untuk air permukaan meliputi sungai, danau/waduk, sedangkan air tanah meliputi air tanah bebas dan air tanah tertekan

### A. TITIK PENGAMBILAN SAMPEL AIR

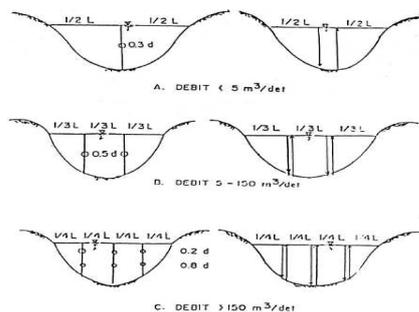
#### 1. Air Permukaan

Titik pengambilan contoh air permukaan dapat dilakukan di sungai dan danau/waduk, dengan penjelasan sebagai berikut :

##### a. Sungai

Titik pengambilan contoh di sungai (lihat gambar 16) dengan ketentuan:

- 1) sungai dengan debit kurang dari  $5 \text{ m}^3/\text{detik}$ , contoh diambil pada satu titik di tengah sungai pada  $0,5 \times$  kedalaman dari permukaan air;
- 2) sungai dengan debit antara  $5-150 \text{ m}^3/\text{detik}$ , contoh diambil pada dua titik masing-masing pada jarak  $1/3$  dan  $2/3$  lebar sungai pada  $0,5 \times$  kedalaman dari permukaan air;
- 3) sungai dengan debit lebih dari  $150 \text{ m}^3/\text{detik}$  contoh diambil minimum pada empat titik masing-masing pada jarak  $1/4$ ,  $1/2$  dan  $3/4$  lebar sungai pada  $0,2 \times$  dan  $0,8 \times$  kedalaman dari permukaan air.

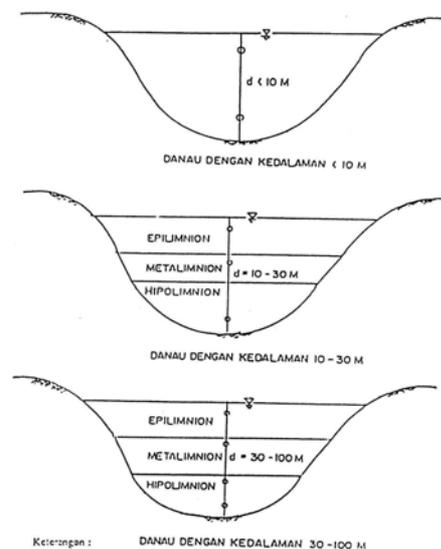


**Gambar 3.1.**  
Penentuan Titik Pengambilan Sampel Air di Sungai

b. *Danau/waduk*

Titik pengambilan contoh di danau/waduk (lihat Gambar 17) dengan ketentuan :

- 1) danau/waduk yang kedalamannya kurang dari 10 m, contoh diambil pada dua titik di permukaan dan di dasar danau/waduk;
- 2) danau/waduk dengan kedalaman antara 10-30 m, contoh diambil pada tiga titik, yaitu : di permukaan, di lapisan termoklin dan di dasar danau / waduk;
- 3) danau/waduk dengan kedalaman antara 30-100 m, contoh diambil pada empat titik, yaitu : dipermukaan, di lapisan termoklin (metalimnion), di atas hipolimnion dan di dasar danau/waduk;
- 4) danau/waduk yang kedalamannya lebih dari 100 m, titik pengambilan contoh dapat ditambah sesuai dengan keperluan.



Gambar 3.2.

*Penentuan Titik Pengambilan Sampel Air di Sungai*

**2. Air Tanah**

Titik pengambilan contoh air tanah dapat berasal dari air tanah bebas dan air tanah tertekan (artesis) dengan penjelasan sebagai berikut :

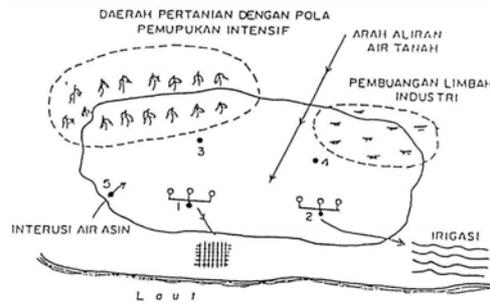
**3. Air tanah bebas**

- a. pada sumur gali contoh diambil pada kedalaman 20 cm di bawah permukaan air dan sebaiknya diambil pada pagi hari;
- b. pada sumur bor dengan pompa tangan/mesin, contoh diambil dari kran/mulut pompa keluarannya air setelah air dibuang selama lebih kurang lima menit.

**4. Air tanah tertekan (artesis)**

- a. pada sumur bor eksplorasi contoh diambil pada titik yang telah ditentukan sesuai keperluan eksplorasi;

- b. pada sumur observasi contoh diambil pada dasar sumur setelah air dalam sumur bor/pipa dibuang sampai habis (dikuras) sebanyak tiga kali;
- c. pada sumur produksi contoh diambil pada kran/mulut pompa keluarnya air.



Gambar3.3.  
Diagram Lokasi Pengambilan Contoh Air Tanah

Keterangan :

- Sumur produksi untuk penyediaan air kota
- Sumur produksi untuk penyediaan air irigasi
- Sumur observasi untuk pemantauan dampak pencemaran perkotaan
- Sumur observasi untuk pemantauan dampak pencemaran industri
- Sumur observasi untuk pemantauan dampak interval air

## B. PEMERIKSAAN PARAMETER FISIK AIR

Pemeriksaan parameter fisik air yang akan dibahas disini adalah pemeriksaan parameter fisik yang bisa dilakukan di lapangan atau skala lapangan yaitu meliputi pemeriksaan terhadap parameter yang dapat berubah dengan cepat sehingga dilakukan pengukuran secara langsung dilapangan setelah dilakukan pengambilan contoh air.

Parameter yang diperiksa antara lain; Suhu, TDS, Kecepatan serta Debit aliran menggunakan pelampung. Semua hasil pemeriksaan dicatat dalam buku catatan khusus pemeriksaan di lapangan, yang meliputi nama sumber air, tanggal pengambilan contoh, jam, keadaan cuaca, bahan pengawet yang ditambahkan dan nama petugas.

Hasil pemeriksaan parameter fisik tersebut selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu yang ada yaitu Peraturan Menteri Kesehatan No 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua Dan Pemandian Umum. Contoh format Catatan Lapangan bisa dilihat di bawah ini:

CATATAN LAPANGAN

Nama sumber air : Sumur.....  
 Lokasi : .....  
 Tanggal dan waktu : ..... jam .....  
 Temperatur air/udara : 29/30°C  
 Tinggi muka air/debit/ : .... m/.... m<sup>3</sup>/detik  
 Kedalaman air sumur :  
 Keadaan cuaca : Cerah  
 Keadaan fisik sumber air : Air keruh  
 Hasil pemeriksaan di lapangan : Suhu : 7,5  
 TDS : 3,0 mg/L  
 Khusus Air permukaan  
 Kecepatan aliran : .....m/detik  
 Debit Aliran : .....m<sup>3</sup>/detik  
 Nama petugas : .....  
 Sketsa Lokasi :

**C. PENGUKURAN PARAMETER SUHU AIR**

Alat yang dibutuhkan adalah Termometer. Langkah-langkah dalam pengukuran parameter suhu air adalah sebagai berikut:

1. Menentukan titik pengambilan sampel dan menyiapkan alat pengambilan contoh yang sesuai dengan keadaan sumber air;
2. Membilas alat dengan air contoh yang akan diambil, sebanyak tiga kali;
3. Mengambil contoh sesuai dengan keperluan dan campurkan dalam penampung sementara hingga merata;
4. Apabila contoh diambil dari beberapa titik, maka volume contoh yang diambil dari setiap titik harus sama.
5. Masukkan Termometer ke dalam wadah air contoh biarkan beberapa saat sampai menunjukkan angka yang relatif stabil
6. Catat Hasil Pengukuran

**Pengukuran Parameter TDS (Total Dissolved Solids)**

Alat yang dibutuhkan adalah TDS meter. Langkah-langkah dalam pengukuran parameter TDS adalah sebagai berikut:

1. Menentukan titik pengambilan sampel dan menyiapkan alat pengambilan contoh yang sesuai dengan keadaan sumber air;
2. Membilas alat dengan air contoh yang akan diambil, sebanyak tiga kali;
3. Mengambil contoh sesuai dengan keperluan dan campurkan dalam penampung sementara hingga merata;

4. Apabila contoh diambil dari beberapa titik, maka volume contoh yang diambil dari setiap titik harus sama.
5. Masukkan TDS meter ke dalam wadah air contoh biarkan beberapa saat sampai menunjukkan angka yang relatif stabil. Lakukan sebanyak tiga kali kemudian dirata-ratakan.
6. Catat Hasil Pengukuran

#### **D. PENGUKURAN KECEPATAN ALIRAN DENGAN PELAMPUNG**

Pengukuran kecepatan aliran dengan pelampung hanya disarankan apabila pengukuran kecepatan dengan alat ukur arus (current meter) tidak dapat dilaksanakan. Ketentuan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan jenis pelampung permukaan atau pelampung yang sebagian tenggelam di dalam aliran dan tergantung pada bahan yang tersedia dan kondisi aliran
2. Lintasan pelampung harus mudah diamati, kalau perlu pelampung diberei tanda khusus terutama bila dilakukan pada malam hari
3. Pengukuran kecepatan aliran harus dipilih pada bagian alur yang lurus, dan memenuhi salah satu syarat sebagai berikut:
  - a. Bagian alur yang lurus paling sedikit tiga kali lebar aliran
  - b. Lintasan pelampung pada bagian alur yang lurus paling sedikit memerlukan waktu tempuh lintasan 40 detik
4. Adanya fasilitas untuk melempar pelampung, misalnya jembatan
5. Lintasan pelampung paling sedikit mencakup tiga titik dan disetiap titik lintasan paling sedikit dilakukan dua kali pengukuran
6. Kecepatan aliran dapat dihitung dengan rumus:

$$v = c \times \frac{L}{t}$$

Keterangan:

v = kecepatan aliran, (m/det)

L = panjang lintasan (m)

t = waktu tempuh lintasan pelampung (detik)

c = koefisien kecepatan

7. Kecepatan rata-rata yang diperoleh harus dikalikan dengan suatu koefisien yang ditentukan dari hasil perbandingan kecepatan aliran yang diukur menggunakan pelampung dengan kecepatan aliran yang diukur menggunakan alat ukur arus (besarnya k berkisar antara 0,50 – 0,98)

## E. PENGUKURAN DEBIT DENGAN PELAMPUNG

Pengukuran debit dengan pelampung langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Pilih Lokasi pengukuran sesuai dengan pengukuran
2. Siapkan pelampung
3. Siapkan peralatan dan perlengkapannya untuk mengukur penampang basah sungai sehingga diperoleh data lebar dan dalam sungai
4. Siapkan peralatan dan perlengkapannya untuk mengukur jarak diantara dua penampang melintang
5. Siapkan peralatan pemberi aba-aba dan rambu-rambu
6. Siapkan alat pencatat waktu
7. Lakukan pengukuran lamanya waktu pelampung melintas pada jarak yang telah ditentukan, ulangi minimal dua kali
8. Catat Hasilnya
9. Debit dihitung dengan rumus:

$$Q = A \times V$$

Keterangan

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/detik)

A = Luas penampang basah sungai (m<sup>2</sup>)

V = kecepatan rata-rata pelampung (m/detik)

Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi yang menyangkut tentang titik pengambilan sampel air dan cara pemeriksaannya. Dengan demikian tuntaslah sudah materi yang dibahas pada topik ketiga ini. Selanjutnya, Anda dapat mempraktekkan materi tentang Titik Pengambilan Sampel Air dan Cara Pemeriksaan Parameter Fisiknyayang ada pada latihan 3 berikut ini:

## Latihan

- 1) Coba saudara mahasiswa praktekkan kegiatan penentuan titik lokasi sampel pengambilan air minimal pada tiga titik sumber air yaitu sungai, waduk/danau, air tanah bebas/tertekan yang terdapat disekitar diwilayah saudara. Buat sketsa titik pengambilan sampel air tersebut dalam bentuk laporan format sebagai berikut:

### CATATAN LAPANGAN

Nama sumber air : Sungai/Waduk/Danau/Air tanah Bebas/Tertekan  
 Lokasi :  
 Tanggal dan waktu : ..... jam .....  
 Temperatur air/udara : .../....°C

Tinggi muka air/debit/ : ... m/..... m<sup>3</sup>/detik  
Kedalaman air sumur :...m  
Keadaan cuaca : Cerah/Mendung  
Keadaan fisik sumber air : Air keruh  
Nama petugas : .....  
Sketsa Lokasi :

- 2) Coba saudara mahasiswa praktekan kegiatan pengukuran parameter fisik air skala lapangan dengan ketentuan sebagai berikut:
  - a) Untuk sumber air tanah tertekan dan artesis lakukan pengukuran parameter fisik air meliputi Suhu dan TDS.
  - b) Untuk sumber air sungai/ danau/aduk, disamping melakukan pengukuran parameter fisik air skala lapangan seperti suhu dan TDS, juga melakukan pengukuran kecepatan aliran air dan debit aliran air menggunakan pelampung
- 3) Semua hasil pemeriksaan dicatat dalam buku catatan khusus pemeriksaan di lapangan, yang meliputi nama sumber air, tanggal pengambilan contoh, jam, keadaan cuaca, bahan pengawet yang ditambahkan dan nama petugas serta gambar sketsa lokasinya.

## Ringkasan

Penentuan titik sampel air permukaan untuk sungai penentuan Jumlah titik dan lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan debit air sungai. Sedangkan untuk danau penentuan jumlah titik dan lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan kedalaman danau.

Titik pengambilan sampel air tanah untuk air tanah bebas, penentuan jumlah titik dan lokasi pengambilan sampelnya ditentukan berdasarkan jenis sumurnya apakah sumur gali atau sumur bor dengan pompa tangan atau mesin. Sedangkan Untuk air tanah tertekan penentuan jumlah titik dan lokasi pengambilan sampelnya ditentukan berdasarkan jenis sumurnya apakah jenis sumur bor eksplorasi, sumur observasi dan sumur produksi.

Pengukuran kecepatan aliran dengan pelampung hanya disarankan apabila pengukuran kecepatan dengan alat ukur arus (current meter) tidak dapat dilaksanakan

## Kunci Jawaban Tes

### Tes 1

- 1) Parameter fisik air yang mesti diperhatikan adalah TDS, Suhu, DHL, Warna dan Rasa
- 2) Jenis aliran yaitu aliran laminar, turbulen, dan transisi yang ditentukan dengan nilai bilangan Reynold dengan ketentuan:  
 Pada  $500 < Re < 600$ , aliran bersifat laminar.  
 Pada  $Re > 2000$ , aliran bersifat turbulen.  
 Pada  $600 < Re < 2000$ , aliran transisi dari aliran laminar ke turbulen atau sebaliknya

$$3) \quad Re = \frac{\rho V R_h}{\mu} \text{ atau } \frac{V R_h}{\nu}$$

$$Re = (0,02 \times 0,01) / 10^{-6} = 0,0002 \times 10^6 = 2 \times 10^2 = 100$$

### Tes 2

- 1) Jawaban : A.  $\frac{1}{4}$  . Penjelasan : Rumus debit air  $Q = AV$ . Terlihat bahwa A berbanding terbalik dengan v, sehingga bila jari-jari A dua kali lebih besar , maka luas A adalah empat kali lebih besar. Otomatis kecepatannya adalah  $\frac{1}{4}$  kali lebih kecil
- 2) Jawaban : C. Penjelasan: Kecepatan berbanding terbalik dengan luas. Jadi (1) salah. Debit selalu konstan jadi (3) salah.
- 3) Jawaban : A.  $v_1 = \frac{1}{2} v_2$ . Penjelasan : kecepatan berbanding terbalik dengan luas penampang. Luas  $A_1$  dua kali lebih besar dari  $A_2$  artinya kecepatan  $A_1$  hanya setengahnya  $A_2$
- 4) Jawaban : C. Penjelasan: Kecepatan berbanding terbalik dengan luas. Luas C adalah  $\frac{3}{8}$  luas A, maka kecepatan C adalah  $\frac{8}{3}$  kecepatan A
- 5) Jawaban : D
- 6) Jawaban : D
- 7) Jawaban : E
- 8) Jawaban: A. Penjelasan: Jelas bahwa P2 dengan luas penampang kecil memiliki kecepatan yang paling besar, sebaliknya tekanannya paling kecil
- 9) Jawaban : D. Penjelasan: Jelas di Y lah kelajuan udara paling besar, karena luas penampangnya paling kecil
- 10) Jawaban :A. Penjelasannya: Kecepatan air keluar dari lubang dirumuskan  $v = \sqrt{2gh}$ . Artinya besar kecepatan berbanding lurus dengan  $\sqrt{h}$
- 11) Jawaban : E. Penjelasannya: Jarak pancuran air di tanah berbanding lurus dengan akar perkalian dari jarak lubang ke permukaan dan jarak lubang ke tanah. Sehingga perbandingan antara  $x_1$  dan  $x_2$  adalah  $\sqrt{0,2 \times 0,8} : \sqrt{0,5 \times 0,5} = 4 : 5$

## Glosarium

- TDS adalah ukuran zat terlarut (baik itu zat organik maupun anorganik, mis : garam, dll) yang terdapat pada sebuah larutan. Umumnya berdasarkan definisi di atas seharusnya zat yang terlarut dalam air (larutan) harus dapat melewati saringan yang berdiameter 2 mikrometer ( $2 \times 10^{-6}$  meter).
- Daya Hantar Listrik adalah konduktivitas air bergantung pada jumlah ion-ion terlarut per volumenya dan mobilitas ion-ion tersebut. Satuannya adalah ( $\mu\text{mho/cm}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ). Konduktivitas bertambah dengan jumlah yang sama dengan bertambahnya salinitas.
- Laminar merupakan aliran dari seluruh partikel fluida bergerak sepanjang garis yang sejajar dengan arah aliran (atau sejajar dengan garis tengah pipa, jika fluida mengalir di dalam pipa).
- Turbulen merupakan aliran dari seluruh partikel fluida bergerak tidak lagi sejajar, mulai saling bersilang satu sama lain sehingga terbentuk pusaran di dalam fluida, aliran yang seperti ini disebut dengan aliran turbulen
- Transisi merupakan aliran transisi merupakan peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen atau sebaliknya dari aliran turbulen ke aliran laminar. Untuk aliran transisi ini sendiri memiliki besaran bilangan Reynold  $500 < Re < 2000$ .
- Alat Ukur Venturi: Alat ukur venturi (venturimeter) adalah alat ukur laju aliran suatu zat cair yang dipasang dalam suatu pipa.
- Hidrostatik: Dalam statika fluida kita mempelajari fluida yang ada dalam keadaan diam (tidak bergerak). Fluida yang diam disebut *fluida statis*. Jika yang diamati adalah zat cair disebut *hidrostatik*.
- Hidrodinamis: Dalam dinamika fluida Anda akan mempelajari tentang fluida yang mengalir (bergerak). Fluida yang mengalir disebut *fluida dinamis*. Jika yang diamati adalah zat cair, disebut *hidrodinamis*.
- Persamaan Bernoulli: Air yang merupakan fluida tak termampatkan (inkompresibel) yang mengalir melalui suatu penampang sebuah pipa dan saluran apabila aliran bersifat

## Daftar Pustaka

- Campbell, Gaylon S dan Norman, John M, 2000, An Introduction to Environmental Biophysics, Second Edition, New York, Springer
- Giles, Renal V, Fluid Mechanics and Hydraulics, Second Edition, Mc Graw Hill Book Company
- Jones, E.R. dan Childers, R.L. 1994. Contemporary College Physics, Second Edition. New York: Addison Wesley Longman.
- T. Gunawan, 2000, Hidrolika, Delta Teknik Group Jakarta
- Campbell, Gaylon S dan Norman, John M, 2000, An Introduction to Environmental Biophysics, Second Edition, New York, Springer
- Giles, Renal V, Fluid Mechanics and Hydraulics, Second Edition, Mc Graw Hill Book Company
- Jones, E.R. dan Childers, R.L. 1994. Contemporary College Physics, Second Edition. New York: Addison Wesley Longman.
- Khurni, R.S., A Textbook of Hydraulic, Sixth Edition, 1978, S Chand & Company Limited
- Kawamura, S (1991). *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. John Wiley and Sons, USA.
- <http://www-math.mit.edu/~dhu/Climberweb/climberweb.html>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Osteichthyes>
- Halliday, David, Robert Resnick, dan Jearl Walker. 2001. Fundamentals of Physics, Sixth Edition. New York: John Wiley & Sons.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Blaise\\_Pascal](http://en.wikipedia.org/wiki/Blaise_Pascal)
- Cutnell, J. D. and K. W. Johnson. 1995. Physics, 3rd Edition. John Wiley & Sons, New York.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Archimedes>
- Microsoft Encarta, 2004
- <http://www.wilkinsonplus.com/home-brewing/wilko-hydrometer-loose-wine-and-beer/invt/0022575>
- Hewitt, Paul G. 1993. Conceptual Physics, Eight Edition. New York: Addison Wesley Longman.
- [http://id.wikipedia.org/wiki/Balon\\_udara\\_panas](http://id.wikipedia.org/wiki/Balon_udara_panas)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Lotus\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Lotus_effect)
- [http://www.ctahr.hawaii.edu/mauisoil/a\\_comp03.aspx](http://www.ctahr.hawaii.edu/mauisoil/a_comp03.aspx)
- Campbell, Gaylon S dan Norman, John M, 2000, An Introduction to Environmental Biophysics, Second Edition, New York, Springer
- SNI 8066 2015 Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung
- SNI 06-6989.23-2005 Air dan air limbah – Bagian 23: Cara uji suhu dengan termometer
- SNI 6989.59:2008 Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah digunakan untuk pengambilan contoh air guna keperluan pengujian sifat fisika dan kimia air limbah
- Manual book alat ukur TDS meter

## BAB II LIMBAH CAIR

*Bambang Yulianto*

### A. PENDAHULUAN

Saudara mahasiswa dalam Bab II ini kita akan membahas tentang limbah cair dan permasalahannya. Seperti kita ketahui bahwa dalam kehidupan sehari-hari kita akrab dengan limbah cair, salah satu contohnya adalah ketika kita menggunakan air bersih misalnya untuk mandi maka akan dihasilkan limbah cair. Tentu saja limbah cair ini jika tidak kita kelola dengan baik maka akan menimbulkan dampak kesehatan lingkungan dimana pada akhirnya akan menyebabkan derajat kesehatan masyarakat menjadi menurun.

Ruang lingkup materi yang akan dibahas pada bab ini meliputi tentang karakteristik fisik limbah cair, sumber limbah cair, titik pengambilan sampel limbah cair, cara pemeriksaan parameter fisik limbah cair meliputi Suhu, TSS, dan Baku mutu limbah cair yang berlaku di negara kita

Pada Bab II ini, seluruh cakupan atau ruang lingkup materi yang telah disebutkan itu, akan disajikan ke dalam 4 (empat) Topik.

1. Topik 1: Karakteristik Fisik Limbah Cair
2. Topik 2: Sumber dan Jenis Limbah Cair
3. Topik 3: Titik Pengambilan Sampel Limbah Cair
4. Topik 4: Pemeriksaan Parameter Fisik Limbah Cair

Selanjutnya, setelah mempelajari materi-materi yang ada pada Bab I ini diharapkan Anda dapat:

1. menjelaskan karakteristik fisik limbah cair dengan benar
2. menjelaskan sumber dan jenis limbah cair dengan benar
3. menentukan titik pengambilan sampel limbah cair untuk pemeriksaan parameter fisik limbah cair dengan benar
4. melakukan cara pemeriksaan parameter fisik limbah cair yang terkait dengan temperatur, dan TSS dengan benar
5. melakukan identifikasi parameter fisik limbah cair berkaitan dengan temperatur dan TSS dengan benar

Kuasailah materi yang disajikan dalam Bab II ini dengan baik. Mengapa? Sebab dengan menguasai materi tersebut, tentu Anda akan memiliki wawasan yang luas tentang terkait dengan limbah cair dan permasalahannya yang kelak dapat berguna dalam kehidupan keseharian Anda dan juga pada profesi Anda sebagai seorang Sanitarian

Selanjutnya, agar Anda berhasil dengan baik dalam mempelajari seluruh materi yang ada pada Bab II ini, ikutilah saran atau petunjuk belajar sebagai berikut:

## ✍ ■ Fisika Lingkungan ✍ ■

1. Bacalah setiap uraian dengan cermat, teliti, dan tertib sampai Anda memahami pesan, ide, dan makna yang disampaikan.
2. Lakukanlah diskusi dengan teman-teman sejawat dalam mengatasi bagian-bagian yang belum Anda pahami.
3. Kerjakan semua soal yang terdapat pada latihan dan tes dengan disiplin tinggi.
4. Perbanyak pula membaca materi yang sesuai dari sumber lainnya, seperti yang direferensikan dalam modul ini.
5. Jangan lupa, tanamkan dalam diri Anda bahwa Anda akan berhasil dan buktikanlah bahwa Anda memang berhasil

## Topik 1

# Karakteristik Limbah Cair

Saudara mahasiswa, dalam bab 2 topik 1 ini kita akan membahas terkait dengan konsep karakteristik limbah cair. Menurut Kep MenLH No 5 tahun 2015 air limbah atau limbah cair adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair baik itu limbah cair industri maupun domestik apabila tidak dikelola dengan baik akan mengganggu kesehatan manusia. Dalam melakukan pengelolaan limbah cair agar lebih baik dilakukan terlebih dahulu dengan analisa terhadap jenis dan karakteristik limbah cair agar bisa dilakukan penanganan dengan efektif dan efisien.

Untuk mengetahui karakteristik limbah cair bisa dilakukan beberapa analisa sehingga kita bisa mengetahui limbah cair sudah aman bagi lingkungan atau tidak. Karakteristik limbah cair tersebut meliputi karakteristik fisika, kimia dan biologi.

Karakteristik Limbah cair yang dibahas disini adalah karakteristik fisik dari limbah cair meliputi parameter padatan, kekeruhan, temperatur, bau dan warna dari limbah cair

### A. PADATAN

Dalam limbah cair ditemukan zat padat yang secara umum diklasifikasikan kedalam dua golongan besar yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa. Jenis partikel dapat dibedakan berdasarkan diameternya. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat bersifat organik maupun bersifat anorganik tergantung dari mana sumber limbah cair tersebut. Bahan padat tersebut akan mengendap pada dasar air yang lama kelamaan menimbulkan pendangkalan pada dasar badan air penerima.

Partikel padat didefinisikan sebagai suspended solid yang dapat menembus kertas saring dengan diameter minimal  $1\mu\text{m}$ .

### B. KEKERUHAN

Kekeruhan ini terjadi karena adanya bahan yang terapung dan terurainya zat tertentu seperti bahan organik, jasad renik, lumpur tanah liat dan benda lain yang melayang ataupun terapung dan sangat halus sekali. Nilai kekeruhan air dikonversikan ke dalam ukuran  $\text{S}_2\text{O}_2$  dalam satuan  $\text{mg/l}$ . Semakin keruh air semakin tinggi daya hantar listrik dan semakin banyak pula padatannya.

### C. TEMPERATUR

Limbah yang mempunyai temperatur panas akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu dalam badan air penerima. Temperatur yang dikeluarkan suatu limbah cair harus merupakan temperatur normal. Temperatur yang tinggi dalam air limbah bisa berdampak

terhadap penurunan kadar oksigen terlarut (Dissolved Oxygen / DO) dalam badan air penerima. Pada suhu tinggi viskositas cairan dari limbah cair berkurang dan mengurangi efektifitas dari proses sedimentasi.

Temperatur air limbah akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia serta tata kehidupan dalam air. Perubahan suhu memperlihatkan aktivitas kimiawi biologis pada benda padat dan gas dalam air. Pembusukan terjadi pada suhu yang tinggi dan tingkatan oksidasi zat organik jauh lebih besar pada suhu yang tinggi.

#### **D. BAU**

Sifat bau limbah bisa disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfida atau amoniak yang menimbulkan penciuman tidak enak bagi penciuman disebabkan adanya campuran nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah. Timbulnya bau yang diakibatkan limbah merupakan suatu indikator bahwa terjadi proses dekomposisi alamiah. Gas-gas yang dapat menimbulkan bau dalam air limbah antara lain Hydrogen Sulfida, amonia dan senyawa organik sulfida.

Sulfida dapat ditemukan pada perairan yang kotor sebagai dekomposisi senyawa organik dan sampah industri. Sulfida biasanya ditemukan sebagai sulfat, jika terdapat dalam air kotor akan mengalami oksidasi dengan udara dan membentuk Sulfida yang menimbulkan bau tidak sedap. Pada kondisi asam, air yang mengandung ion sulfida dapat menghasilkan Hydrogen Sulfida yang sangat beracun meskipun dalam konsentrasi yang rendah (0,2 ppm).

#### **E. WARNA**

Seringkali limbah cair memiliki warna tertentu tergantung dari kandungan polutan pencemarnya. Air limbah yang baru saja dibuang berwarna abu-abu akan berubah menjadi hitam. Hal ini disebabkan karena proses dekomposisi bahan organik dan menurunnya jumlah oksigen sampai menjadi nol. Namu mesti diingat bahwa limbah cair yang tidak berwarna belum tentu tidak berbahaya.

Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi yang menyangkut tentang karakteristik limbah cair. Dengan demikian tuntaslah sudah materi yang dibahas pada topik yang pertama ini. Selanjutnya, Anda dapat mengerjakan soal-soal yang ada pada latihan 1 berikut ini

### **Latihan**

Petunjuk: Harap Anda perhatikan soal-soal latihan di bawah ini, kemudian jawablah dengan seksama sesuai dengan pertanyaan yang diajukan berdasarkan pembahasan topik 1 tentang materi karakteristik limbah cair yang telah anda pelajari. Selanjutnya Anda dapat mencocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang ada dari tiap soal:

- 1) Berikut ini adalah parameter fisik dari limbah cair
  - A. pH
  - B. DO
  - C. Warna
  - D. COD
  - E. BOD
  
- 2) TSS merupakan parameter fisik dari limbah cair yang termasuk dalam kategori:
  - A. Warna
  - B. Kekeruhan
  - C. Bau
  - D. Padatan
  - E. Temperatur
  
- 3) Kita perlu mengenal karakteristik fisik dari limbah cair supaya:
  - A. Waspada
  - B. Takut
  - C. Hati-hati
  - D. Sekedar tahu
  - E. Tertangani dengan baik

***Kunci Jawaban Latihan***

- 1) C Warna
- 2) D Padatan
- 3) E Tertangani dengan baik

## Ringkasan

Karakteristik fisik dari limbah cair meliputi parameter padatan, kekeruhan, temperatur, bau dan warna dari limbah cair

Partikel padat didefinisikan sebagai suspended solid yang dapat menembus kertas saring dengan diameter minimal  $1\mu\text{m}$

Kekeruhan ini terjadi karena adanya bahan yang terapung dan terurainya zat tertentu seperti bahan organik, jasad renik, lumpur tanah liat dan benda lain yang melayang ataupun terapung dan sangat halus sekali.

Temperatur air limbah akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia serta tata kehidupan dalam air

Timbulnya bau yang diakibatkan limbah merupakan suatu indikator bahwa terjadi proses dekomposisi alamiah. Gas-gas yang dapat menimbulkan bau dalam air limbah antara lain Hydrogen Sulfida, amonia dan senyawa organik sulfida.

Seringkali limbah cair memiliki warna tertentu tergantung dari kandungan polutan pencemarnya.

## Tes 1

Petunjuk: Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas

- 1) Sebutkan karakteristik limbah cair meliputi apa saja.
- 2) Jenis partikel dalam kategori padatan limbah cair dibedakan berdasarkan apanya? Jelaskan jawaban saudara
- 3) Penyebab bau dalam limbah cair bisa disebabkan oleh faktor apa? Coba saudara jelaskan
- 4) Menurut saudara adakah hubungan antara kekeruhan dengan padatan pada limbah cair
- 5) Menurut saudara apakah limbah cair yang berwarna pasti berbahaya bagi kesehatan lingkungan? Jelaskan jawaban saudara

## Topik 2 Jenis dan Sumber Limbah Cair

Saudara mahasiswa, dalam bab II topik kedua ini kita akan membahas tentang jenis dan sumber limbah cair. Jenis limbah cair disini meliputi limbah cair domestik dan limbah cair industri. Disini juga dikemukakan tentang sumber penghasil limbah cair.

### A. JENIS LIMBAH CAIR

Secara umum sumber limbah cair dapat diklasifikasikan dalam 2 kelompok:

#### 1. Limbah Cair Domestik (domestic wastewater)

Yaitu limbah cair hasil buangan dari perumahan (rumah tangga), bangunan, perdagangan dan perkantoran. Sumber limbah cair domestik pada prinsipnya bisa berasal dari kawasan pemukiman dan komersial. Untuk kawasan pemukiman termasuk didalamnya apartemen, hotel, rumah dan motel. Kawasan komersial meliputi bandara, pusat perbelanjaan, perkantoran, restoran, bangunan industri (limbah sanitasi).

Karakteristik limbah cair domestik umumnya didominasi oleh kandungan polutan organik. Baku mutu yang digunakan untuk mengendalikan kualitas limbah cair domestik yang boleh dibuang ke badan air penerima adalah :Peraturan MenLHK No P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Secara teori untuk limbah cair domestik ini bisa diklasifikasikan dalam 3 kelompok besar berdasarkan jenis dan kadar polutannya seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

*Tabel Klasifikasi umum air limbah domesti*

Parameter	Kontaminasi		
	Berat	Sedang	Rendah
Total Solid	1000	500	200
Materi terendapkan (mL/L)	12	8	4
Biochemical oxygen demand (BOD)	300	200	100
Chemical oxygen demand (COD)	800	600	400
Nitrogen total	85	50	25
Ammonia-N	30	30	15
Klorida	175	100	15
Alkalinitas (sbg CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
Minyak dan lemak	40	20	0

*Sumber Eckenfelder, 1980*

#### 2. Limbah Cair Industri (Industrial Wastewater)

Industri dalam melakukan proses produksinya sebagian besar menggunakan menggunakan air, dimana air buangan hasil kegiatan proses produksi tersebut merupakan

limbah cair industri Contoh : air sisa cucian daging, buah atau sayur dari industri pengolahan makanan, air sisa dari proses pewarnaan kain/bahan dari industri tekstil.

Karakteristik limbah cair industri bervariasi tergantung jenis industrinya, bisa didominasi oleh polutan organik, polutan anorganik atau gabungan keduanya. Baku Mutu yang berlaku untuk mengendalikan kualitas limbah cair industri yang boleh dibuang ke badan air penerima yaitu PerMenLHK No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah

### 3. Sumber Limbah Cair

Limbah cair dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain :

- a. Rumah tangga  
Contoh : air bekas cucian, air bekas memasak, air bekas mandi, dan sebagainya
- b. Perkotaan  
Contoh : air limbah dari perkantoran, perdagangan, selokan, dan dari tempat-tempat ibadah.
- c. Industri  
Contoh : air limbah dari pabrik baja, pabrik tinta, pabrik cat, dan dari pabrik karet.

Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi yang menyangkut tentang jenis dan sumber limbah cair. Dengan demikian tuntaslah sudah materi yang dibahas pada topik yang kedua ini. Selanjutnya, Anda dapat mengerjakan soal-soal yang ada pada latihan 2 berikut ini

## Latihan

Petunjuk: Harap Anda perhatikan soal-soal latihan di bawah ini, kemudian jawablah dengan seksama sesuai dengan pertanyaan yang diajukan berdasarkan pembahasan topik 2 tentang materi jenis dan sumber limbah cair yang telah anda pelajari. Selanjutnya Anda dapat mencocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang ada dari tiap soal:

- 1) Limbah cair domestik memiliki karakteristik:
  - A. Didominasi polutan anorganik
  - B. Didominasi polutan organik
  - C. Didominasi baik oleh polutan organik maupun anorganik
  - D. Didominasi polutan logam berat
  - E. Didominasi polutan beracun
- 2) Limbah cair industri memiliki karakteristik:
  - A. Didominasi polutan anorganik
  - B. Didominasi polutan organik

- C. Didominasi baik oleh polutan organik maupun anorganik
  - D. Didominasi polutan logam berat
  - E. Tidak ada yang benar
- 3) Air bekas cucian merupakan termasuk sumber limbah cair yang berasal dari
- A. Perkantoran
  - B. Rumah tangga
  - C. Industri
  - D. Perniagaan
  - E. Pertokoan

***Kunci Jawaban Latihan***

- 1) B Didominasi polutan Organik
- 2) E Tidak ada yang benar
- 3) B Rumah Tangga

## Ringkasan

Secara umum sumber limbah cair dapat diklasifikasikan dalam 2 kelompok yaitu limbah cair domestik dan limbah cair industri

Limbah cair domestik yaitu limbah cair hasil buangan dari perumahan (rumah tangga), bangunan, perdagangan dan perkantoran sedangkan air buangan hasil kegiatan proses produksi merupakan limbah cair industri.

Limbah cair dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain : perkotaan, rumah tangga dan industri.

## Tes 2

Jawablah soal di bawah ini dengan singkat dan jelas

- 1) Kenapa limbah cair domestik bisa diklasifikasikan secara umum dibandingkan dengan limbah cair industri
- 2) Jelaskan Sumber limbah cair yang anda ketahui
- 3) Apa yang dimaksud dengan limbah cair domestik? Jelaskan jawaban saudara

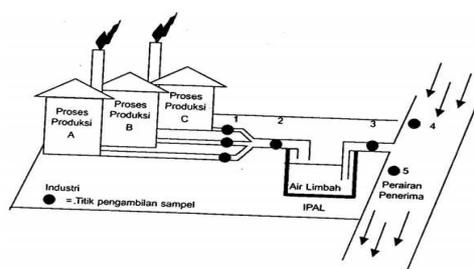
## Topik 3 Titik Pengambilan Sampel Limbah Cair

Saudara mahasiswa, dalam topik ketiga ini kita akan membahas tentang titik pengambilan sampel limbah cair. Disini akan diulas tentang lokasi pengambilan sampel untuk keperluan efisiensi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan untuk tujuan keperluan pengendalian pencemaran air. Dimana disini dikemukakan tentang penentuan titik-titik lokasi pengambilan sampelnya.

Lokasi pengambilan sampel limbah cair dilakukan berdasarkan tujuan pengujian yang akan dilakukan, yaitu :

### A. UNTUK KEPERLUAN EFISIENSI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)

1. Contoh diambil pada lokasi sebelum dan setelah IPAL dengan memperhatikan waktu tinggal (waktu retensi).
2. Titik lokasi pengambilan contoh pada influent (titik 2, Gambar 3.1.)
  - a. Dilakukan pada titik pada aliran bertubulensi tinggi agar terjadi pencampuran dengan baik, yaitu pada titik dimana limbah mengalir pada akhir proses produksi menuju ke IPAL.
  - b. Apabila tempat tidak memungkinkan untuk pengambilan contoh maka dapat ditentukan lokasi lain yang dapat mewakili karakteristik air limbah.
3. Titik lokasi pengambilan contoh pada effluent (titik 3, Gambar 3.1.)  
Pengambilan contoh pada effluent dilakukan pada lokasi setelah IPAL atau titik dimana air limbah yang mengalir sebelum memasuki badan air penerima (sungai).



Gambar 3.1.

*Titik Lokasi Pengambilan Sampel Sebelum dan Sesudah IPAL*

Keterangan gambar:

- 1) Bak kontrol saluran air limbah;
- 2) Influent IPAL;
- 3) effluent IPAL;
- 4) Perairan penerima sebelum air limbah masuk ke badan air;
- 5) Perairan penerima setelah air limbah masuk badan air.

## **B. UNTUK KEPERLUAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR**

Untuk keperluan pengendalian pencemaran air, contoh diambil pada 3 (tiga) lokasi:

1. Pada perairan penerima sebelum tercampur limbah (upstream) (titik 4, Gambar 3.1.).
2. Pada saluran pembuangan air limbah sebelum ke perairan penerima (titik 3, Gambar 3.1.).
3. Pada perairan penerima setelah bercampur dengan air limbah (downstream), namun belum tercampur atau menerima limbah cair lainnya (titik 5, Gambar 3.1.).

### **Untuk industri yang belum memiliki IPAL**

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 penerima air limbah, dengan cara sesaat (grab sampling).
2. Air limbah industri dengan proses batch berasal dari satu saluran pembuangan
  - a. Jika tidak terdapat bak equalisasi  
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 equalisasi  
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 equalisasi
    - 1) 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 sesaat.
    - 2) Kualitas air limbah tidak berfluktuasi 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 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 disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu.
- 4) 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 disatukan dan dibuang melalui bak equalisasi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (grab sampling).

4. Air limbah industri dengan proses batch berasal dari beberapa saluran Pembuangan

a. Jika tidak terdapat bak equalisasi

- 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 penerima limbah tidak disatukan, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu dan tempat dengan mempertimbangkan debit.

b. Jika terdapat bak equalisasi

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

5. Untuk industri yang memiliki IPAL

Lakukan pengambilan contoh pada saluran pembuangan air limbah sebelum ke perairan penerima (titik 3, Gambar 3.1.).

Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi yang menyangkut tentang jenis dan sumber limbah cair. Dengan demikian tuntaslah sudah materi yang dibahas pada topik yang kedua ini. Selanjutnya, Anda dapat mengerjakan soal-soal yang ada pada latihan 3 berikut ini

## Latihan

Petunjuk: Harap Anda perhatikan soal-soal latihan di bawah ini, kemudian jawablah dengan seksama sesuai dengan pertanyaan yang diajukan berdasarkan pembahasan topik 3 tentang titik pengambilan sampel limbah cair yang telah anda pelajari. Selanjutnya Anda dapat mencocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang ada dari tiap soal:

- 1) Langkah-langkah pemeriksaan parameter suhu air dan suhu air limbah adalah:
  - A. Tidak sama
  - B. Hampir sama
  - C. Sama
  - D. Berbeda
  - E. Hampir beda
  
- 2) Lokasi titik pengambilan sampel untuk pengukuran suhu antara air dan air limbah
  - A. Tidak sama
  - B. Hampir sama
  - C. Sama
  - D. Mirip
  - E. Hampir mirip

### ***Kunci Jawaban Latihan***

- 1) C Sama
- 2) A Tidak Sama

## Ringkasan

Lokasi pengambilan sampel limbah cair dilakukan berdasarkan tujuan pengujian yang akan dilakukan, yaitu untuk keperluan efisiensi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan keperluan pengendalian pencemaran air.

Penentuan khusus lokasi sampel dengan tujuan untuk keperluan pengendalian pencemaran air bagi limbah cair industri yang belum memiliki IPAL didasarkan pada sistim alirannya apakah kontinyu atau batch dan juga dilihat dari ada tidaknya bak equalisasi

## Tes 3

Petunjuk: Jawablah dengan memilih salah satu pilihan jawaban dari soal di bawah ini:

- 1) Lokasi pengambilan sampel limbah cair untuk industri dengan proses kontinyu berasal dari satu saluran pembuangan:
  - A. 1 titik
  - B. 2 titik
  - C. 3 titik
  - D. 4 titik
  - E. 5 titik
  
- 2) Pengambilan sampel limbah cair dengan metoda komposit waktu dan tempat dilakukan pada titik lokasi industri :
  - A. dengan proses kontinyu berasal dari satu saluran pembuangan
  - B. dengan proses batch berasal dari satu saluran pembuangan
  - C. dengan proses kontinyu berasal dari beberapa saluran pembuangan
  - D. dengan proses batch berasal dari beberapa saluran pembuangan
  - E. c dan d benar
  
- 3) Titik pengambilan sampel limbah cair untuk pengukuran suhu untuk industri yang memiliki IPAL :
  - A. Di Influent
  - B. Di Efluent
  - C. Di Badan air penerima sebelum limbah cair masuk
  - D. Di Badan air penerima setelah limbah cair masuk
  - E. Tidak ada jawaban yang benar

## Topik 4

### Pemeriksaan Parameter Fisik Limbah Cair

Saudara mahasiswa, dalam bab II topik keempat ini kita akan membahas tentang pemeriksaan parameter fisik limbah cair. Parameter fisik disini dibatasi hanya terhadap parameter temperatur dan total suspended solid dari limbah cair. Disini dikemukakan prosedur pemeriksaan parameter fisik limbah cair tersebut agar saudara bisa mempraktekannya.

#### A. PEMERIKSAAN PARAMETER SUHU

1. Ruang Lingkup  
Cara uji ini digunakan untuk menetapkan suhu limbah cair dengan termometer air raksa
2. Cara uji
  - a. Prinsip  
Air raksa dalam termometer akan memuai atau menyusut sesuai dengan panas air yang diperiksa, sehingga suhu air dapat dibaca pada skala termometer (oC).
  - b. Peralatan  
Termometer air raksa yang mempunyai skala sampai 110oC.
  - c. Penetapan contoh uji
    - 1) Penetapan contoh uji air permukaan
      - a) Termometer langsung dicelupkan ke dalam contoh uji dan biarkan 2 menit sampai dengan 5 menit sampai termometer menunjukkan nilai yang stabil;
      - b) Catat angka pada termometer tanpa mengangkat lebih dahulu termometer dari air.
    - 2) Penetapan contoh uji air pada kedalaman tertentu
      - a) Pasang termometer pada alat pengambil contoh uji.
      - b) Masukkan alat pengambil contoh uji ke dalam air pada kedalaman tertentu untuk mengambil contoh uji.
      - c) Tarik alat pengambil contoh uji sampai ke permukaan.
      - d) Catat skala yang ditunjukkan termometer sebelum contoh air dikeluarkan dari alat pengambil contoh.
3. Jaminan mutu dan pengendalian mutu  
Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.

## **B. PEMERIKSAAN PARAMETER TSS (TOTAL SUSPENDED SOLID)**

TSS adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal  $2\mu\text{m}$  atau lebih besar dari ukuran partikel koloid

1. Alat
  - a. Desikator yang berisi silika gel.
  - b. Oven, untuk pengoperasian pada suhu  $103^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $105^{\circ}\text{C}$ .
  - c. Timbangan analitik dengan ketelitian  $0,1\text{ mg}$ .
  - d. Pengaduk magnetik.
  - e. Pipet volum.
  - f. Gelas ukur.
  - g. Cawan aluminium.
  - h. Cawan porselen/cawan Gooch.
  - i. Penjepit.
  - j. Kaca arloji dan
  - k. pompa vacum.
  
2. Bahan  
Kertas saring Whatman Grade 934 AH, dengan ukuran pori (Particle Retention)  $1,5\ \mu\text{m}$  (Standar for TSS in water analysis).
  
3. Persiapan dan pengawetan contoh uji
  - a. Persiapan contoh uji
  - b. Gunakan wadah gelas atau botol plastik polietilen atau yang setara.
  - c. Pengawetan contoh
  - d. Awetkan contoh uji pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$ , untuk meminimalkan dekomposisi mikrobiologikal terhadap padatan. Contoh uji sebaiknya disimpan tidak lebih dari 24 jam.
  - e. Pengurangan gangguan
    - 1) Pisahkan partikel besar yang mengapung.
    - 2) Residu yang berlebihan dalam saringan dapat mengering membentuk kerak dan menjebak air, untuk itu batasi contoh uji agar tidak menghasilkan residu lebih dari 200 mg.
    - 3) Untuk contoh uji yang mengandung padatan terlarut tinggi, bilas residu yang menempel dalam kertas saring untuk memastikan zat yang terlarut telah benar-benar dihilangkan.
    - 4) Hindari melakukan penyaringan yang lebih lama, sebab untuk mencegah penyumbatan oleh zat koloidal yang terperangkap pada saringan.

4. Persiapan pengujian

Persiapan kertas saring atau cawan Gooch

- a. Letakkan kertas saring pada peralatan filtrasi. Pasang vakum dan wadah pencuci dengan air suling berlebih 20 mL. Lanjutkan penyedotan untuk menghilangkan semua sisa air, matikan vakum, dan hentikan pencucian.
- b. Pindahkan kertas saring dari peralatan filtrasi ke wadah timbang aluminium. Jika digunakan cawan Gooch dapat langsung dikeringkan..
- c. Keringkan dalam oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator kemudian timbang.
- d. Ulangi langkah pada butir c) sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

5. Prosedur

- a. Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
- b. Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
- c. Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik.
- d. Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e. Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f. Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
- g. Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

CATATAN 1: Jika filtrasi sempurna membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, perbesar diameter kertas saring atau kurangi volume contoh uji.

CATATAN 2: Ukur volume contoh uji yang menghasilkan berat kering residu 2,5 mg sampai dengan 200 mg. Jika volume yang disaring tidak memenuhi hasil minimum, perbesar volume contoh uji sampai 1000 mL.

h. Perhitungan

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}}$$

dengan pengertian:

A adalah berat kertas saring + residu kering, satuan mg;

B adalah berat kertas saring, satuan mg.

i. Jaminan Mutu

- 1) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- 2) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.

j. Pengendalian Mutu

- 1) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi.
- 2) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan persen relatif (Relative Percent Different atau RPD) terhadap dua penentuan (replikasi) adalah di bawah 5%, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$RPD = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2) / 2} \times 100 \%$$

dengan pengertian:

X1 adalah kandungan padatan tersuspensi pada penentuan pertama;

X2 adalah kandungan padatan tersuspensi pada penentuan ke dua.

Bila nilai RPD lebih besar 5%, penentuan ini harus diulang

Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi tentang prosedur pengukuran parameter fisik limbah cair khususnya tentang temperatur dan TSS. Dengan demikian tuntaslah sudah materi yang dibahas pada topik yang keempat ini. Selanjutnya, Anda dapat mempraktekkan prosedur tersebut dengan mengikuti latihan 4 berikut ini

## Latihan

- 1) Praktekkan prosedur pengukuran suhu dengan mengambil sampel limbah cair industri dari industri yang ada di sekitar lingkungan anda. Catat hasilnya dan buat laporannya
- 2) Praktekkan prosedur pengukuran TSS dengan mengambil sampel limbah cair industri yang ada di sekitar lingkungan anda. Catat hasilnya dan buat laporannya

## Kunci Jawaban Tes

### Tes 1

- 1) Karakteristik limbah cair meliputi padatan, kekeruhan, temperatur, bau dan warna
- 2) Jenis partikel dibedakan berdasarkan ukurannya, sehingga ada partikel, terlarut, dan partikel tersuspensi
- 3) Bau dalam limbah cair bisa disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfide atau amoniak yang menimbulkan penciuman tidak enak bagi penciuman disebabkan adanya campuran nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah.
- 4) Semakin keruh limbah cair semakin tinggi pula kadar padatan dalam limbah cairnya
- 5) limbah cair yang berwarna belum tentu berbahaya bagi kesehatan lingkungan, karena polutan penyebab warna dalam limbah cair tersebut belum tentu termasuk zat yang berbahaya.

### Tes 2

- 1) Karena pada umumnya limbah cair domestik karakteristiknya didominasi oleh polutan organik dibandingkan limbah cair industri yang bervariasi bisa didominasi oleh polutan organik, anorganik, atau keduanya.
- 2) Limbah cair dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain : perkotaan, rumah tangga dan industri.
- 3) Limbah cair domestik yaitu limbah cair hasil buangan dari perumahan (rumah tangga), bangunan, perdagangan dan perkantoran. Sumber limbah cair domestik pada prinsipnya bisa berasal dari kawasan pemukiman dan komersial

### Tes 3

- 1) A 1 Titik
- 2) E c dan d benar
- 3) B Di Efluent

## Glosarium

Dissolved oksigen: Oksigen terlarut dalam air/air limbah. Nilai ini bisa dijadikan acuan un tuk mengevaluasi apakah suadu badan air/sungai kondisinya tercemar atau tidak

## Daftar Pustaka

- Droste, R.L. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. John Wiley and Sons, USA.
- Eckenfelder, W.W. dan O'Connor, D.J. Laboratory and design procedures for waste treatment process design. CRWR Rep. 31. Austin : University of Texas.
- Montgomery, J.M Water Treatment Principles and Design. John Wiley and Sons, USA.
- Metcal & Eddy, Tcobanoglous,G., Burton, F.L, , 1991, "Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse", McGraw-Hill, New York.
- Montgomery, J.M (1985). Water Treatment Principles and Design. John Wiley and Sons, USA.
- Peraturan MenLHK No P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- PerMenLHK No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah
- Campbell, Gaylon S dan Norman, John M, 2000, An Introduction to Environmental Biophysics, Second Edition, New York, Springler
- Jones, E.R. dan Chiulders, R.L. 1994. Contemporary College Physics, Second Edition. New York: Addison Wesley Longman
- SNI 06-6989.23-2005 Air dan air limbah – Bagian 23: Cara uji suhu dengan termometer
- SNI 06-6989.3-2004 Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri
- SNI 6989.59:2008 Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah

## **BAB III UDARA**

*Bambang Yulianto*

### **PENDAHUUAN**

Saudara mahasiswa dalam Bab III ini kita akan membahas tentang udara dan permasalahannya. Seperti kita ketahui bahwa dalam kehidupan sehari-hari kita membutuhkan udara yang sehat, salah satu contohnya adalah udara yang bebas dari kebisingan. Tentu saja jika kita sering terpapar oleh kebisingan maka akan terganggu kesehatan kita baik secara fisik maupun psikis.

Ruang lingkup materi yang akan dibahas pada bab ini meliputi tentang suara, cahaya, dan panas radiasi.

Pada Bab III ini, seluruh cakupan atau ruang lingkup materi yang telah disebutkan itu, akan disajikan ke dalam 3 (tiga) Topik.

1. Topik 1: Bunyi
2. Topik 2: Cahaya
3. Topik 3: Panas Radiasi

Selanjutnya, setelah mempelajari materi-materi yang ada pada Bab I ini diharapkan Anda dapat:

1. menentukan titik pengambilan sampel udara untuk pemeriksaan parameter kebisingan, pencahayaan, dan iklim kerja
2. melakukan cara pemeriksaan parameter fisik udara yang terkait dengan kebisingan, pencahayaan, dan iklim kerja
3. melakukan identifikasi parameter fisik lingkungan udara

Kuasailah materi yang disajikan dalam Bab III ini dengan baik. Mengapa? Sebab dengan menguasai materi tersebut, tentu Anda akan memiliki wawasan yang luas tentang terkait dengan limbah cair dan permasalahannya yang kelak dapat berguna dalam kehidupan keseharian Anda dan juga pada profesi Anda sebagai seorang Sanitarian

Selanjutnya, agar Anda berhasil dengan baik dalam mempelajari seluruh materi yang ada pada Bab III ini, ikutilah saran atau petunjuk belajar sebagai berikut:

1. Bacalah setiap uraian dengan cermat, teliti, dan tertib sampai Anda memahami pesan, ide, dan makna yang disampaikan.
2. Lakukanlah diskusi dengan teman-teman sejawat dalam mengatasi bagian-bagian yang belum Anda pahami.
3. Kerjakan semua soal yang terdapat pada latihan dan tes dengan disiplin tinggi.
4. Perbanyak pula membaca materi yang sesuai dari sumber lainnya, seperti yang direferensikan dalam modul ini.

5. Jangan lupa, tanamkan dalam diri Anda bahwa Anda akan berhasil dan buktikanlah bahwa Anda memang berhasil

Manusia tentu dalam melakukan aktifitasnya tidak bisa terlepas dari kebutuhan udara yang bersih dan sehat. Udara yang sehat bisa juga dilihat dari parameter pencahayaan, kebisingan, serta panas radiasi

Pada bab ini kita akan membahas tentang bunyi, cahaya dan panas radiasi dari sudut ilmu fisika lingkungan

## Topik 1 Bunyi

Saudara mahasiswa, dalam Bab III Topik 1 ini kita akan membahas terkait dengan konsep bunyi. Sebagaimana kita ketahui dasar teori yang berkaitan dengan kebisingan adalah Bunyi. Bunyi didefinisikan sebagai gelombang getaran mekanis dalam udara atau benda padat yg msh bisa ditangkap oleh telinga normal manusia, dengan rentang frekuensi antara 20 – 20.000 Hz

Selanjutnya, pembahasan materi yang menyangkut tentang bunyi, fokusnya lebih mengarah pada sumber bunyi, sifat umum bunyi, rumus-rumus perhitungan bunyi dan cara pengukuran bunyi.

### A. SUMBER BUNYI

1. Berasal dari alam :  
Contoh : Pohon tumbang, desiran angin, hempasan ombak, petir , dsb
2. Berasal dari buatan manusia :  
Contoh : Bunyi kendaraan atau mesin, alat musik, sound system, dsb

### B. SIFAT UMUM BUNYI

1. Sifat intrinsik bunyi
  - a. Merupakan gerakan harmonik  
Suatu gerakan periodik berupa sinusoida, gerakan ini sering disebut gerakan harmonik sederhana. Contoh : gerakan pendulum dg amplitudo yg sangat kecil
  - b. Merupakan suatu gelombang  
Klasifikasi berdasarkan tingkah laku gelombang
    - 1) Gelombang Berjalan (traveling wave)  
Proses terjadinya : Gelombang bunyi sinusoidal yang berasal dari sumber bunyi di bagian kiri bergeak ke arah kanan dengan suatu kecepatan, demikian pula sebaliknya
    - 2) Gelombang Berdiri (standing wave)  
Proses terjadinya : 2 buah gelombang bunyi dengan frekuensi dan amplitudo yang sama, arah gerakan berlawanan dan berjalan pada saat yang bersamaan → tidak pernah terjadi lintasan yg jauh

Klasifikasi berdasarkan arah gelombang

- Gelombang Konvergensi
- Gelombang Divergensi

Klasifikasi berdasarkan bentuk gelombang :

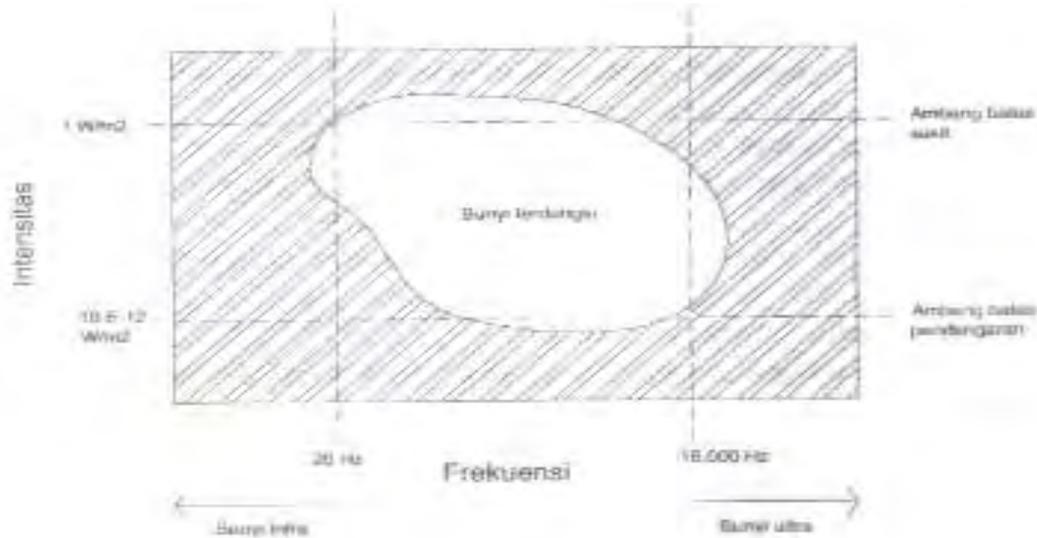
- Gel. Longitudinal
- Gel. Transversal

c. Mempunyai frekuensi, satuan Hertz.(1 Hz = 1 siklus/det)

Daerah ferkeunesi infra : 0 – 16 Hz

Daerah ferkeunesi audio : 16 – 20.000 Hz

Daerah ferkeunesi ultra : di atas 20.000 Hz



Gambar 1.1.

Frekuensi bunyi yang bisa didengar oleh telinga manusia

d. Mempunyai kecepatan

Kecepatan bunyi 340 m/det (medium udara). Kecepatan bunyi berkaitan dengan temperatur. Pada medium isothermal, kec bunyi akan berubah bersama frekuensi → dispersi bunyi.

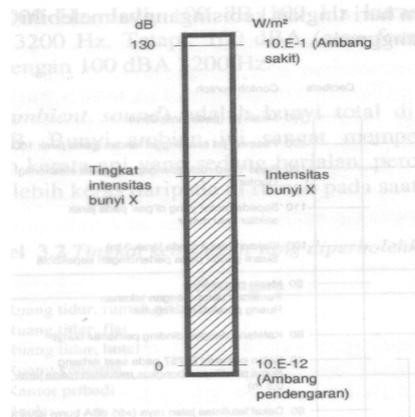
e. Tekanan bunyi

Apabila gel bunyi melalui suatu media, maka gel bunyi mengadakan suatu penekanan. Satuan tekanan bunyi adalah mikrobar (1  $\mu$ bar =  $10^{-6}$  atm)

f. Mempunyai kemampuan transmisi

g. Mempunyai intensitas (sound intensity)

Adalah banyaknya energi bunyi per unit luasan, diukur dengan satuan Watt/m<sup>2</sup>. Tingkat bunyi (sound level) adalah perbandingan logaritmis energi suatu sumber bunyi dengan energi sumber bunyi acuan, diukur dalam dB. Energi sumber bunyi acuan adalah energi sumber bunyi terendah yg msh dpt didengar manusia, yaitu sebesar 10-12 W/m<sup>2</sup>.



Gambar 1.2.

Hubungan antara tingkat intensitas bunyi dengan intensitas bunyi

Tabel 1.1.

Perubahan Tingkat Intensitas Bunyi dengan Efek yang Dihasilkannya

Perubahan Tingkat Bunyi (dB)	Efek
1	Tidak terasakan
3	Mulai dapat dirasakan
6	Dapat dirasakan dengan jelas
10	Dirasakan dua kali lebih keras (atau lebih lemah) dari bunyi awal
20	Dirasakan empat kali lebih keras (atau lebih lemah) dari bunyi awal

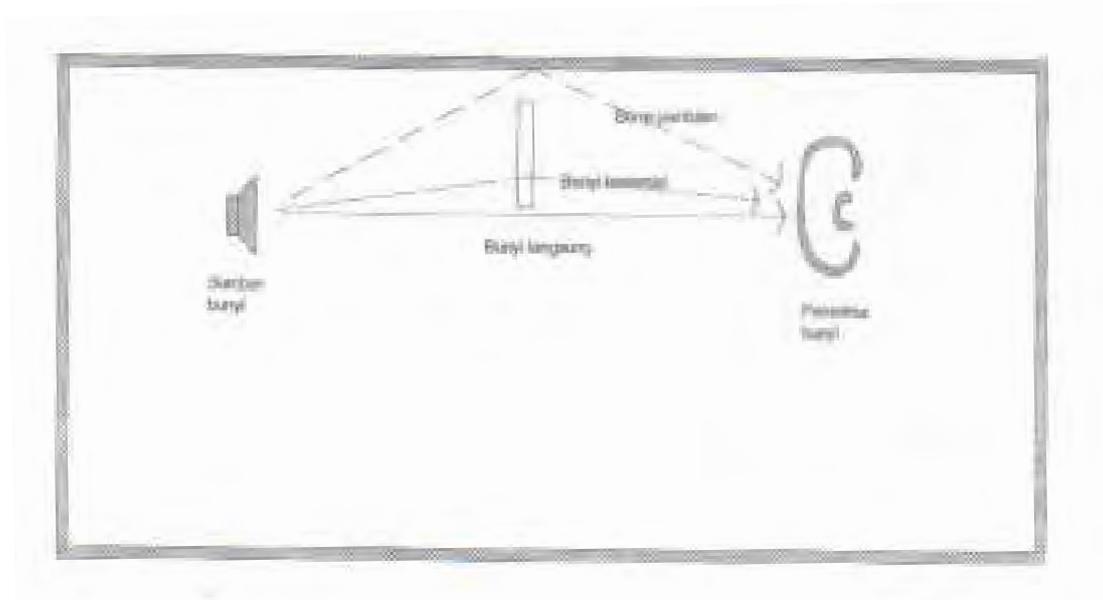
#### h. Amplitudo bunyi

#### 2. Sifat ekstrinsik bunyi

##### a. Dipengaruhi oleh medium

Bila bunyi melalui medium atau dari suatu medium ke medium lain, akan mengalami proses berkurangnya energi bunyi karena konversi energi dari gel bunyi menjadi panas → attenuasi

##### b. Mengalami Refleksi dan Refraksi



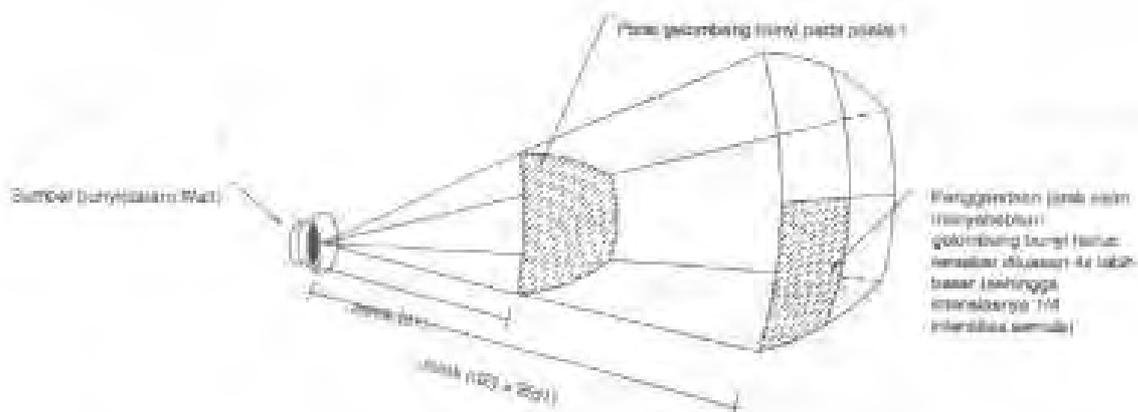
Gambar 1.3.  
Bunyi yang diterima bisa dari pantulan, transmisi atau langsung

c. Mengalami attenuasi

Apabila gelombang bunyi melewati media, maka intensitas bunyi akan menurun sebanding dengan jarak yang ditempuh

Penyebab attenuasi :

- 1) Akibat gelombang bunyi divergensi
- 2) Akibat temp ambient berbeda secara mendadak
- 3) Adanya adsorpsi energi di udara
- 4) Adanya barrier, mis tembok
- 5) Adanya rumput, semak belukar, pepohonan
- 6) Adanya angin & gradien temperatur.



Gambar 1.4.  
Hukum kuadrat terbalik bunyi

- d. Diabsorpsi oleh media  
 Ada 4 faktor yang mempengaruhi adsorpsi bunyi :
- 1) Faktor elastisitas
  - 2) Faktor konduksi panas
  - 3) Faktor radiasi panas
  - 4) Faktor difusi

### C. RUMUS-RUMUS PERHITUNGAN BUNYI

1. Kecepatan bunyi,  $v$

$$v = f \lambda \text{ m/det}$$

Dimana :  $v$  = kecepatan bunyi, m/det  
 $f$  = frekuensi bunyi, 1/det (Hz)  
 $\lambda$  = panjang gelombang, m

2. Intensitas bunyi,  $I$

$$I = w/4\pi D^2 \text{ W/m}^2$$

Dimana:  $I$  = intensitas bunyi,  $\text{W/m}^2$   
 $w$  = energi yg dikeluarkan oleh sumber bunyi, Watt  
 $D$  = jarak, m

3. Tingkat bunyi,  $L_1$ ,  $L_p$ ,  $L_w$

Tingkat bunyi dpt dihitung sbg  $L_1$  (tingkat intensitas bunyi),  $L_p$  (tingkat tekanan bunyi) maupun  $L_w$  (tingkat daya bunyi)

Rumusnya:

$$L_1 = 10 \log I/I_0 \text{ dB}$$

Dimana :  $L_1$  = tingkat intensitas bunyi, dB  
 $I$  = intensitas bunyi,  $\text{W/m}^2$   
 $I_0$  = intensitas bunyi acuan,  $10^{-12} \text{ W/m}^2$

$$L_p = 20 \log P/P_0 \text{ dB}$$

Dimana :  $L_p$  = tingkat tekanan bunyi, dB  
 $P$  = tekanan bunyi,  $\text{N/m}^2$  atau Pa  
 $P_0$  = tekanan bunyi acuan,  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$

## ✂ ■ Fisika Lingkungan ✂ ■

$$L_w = 10 \log W/W_0 \text{ dB}$$

Dimana :  $L_w$  = tingkat daya bunyi, dB  
 $W$  = daya bunyi, W  
 $W_0$  = daya bunyi acuan,  $10^{-12}$  W

### 4. Kehilangan transmisi (transmission loss), TL

TL pada dinding homogen tak berpori, dihitung rata-rata untuk frekuensi 50 – 5000 Hz, dengan rumus :

$$Tl_{\text{rata-rata}} = 18 \log M + 8 \text{ dB}$$

Sedangkan untuk menghitung TL pada frekuensi tertentu :

$$TL_f = 18 \log M + 12 \log f - 25 \text{ dB}$$

Dimana :  $M$  = massa dinding,  $\text{kg/m}^2$   
 $f$  = frekuensi, Hz

### 5. Pengurangan kebisingan (noise reduction), NR

⇒ Karena penambahan peredam

$$NR = 10 \log (a_2/a_1) \text{ dB}$$

Dimana :

$a_1$  = total penyerapan bunyi ruangan pd kondisi peredam awal, Sabin

$a_2$  = total penyerapan bunyi ruangan pada kondisi setelah diperbaiki, Sabin

⇒ Karena antara dua ruang

$$NR = TL - \log (S/a) \text{ dB}$$

Dimana :  $TL$  = pengurangan bunyi oleh dinding yg membatasi, dB

$S$  = luas dinding yang membatasi,  $\text{m}^2$

$a$  = peredam di ruang penerima bunyi, Sabin  
(ekuivalen dengan  $\text{m}^2$  jendela terbuka)

### 6. Pengurangan kebisingan (noise reduction), NR

⇒ Karena penghalang eksterior

$$NR = 20 \log [(2\pi N)^{0,5} / \tan(2\pi N)^{0,5}] + 5 \text{ dB}$$

Dimana :  $N$  =  $0,006 f (A + B - d)$ , dB

$f$  = frekuensi, Hz

- A+B = jarak terdekat melewati penghalang  
(melalui atas atau samping penghalang), m
- d = jarak lurus antara sumber bunyi dan  
penerima bunyi, m

#### 7. Cara Pengukuran Bunyi

Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan

Tingkat kebisingan adalah ukuran energi bunyi yang dinyatakan dalam satuan Desibel disingkat dB.

Baku tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan

Alat pengukur kebisingan yang digunakan adalah Sound level meter

##### a. Cara Pengoperasiannya:

- 1) Nyalakan Alat
- 2) Lakukan kalibrasi internal sesuai spesifikasi alat
- 3) Tentukan titik pengukuran kebisingan dengan ketentuan:
- 4) Jarak dengan dinding minimal 1- 2 m
- 5) Ketinggian alat lebih kurang 1,5 m diatas permukaan tanah
- 6) Lakukan Pengukuran selama 10 menit

##### b. Metoda Pengukuran:

Pengukuran tingkat kebisingan dapat dilakukan dengan dua cara :

- 1) Cara Sederhana Dengan sebuah sound level meter biasa diukur tingkat tekanan bunyi dB(A) selama 10 (sepuluh) menit untuk tiap pengukuran. Pembacaan dilakukan setiap 5 (lima) detik. Pengolahan data menggunakan metoda L95
- 2) Cara Langsung Dengan sebuah integrating sound level meter yang mempunyai fasilitas pengukuran LTM5, yaitu Leq dengan waktu ukur setiap 5 detik, dilakukan pengukuran selama 10 (sepuluh) menit.

Waktu pengukuran dilakukan selama aktifitas 24 jam (LSM) dengan cara pada siang hari tingkat aktifitas yang paling tinggi selama 16 jam (LS) pada selang waktu 06.00 - 22.00 dan aktivitas dalam hari selama 8 jam (LM) pada selang 22.00 - 06.00.

Setiap pengukuran harus dapat mewakili selang waktu tertentu dengan menetapkan paling sedikit 4 waktu pengukuran pada siang hari dan pada malam hari paling sedikit 3 waktu pengukuran, sebagai contoh:

- L1 diambil pada jam 07.00 mewakili jam 06.00 - 09.00
- L2 diambil pada jam 10.00 mewakili jam 09.00 - 11.00
- L3 diambil pada jam 15.00 mewakili jam 14.00 - 17.00

- L4 diambil pada jam 20.00 mewakili jam 17.00 - 22.00
- L5 diambil pada jam 23.00 mewakili jam 22.00 - 24.00
- L6 diambil pada jam 01.00 mewakili jam 24.00 - 03.00
- L7 diambil pada jam 04.00 mewakili jam 03.00 - 06.00

Keterangan :

Leq: Equivalent Continuous Noise Level atau Tingkat Kebisingan Sinambung Setara ialah nilai tingkat kebisingan dari kebisingan yang berubah-ubah (fluktuatif) selama waktu tertentu, yang setara dengan tingkat kebisingan dari kebisingan yang ajeg (steady) pada selang waktu yang sama. Satuannya adalah dB(A).

$L_{TM5}$  = Leq dengan waktu sampling tiap 5 detik

$L_S$  = Leq selama siang hari

$L_M$  = Leq selama malam hari

$L_{SM}$  = Leq selama siang dan malam hari

Perhitungan:

$L_S$  dihitung sebagai berikut :

$$L_S = 10 \log 1/16 \{T_1 \cdot 10^{0,1 L_1} + \dots + T_4 \cdot 10^{0,1 L_4}\} \text{ dB(A)}$$

$L_M$  dihitung sebagai berikut :

$$L_M = 10 \log 1/8 \{T_5 \cdot 10^{0,1 L_5} + \dots + T_7 \cdot 10^{0,1 L_7}\} \text{ dB(A)}$$

Untuk mengetahui apakah tingkat kebisingan sudah melampaui tingkat kebisingan maka perlu dicari nilai  $L_{SM}$  dari pengukuran lapangan.  $L_{SM}$  dihitung dari rumus :

$$L_{SM} = 10 \log 1/24 \{16 \cdot 10^{0,1 L_S} + 8 \cdot 10^{0,1 (L_M+5)}\} \text{ dB(A)}$$

Evaluasi

Nilai  $L_{SM}$  yang dihitung dibandingkan dengan nilai baku tingkat kebisingan yang ditetapkan dengan toleransi + 3 db(A)

Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi yang menyangkut tentang bunyi. Dengan demikian tuntaslah sudah materi yang dibahas pada topik yang pertama ini. Selanjutnya, Anda dapat mengerjakan soal-soal yang ada pada latihan 1 berikut ini

## Latihan

Petunjuk: Harap Anda perhatikan soal-soal latihan di bawah ini, kemudian jawablah dengan seksama sesuai dengan pertanyaan yang diajukan berdasarkan pembahasan topik 1 tentang bunyi yang telah anda pelajari. Selanjutnya Anda dapat mencocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang ada dari tiap soal:

- 1) Diketahui tingkat intensitas bunyi suatu mesin produksi adalah 80 dB. Berapakah tingkat intensitas bunyi 100 buah mesin produksi yang dioperasikan secara bersamaan ?
- 2) Sebuah mesin produksi mempunyai tingkat intensitas bunyi 80 dB. Berapa mesin produksi yg diperlukan untuk bersaing dengan mesin pesawat jet tempur yg sedang tinggal landas dengan tingkat intensitas bunyi 130 dB ?
- 3) sebuah sumber bunyi memiliki intensitas bunyi =  $10^{-2}$  W/m<sup>2</sup> pada jarak 10 m. Hitunglah tingkat intensitas bunyi ( $L_1$ ), bila jarak digandakan menjadi 20m

### Petunjuk Jawaban Latihan 1

1) Jawab :

1 buah mesin

$$L_{11} = 10 \log (I_1/I_0)$$

$$80 = 10 \log (I_1/10^{-12})$$

$$8 = \log (I_1/10^{-12})$$

$$10^8 = I_1/10^{-12}$$

$$I_1 = 10^8 \times 10^{-12}$$

$$I_1 = 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

100 buah mesin

$$L_{12} = 10 \log (I_2/I_0)$$

$$= 10 \log (100I_1/10^{-12})$$

$$= 10 \log (100 \times 10^{-4} / 10^{-12})$$

$$= 10 \log 10^{10}$$

$$= 100 \text{ dB}$$

Jika seratus mesin dioperasikan secara bersamaan maka tingkat intensitas bunyinya menjadi 100 dB

2) Pada contoh soal sebelumnya bahwa 1 buah mesin produksi dengan tingkat intensitas bunyi sebesar 80 dB mempunyai intensitas bunyi  $10^{-4}$  W/m<sup>2</sup>. Dimisalkan diperlukan Y mesin produksi untuk mencapai tingkat intensitas bunyi 130 dB, maka:

$$L_1 = 10 \log (I/I_0)$$

$$130 = 10 \log (Y \times 10^{-4} / 10^{-12})$$

$$= 10 \log (Y \times 10^8)$$

$$13 = \log Y + \log 10^8 = \log Y + 8$$

$$\text{Log } Y = 5$$

$$Y = 100.000$$

⇒ diperlukan 100.000 buah mesin produksi yang dioperasikan secara bersamaan untuk mencapai tingkat intensitas bunyi 130 dB

3) Intensitas bunyi pd jarak 10 m =  $I_1 = 10^{-2} \text{ W/m}^2$ . Menurut teori pengandaan jarak berarti pengurangan intensitas bunyi menjadi  $\frac{1}{4}$  nya. Jadi pd jarak 20 m =  $I_2 = 0,25 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$

4)  $\Rightarrow$  Tingkat intensitas bunyi pada jarak 10 m

5)  $L_{11} = 10 \log (I_1/I_0)$

a.  $= 10 \log (10^{-2}/10^{-12})$

b.  $= 10 \log 10^{10}$

c.  $= 100 \text{ dB}$

$\Rightarrow$  Tingkat intensitas bunyi pd jarak 20

m

$$L_{12} = 10 \log (I_1/I_0)$$

$$= 10 \log (0,25 \times 10^{-2}/10^{-12})$$

$$= 10 \log (25 \times 10^8)$$

$$= 10 (\log 25 + 8)$$

$$= 94 \text{ dB}$$

Dengan demikian tingkat intensitas bunyi pada jarak 20 m menjadi sebesar 94 dB

## Ringkasan

Bunyi didefinisikan sebagai gelombang getaran mekanis dalam udara atau benda padat yg msh bisa ditangkap oleh telinga normal manusia, dengan rentang frekuensi antara 20 – 20.000 Hz

Sumber Bunyi bisa berasal dari alam, contoh : Pohon tumbang, desiran angin, hampasan ombak, petir , dsb juga berasal dari buatan manusia, contoh : Bunyi kendaraan/mesin, alat musik, sound system, dsb

Bunyi memiliki sifat instrinsik bunyi seperti: merupakan gerakan harmonik, merupakan suatu gelombang, memiliki frekuensi, mempunyai kecepatan, memiliki tekanan, memiliki intensitas dan amplitudo.

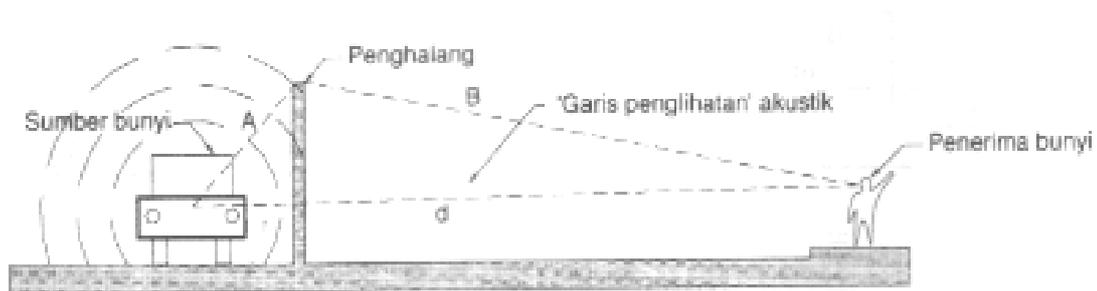
Sifat ekstrinsik bunyi yaitu: dipengaruhi oleh medium, mengalami refleksi dan refraksi, mengalami attenuasi dan diabsorpsi oleh media

Intensitas bunyi adalah banyaknya energi bunyi per unit luasan, diukur dengan satuan Watt/m<sup>2</sup> sedangkan Tingkat bunyi (sound level) adalah perbandingan logaritmis energi suatu sumber bunyi dengan energi sumber bunyi acuan, diukur dalam dB. Energi sumber bunyi acuan adalah energi sumber bunyi terendah yg msh dpt didengar manusia, yaitu sebesar 10-12 W/m<sup>2</sup>. Tingkat bunyi ini yang biasa digunakan untuk mengukur kebisingan

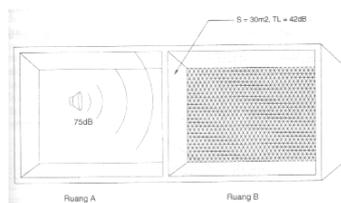
## Tes 1

Jawablah pertanyaan ini dengan benar

- 1) Sebuah kendaraan melintas dekat dinding (berlaku sbg penghalang bunyi). Tingkat intensitas bunyi yg dikeluarkan oleh kanpot kendaraan tsb 80 dB. Tinggi dinding dari jalan 3m. Tinggi kanpot dari jalan 0,5 m. Jarak kendaraan dg dinding 2m. Jarak orang dengan dinding 9,8 m.
  - a) Hitung tingkat intensitas bunyi yg didengar oleh orang yg berada dibalik dinding tersebut untuk frekuensi 1000 Hz.
  - b) Hitung pula jika dinding ditinggikan menjadi 5 m.



- 2) Diketahui konstruksi dinding setengah bata, lebar 115 mm, mempunyai massa 220 kg/m<sup>2</sup>.
  - a) Berapakah kehilangan transmisi (transmission loss) rata-rata.
  - b) Berapakah TL untuk frekuensi 125, 250, 1000 dan 4000 Hz.
- 3) diketahui tingkat intensitas bunyi sumber suara di ruangan A = 75 dB. Ruangan B mempunyai peredaman total (a) = 200 Sabin. Sedangkan kehilangan transmisi (TL) dinding antara ruang A dan B = 42 dB. Luas dinding pembatas antara ruang A dan B yaitu S = 30 m<sup>2</sup>. Hitunglah pengurangan bunyi (NR) oleh dinding dan berapa tingkat intensitas bunyi dari sumber suara yang terdengar di ruangan B



## Topik 2 Cahaya

Saudara mahasiswa, dalam Topik 2 ini kita akan membahas terkait dengan konsep cahaya. Dalam kehidupan sehari-hari kita memerlukan cahaya. Cahaya adalah bentuk pancaran energi yang memiliki kapasitas atau kemampuan untuk merangsang sensasi penglihatan sedangkan sinar biasanya digunakan untuk menunjukkan bentuk energi gelombang elektromagnetik, mis : sinar X, sinar gamma dan sinar kosmis.

Selanjutnya, pembahasan materi yang menyangkut tentang cahaya, fokusnya lebih mengarah pada sifat dan tingkah laku cahaya, fenomena cahaya serta cara pengukuran cahaya.

### A. SIFAT DAN TINGKAH LAKU CAHAYA

#### 1. Sifat esensial cahaya

##### a. Perambatan Cahaya

Cahaya merambat dari suatu tempat ke tempat lain. Sebagai contoh cahaya lampu senter, cahaya bergerak dalam satu arah, berkas cahaya bergerak kira-kira dalam satu garis lurus.

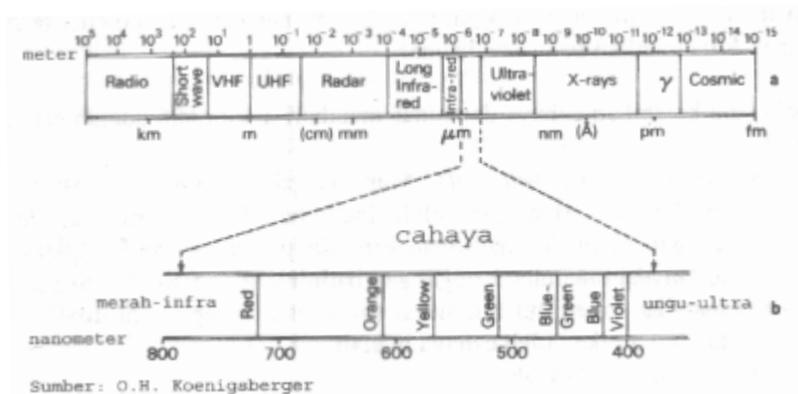
##### b. Warna Cahaya

Th. 1666 Isaac Newton melakukan percobaan: berkas cahaya matahari dilewatkan dalam suatu prisma glass. Kesimpulan : cahaya matahari merupakan campuran warna cahaya

Berdasarkan Teori Elektromagnetik, diperoleh hubungan warna cahaya, panjang gelombang & frekuensi, sbb :

Tabel.2.1.  
Hubungan Antara Warna Cahaya, Panjang Gelombang dan Frekuensi

Warna cahaya	Panjang gel (nanometer)	Frekuensi (Hertz)
Violet	400 – 450	$7,5 - 6,6 \times 10^{14}$
Biru	450 – 500	$6,6 - 6,0 \times 10^{14}$
Hijau	500 – 570	$6,0 - 5,27 \times 10^{14}$
Kuning	570 – 590	$5,27 - 5,08 \times 10^{14}$
Oranye	590 – 610	$5,08 - 4,92 \times 10^{14}$
Merah	610 – 700	$4,92 - 4,28 \times 10^{14}$



Gambar 2.1.  
Frekuensi dan Gelombang Cahaya Tampak dan Tidak Tampak

c. Kecepatan cahaya

1) Metoda astronomi

a) Peristiwa gerhana satelit Yupiter abad ke 17

Pengamatan dilakukan oleh Remer, waktu yg diperlukan melewati orbit bumi 22'. Berdasarkan nilai  $\Phi$  bumi diperoleh kecepatan Cahaya 214.000 km/det  
Penelitian selanjutnya dg cara yg sama diperoleh kec. Cahaya (c) 307.000 km/det

b) Berdasarkan abrasi cahaya

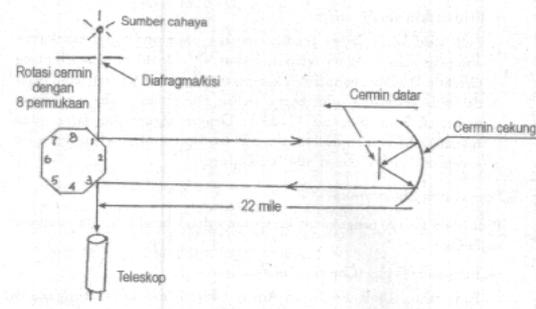
James Bradley (abad 18)  $\rightarrow$  observasi cahaya matahari  $\rightarrow$  mencapai bumi selama 8'12", jarak matahari ke bumi 93 juta mil  $\rightarrow$  kec. Cahaya 304.166 km/det

2) Pengukuran laboratorium

a) Metoda rotasi cermin

Th. 1850 oleh Frechman, Jean L Foucalt : Berkas cahaya dipantulkan oleh cermin yg berotasi dan diteruskan ke cermin cekung (jarak 20 m), kemudian dipantulkan kembali ke cermin datar, lalu ke cermin cekung dan selanjutnya ke cermin yg berotasi  $\rightarrow$  diperoleh kec. cahaya 298.000 km/det.

Tahun 1878 – 1879, Albert Michelson memodifikasi teknik tsb  $\rightarrow$  diperoleh kec. cahaya 299.910 km/det



Gambar 2.2. Metoda Rotasi Cermin

b) Metoda berdasarkan panjang gelombang

Tahun 1907 Edward B. Rosa dan N. Ernest Dorsey berdasarkan teori elektromagnetik → kec. cahaya pada ruang vakum merupakan kebalikan dari akar kuadrat permeabilitas vakum magnetik dengan permitivitas listrik → diperoleh kecepatan cahaya 299.710 km/det

d. *Interferensi cahaya*

Apabila dua gelombang cahaya saling menindih (super posisi) dalam sebuah ruang pada waktu yg sama maka akan terjadi interferensi.

e. *Momentum cahaya*

Momentum =  $E/c$  ;  $c$  = kec cahaya  
 $E$  =  $h.f$  ;  $f$  = frekuensi cahaya  
 $h$  = konstanta Plank  
 =  $6,6 \times 10^{-27}$  erg/det  
 =  $6,6 \times 10^{-34}$  j/det

Louis de Broglie (1892) menyatakan bahwa cahaya merupakan gelombang dan partikel.

Berdasarkan hukum momentum, maka :

Momentum ( $p$ ) = massa( $m$ ) x Kec( $c$ )

Energi foton  $E = m.c^2$

Energi cahaya  $E = h.f$

Kec cahaya ( $c$ ) = panj gel ( $l$ ) x frek ( $f$ )

Substitusi, maka :

$$l = h/p$$

f. *Sifat cahaya yg berhubungan dg pengukuran*

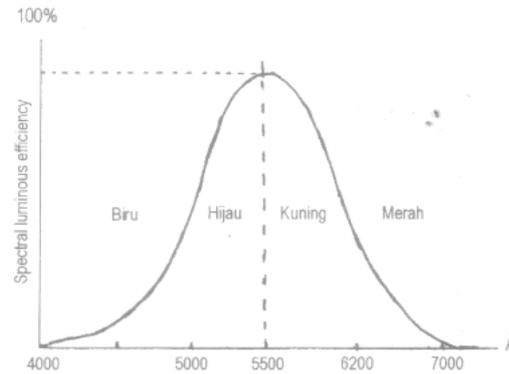
1) Fluks cahaya (arus cahaya)

a) Satuan : lumen

b) Sumber cahaya memancarkan energi elektromagnetik dg berbagai panjang gelombang pada daerah cahaya tampak dan tidak tampak

c) Daerah cahaya tampak : panjang gelombang 400 – 700 nm (4000 – 7000 Å)

d) Kepekaan mata terhadap cahaya bervariasi



Gambar 2.3  
Kepekaan Mata terhadap Cahaya

- e) Kepekaan mata thd panj gelombang 5500 Å (hijau kuning) → nilai 100%
- f) Panjang gelombang 5000 Å atau 6200 Å, nilai 30%
- g) Sensasi visual karena cahaya tampak tergantung :
  - energi cahaya/waktu yg mengenai mata
  - panjang gelombang cahaya
- h) Panjang gelombang cahaya 5000 Å dengan daya 1/680 watt ekuivalen dg 1 lumen
- i) ( 1 lumen ~ 1/680 watt)

2) Intensitas cahaya

Sumber cahaya selalu memancarkan energi ke segala arah. Daya yang diberikan oleh suatu sumber cahaya dinyatakan sebagai intensitas cahaya.

Intensitas cahaya tergantung jumlah lumen & pancaran dalam suatu daerah yg melalui sudut pancaran

Sudut pancaran cahaya :

$$\Omega = A/R^2$$

Dimana: A = Bagian dari luas permukaan yg terkena cahaya

R = Jari-jari bola

$\Omega$  = sudut pancaran dlm satuan steradian

Intensitas cahaya

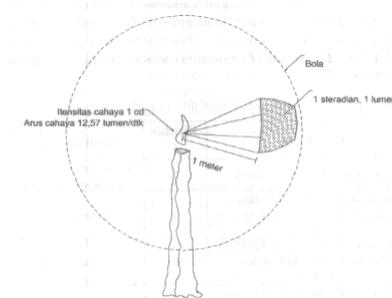
$$I = F/\Omega$$

Dimana: F = fluks cahaya

$\Omega$  = sudut pancaran (steradian )

I = lumen/steradian (candela)

Satu candela (lilin) adalah intensitas cahaya yg berasal dari suatu permukaan platina (1/60 cm<sup>2</sup>) dg boiling point 1790 OC. Sebagai perbandingan : 40 watt lampu pijar sebanding dg 35 candela



Gambar 2.4.  
Besaran Cahaya

3) Efikasi pencahayaan

Disebut juga efisiensi pencahayaan (luminous efficiency) yaitu perbandingan antara power output (total fluks cahaya) dengan total power input. Power input sebanding dengan radiant fluks dari cahaya listrik.

$$K = F_{\text{total}} / P ;$$

Dimana:  $F_{\text{total}}$  = fluks cahaya (lumen)

P = watt

K = lumen/watt

4) Kuat penerangan (illuminance)

Kuat penerangan suatu permukaan didefinisikan sbg total fluks cahaya yg datang (F) per luas permukaan. Rumusnya:

$$E = F / A ;$$

Dimana: F = fluks cahaya (lumen)

A = m<sup>2</sup>

E = lumen/m<sup>2</sup> atau luks (Lx)

Jika lebih dari 1 sumber cahaya :

$$E_{\text{tot}} = E_1 + E_2 + \dots + E_n$$

$$= \Sigma E$$

$$= 1/A (\Sigma F)$$

## 2. Fenomena cahaya

### a. Emisi cahaya

Pada proses ini suatu foton diemisi dimana energinya terletak diantara 2 buah atom yang mempunyai frekuensi tertentu sesuai dengan frekuensi cahaya. Agar terdapat sejumlah cahaya yg diemisi, diperlukan sejumlah atom yg mengalami transisi dari energi yg tinggi ke tingkat energi yg rendah.

Contoh : sumber panas dari benda padat yg dipanaskan, timbul emisi cahaya melalui tiap atom dan dengan kuat mempengaruhi atom yg lain. Contoh lain : lampu pijar, mengemisi seluruh panjang gelombang cahaya dan puncak panjang gelombang tergantung suhu.

Panjang gelombang cahaya tergantung temperatur. Contohnya Sinar Infra merah → tidak dapat dilihat, tetapi pada temperatur  $> 500^{\circ}\text{C}$  → Emisi cahaya dlm batas spektrum cahaya tampak

### b. Absorpsi dan Transmisi Cahaya.

Berkas cahaya melewati materi → sebagian energi cahaya akan hilang melalui eksitasi atom dari materi tsb, bahkan berubah menjadi panas → Proses ini dikenal sbg Absorpsi →Tergantung jenis gelombang dan panjang gelombang cahaya serta jumlah materi (zat).

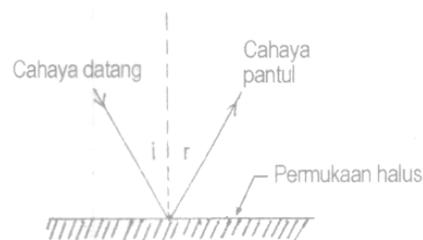
Ada berbagai jenis substansi yg memperlihatkan absorpsi selektif thd panjang gelombang. Sebagai contoh : Gelas dicat merah → gelas mengabsorpsi panjang gelombang pendek, tetapi mentransmisi cahaya merah sehingga tampak warna merah.

Selama ditransmisikan, cahaya mengalami attenuasi, terutama jika melewati suatu material atau jaringan →Intensitas, frekuensi maupun panjang gelombang cahaya mengalami perubahan.

### c. Sketer Cahaya

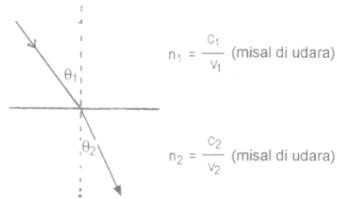
Proses pengurangan sejumlah cahaya yg melewati substansi karena proses sketer atau hamburan cahaya. Berbeda dengan absorpsi, cahaya tidak berkurang tetapi mengalami pembalikan arah. Contoh : Langit tampak biru karena sketer cahaya biru (gelombang pendek) dari cahaya matahari sewaktu melewati atmosfer

### d. Refleksi Cahaya



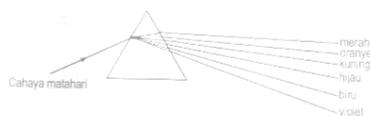
e. *Refraksi (pembiasan) Cahaya*

Bila cahaya melewati medium, mis dari udara ke gelas, maka kecepatan akan berubah yg menyebabkan lintasan cahaya menjadi lekuk. Fenomena ini dikenal dg nama refraksi.



f. *Dispersi*

Bila cahaya melewati prisma akan mengalami refraksi dan terpisah menjadi beberapa komponen warna. Peristiwa ini dikenal dg nama dispersi



g. *Difraksi*

Merupakan penyebaran berkas cahaya setelah melewati tepi suatu hambatan



**Cara Pengukuran Pencahayaan**

Alat yang digunakan Luks meter

Cara Pengoperasian:

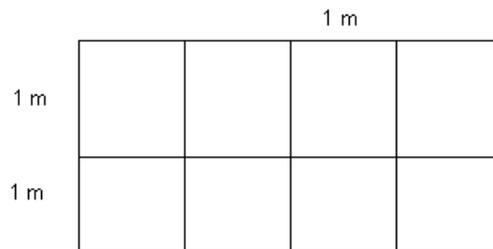
- 1) Nyalakan alat luks meter dengan membuka tutup sensor
- 2) Lakukan kalibrasi internal sesuai dengan spesifikasi alat
- 3) Tentukan titik pengukuran cahaya

Titik pengukuran tergantung tujuan dilakukan pengukuran :

- a) c.1. Kalau untuk penerangan setempat titik pengukurannya obyek kerja, bisa berupa meja kerja maupun peralatan. Bila merupakan meja kerja, pengukuran dapat dilakukan di atas meja yang ada.
- b) c.2. Kalau untuk pengukuran penerangan umum, penentuan titik pengukurannya berupa titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan pada setiap jarak tertentu setinggi satu meter dari lantai.

Jarak tertentu tersebut dibedakan berdasarkan luas ruangan sebagai berikut:

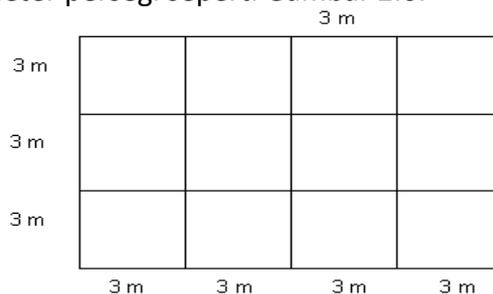
- a) Luas ruangan kurang dari 10 meter persegi: titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 1(satu) meter.  
 Contoh denah pengukuran intensitas penerangan umum untuk luas ruangan kurang dari 10 meter persegi seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.5.

*Penentuan Titik Penerangan Umum dengan Luas lantai Kurang dari 10 m<sup>2</sup>*

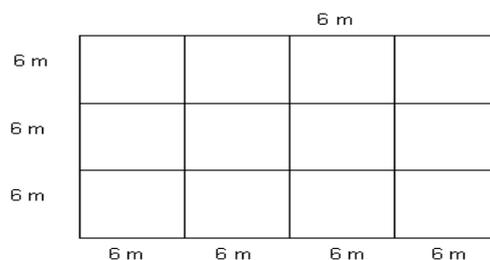
- b) Luas ruangan antara 10 meter persegi sampai 100 meter persegi: titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 3 (tiga) meter.  
 Contoh denah pengukuran intensitas penerangan umum untuk luas ruangan antara 10 meter sampai 100 meter persegi seperti Gambar 2.6.



Gambar2.6.

*Penentuan Titik Penerangan Umum dengan Luas lantai antara 10 m<sup>2</sup> sampai 100 m<sup>2</sup>*

- c) Luas ruangan lebih dari 100 meter persegi: titik potong horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak 6 meter  
 Contoh denah pengukuran intensitas penerangan umum untuk ruangan dengan luas lebih dari 100 meter persegi seperti Gambar 2.7.



Gambar 2.7.

*Penentuan Titik Penerangan Umum dengan Luas lantai antara 10 m<sup>2</sup> sampai 100 m<sup>2</sup>*

- 4) Bawa alat ke tempat titik pengukuran yang telah ditentukan, baik pengukuran untuk intensitas penerangan setempat atau umum.
- 5) Baca hasil pengukuran pada layar monitor setelah menunggu beberapa saat sehingga didapat nilai angka yang stabil.
- 6) Lakukan Pengukuran selama tiga kali kemudian dirata-ratakan

Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi yang menyangkut tentang cahaya. Dengan demikian tuntaslah sudah materi yang dibahas pada topik yang kedua ini. Selanjutnya, Anda dapat mengerjakan soal-soal yang ada pada latihan 2 berikut ini

## Latihan

Petunjuk: Harap Anda perhatikan soal-soal latihan di bawah ini, kemudian jawablah dengan seksama sesuai dengan pertanyaan yang diajukan berdasarkan pembahasan topik 2 tentang cahaya yang telah anda pelajari. Selanjutnya Anda dapat mencocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang ada dari tiap soal:

- 1) Sumber cahaya monokromatik menghasilkan energi cahaya dengan daya 2 watt pada  $5000 \text{ \AA}$ . Hitung fluks cahaya yg dihasilkan!
- 2) Hitunglah daya (P) yg memancarkan cahaya pada panjang gelombang  $500 \text{ nm}$  menghasilkan benderang cahaya yg sama dg sumber cahaya lain (Pm) dg daya  $6,6 \text{ mW}$  dan panj gel  $550 \text{ nm}$ .

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Jawab :
  - $1 \text{ lumen} \sim 1/680 \text{ watt}$ , shg  $1 \text{ watt} = 680 \text{ lumen}$
  - $2 \text{ watt energi cahaya} = 1360 \text{ lumen}$
  - Pd kurva luminasi, respon visual pd daerah  $5000 \text{ \AA}$  sekitar  $30\%$ , sehingga :
  - $1360 \text{ lumen} \times 30\% = 408 \text{ lumen}$
- 2) Jawab :

Pada kurva luminasi, respon visual :

$$P_m/P = 30\%$$
$$6,6 \text{ mW}/P = 30/100$$
$$P = 660/30 = 22 \text{ mW}$$

## Ringkasan

Cahaya (light) adalah gelombang elektromagnet yg mempunyai panjang natara  $380$  hingga  $700 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) dengan urutan warna: ungu, nila, biru, hijau, kuning, jingga, merah. Ultra violet dan infra merah dapat terlihat hanya dengan bantuan optik khusus.

UV (290 – 380 nm) berdaya kimia sedangkan IM (700 – 2300 nm) berdaya panas. Kecepatan cahaya  $3 \times 10^8$  m/det.

Cahaya matahari (sunlight) mempunyai gelombang antara 290 hingga 2300 nm, memiliki spektrum lengkap dari UV sampai IM. Mata manusia paling peka terhadap cahaya kuning (550 nm)

Cahaya buatan (artificial light) cahaya yang bersumber dari alat yg diciptakan manusia, seperti : lampu pijar, lilin, obor, dsb. Lawannya adalah cahaya alami yaitu cahaya yang bersumber dari alam seperti : matahari, lahar panas, fosfor di pohon-pohon, kilat, dsb.

Keuntungan (advantages) Cahaya matahari:

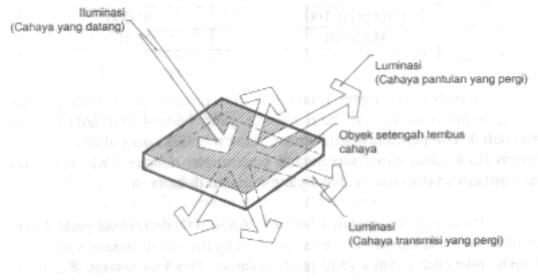
- Bersifat alami
- Tersedia berlimpah
- Tersedia secara gratis
- Terbaharui (tidak habis-habis sampai matahari padam)
- Memiliki spektrum cahaya lengkap
- Memiliki daya panas dan kimiawi yg diperlukan bagi mahluk hidup di bumi
- Dinamis, arah sinar matahari selalu berubah oleh rotasi bumi maupun peredaran bumi mengelilingi matahari. Intensitas cahaya yg berubah-ubah oleh adanya halangan awan yg melintas akan memberikan efek gelap-terang yg menambah kesan dinamis

Kerugian (disadvantages) Cahaya matahari

- Pada bangunan berlantai banyak dan gemuk (berdenah rumit) sulit untuk memanfaatkan cahaya matahari
- Intensitas tidak mudah diatur, dapat sangat menyilaukan atau sangat redup
- Pada malam hari tidak tersedia
- Sering membawa serta panas masuk ke dalam ruangan
- Dapat memudarkan warna

Tabel 2.2.  
Sistem Satuan Warna

Kesatuan	Simbo l	Satuan	Simbol satuan
Kuat cahaya (Intensitas cahaya)	I	Lilin (candela, <i>candlepower</i> )	cd
Arus cahaya, yaitu jumlah banyak cahaya (Q) per satuan waktu (t); $\Phi = Q/t$	$\Phi$	lumen	lm
Arus cahaya yang datang (iluminan) per satuan luas permukaan $E=Q/A$	E	Lux	lx
Arus cahaya yang pergi (luminan) per satuan luas permukaan $IL=I/A$	IL	cd/m <sup>2</sup>	Cd/m <sup>2</sup>



*Gambar 2.8.  
Perbedaan Iluminasi dan luminasi*

## Tes 2

Jawablah soal di bawah ini dengan benar

- 1) Hitunglah efikasi pencahayaan sebuah lampu 200 watt, jika rata-rata intensitas cahayanya 294 candela?
- 2) Hitunglah illuminan total suatu permukaan dengan luas  $2,0 \text{ m}^2$ , apabila permukaan tersebut menerima sumber cahaya masing-masing sebesar 20 dan 80 lumen

## Topik 3 Panas Radiasi

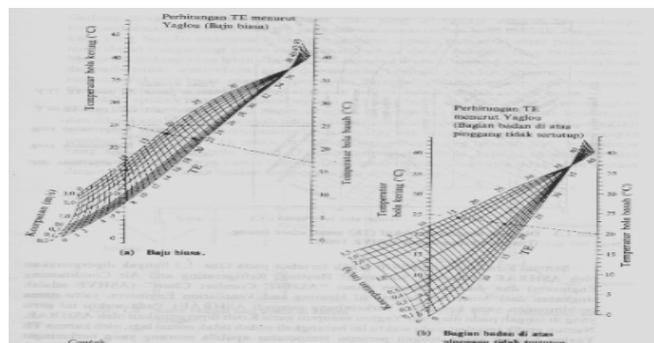
Saudara mahasiswa, dalam Topik 3 ini kita akan membahas terkait dengan konsep panas radiasi. Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak terlepas dari panas radiasi. Sebagai contoh pada tahun 1905, Frugge, ahli kesehatan, mengemukakan teori manusia harus mengeluarkan panas yang dihasilkan sebagai akibat kerja yang dilakukannya, jika tidak (karena temperatur dan kondisi udara sekeliling tidak memungkinkan hal tersebut terjadi dengan baik) maka ia akan merasakan keadaan yang tidak menyenangkan

Selanjutnya, pembahasan materi yang menyangkut tentang panas radiasi, fokusnya lebih mengarah pada kemampuan penyesuaian (Adaptability), Diagram Psikrometrik dan Sifat Udara Basah dan pengukuran iklim kerja.

### A. PANAS RADIASI

Tahun 1777, Lavoisier, ahli kimia, menyimpulkan bahwa kenaikan kadar  $CO_2$  di dalam ruangan akibat pernafasan manusia menyebabkan sesak & panas. Tahun 1858, Max von Pettenkofer, ahli kesehatan, mengajukan hipotesa manusia mengeluarkan zat beracun yaitu  $CO_2$ .

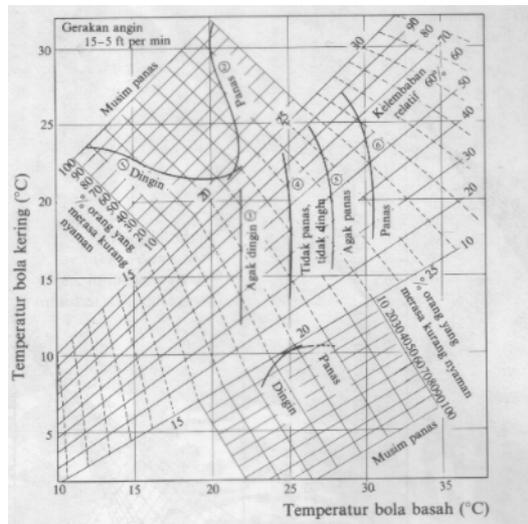
Tahun 1923 Yaglou menyiapkan 2 ruangan psikrometrik. Ruang 1 berudara tenang, tanpa angin, kelembaban 100%. Ruang 2, temperatur, kelembaban dan gerakan udara dapat divariasikan. Yaglou ingin menentukan beberapa kombinasi dari ketiga factor tersebut di atas sehingga terjadi kondisi atmosfer yang dapat memberikan rasa yang sama dengan kondisi atmosfer di dalam ruang 1. Kondisi atmosfer tersebut dinyatakan dengan "Temperatur Efektif" (TE). Hal tersebut dilakukan berdasarkan pengamatan terhadap seseorang yang memasuki ruang 2 setelah sebelumnya berada di ruang 1. Dalam kenyataannya, kecepatan udara di dalam ruangan sangat rendah, sehingga TE dilukiskan sebagai kombinasi dari temperatur dan kelembaban saja. Hasil percobaan Yaglou dituangkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 3.1. di bawah ini:



*Gambar 3.1. Temperatur Efektif Yaglou*

Setelah Yaglou, Koch dan asistennya melakukan penelitian terhadap keadaan pegawai yang bekerja di kantor yang dilengkapi dengan system penyegaran udara, untuk waktu yang lama. Ia menyatakan bahwa kelembaban udara tidak berpengaruh terhadap temperatur efektif. Hasil penelitian juga pada gambar 3.2.

Dari gambar 3.1. dan 3.2. terlihat bahwa Temperatur Efektif (TE) Yaglou hampir sama dengan persepsi temperatur apabila seseorang yang berkeringat masuk ke dalam ruangan yang disegarkan udaranya. Bahkan pada temperatur tinggi orang dapat merasa dingin karena terjadinya penguapan keringat yang membasahi badan dan bajunya. Sebaliknya garis Koch menunjukkan ciri-ciri persepsi temperatur bagi orang yang sudah lama berada di dalam ruangan yang disegarkan udaranya, sehingga tidak merasakan pengaruh kelembaban udara.



Gambar 3.2. Temperatur Efektif Koch

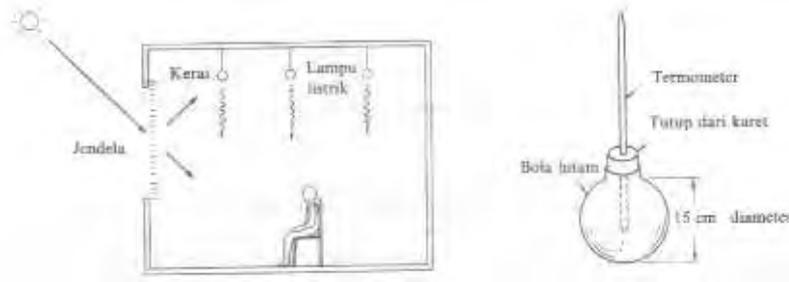
Pada dasarnya prinsip penyegaran ruangan berpedoman pada kondisi di bawah ini :

Tabel 3.1. Prinsip penyegaran Ruangan

Temperatur °C	Kelembaban Relatif, %	Jenis Ruangan
27	50-55	Tempat tinggal biasa
26	50-55	Tempat tinggal mewah, atau ruangan yang dikenai panas radiasi

Pengaruh panas radiasi terhadap manusia, bisa dijelaskan sebagai berikut : Sebuah bola hitam, dimana didalamnya dipasang sebuah termometer dan diletakkan di tengah-tengah ruangan sebagai pengganti orang. Jika sebuah termometer (bola kering) lain dipasang juga di di dalam ruang tersebut, maka perbedaan temperatur antara bola hitam

dan bola kering menunjukkan besarnya panas radiasi. Manusia tidak akan merasa dingin kecuali jika perbedaan temperaturnya lebih besar (Gambar 3.3.).



Gambar 3.3. Panas Radiasi

## B. KEMAMPUAN PENYESUAIAN (ADAPTABILITY)

Dalam lingkungan yang dingin saluran darah akan mengerut untuk mengurangi kerugian panas yang diakibatkan oleh radiasi dari kulit. Oleh karena itu permukaan kulit menjadi lebih dingin.

Sebaliknya dalam lingkungan yang panas, saluran darah akan mengembang sehingga radiasi dari kulit akan bertambah besar. Jika lebih panas lagi, tubuh akan berkeringat dan proses penguapan keringat akan mendinginkan kulit.

Dari penelitian ternyata temperatur rata-rata permukaan kulit manusia yang terbaik adalah 33 °C. Hal ini dapat dicapai bila panas radiasi tersebut sesuai dengan jumlah panas yang dihasilkan oleh badan. Orang tidak akan merasa panas atau dingin tiba-tiba jika temperatur kulit berubah sedikit saja. Batas keadaan netralnya (neutral band) ditetapkan 1,5 °C.

Oleh karena tubuh manusia bereaksi dengan cepat apabila dikenai udara dingin, yaitu mengerutnya saluran darah, maka perbedaan temperatur udara luar dengan temperatur ruangan yang didinginkan sebaiknya tidak lebih dari 7 °C.

Apabila di dalam suatu ruangan dinding - dinding sekitarnya panas, akan mempengaruhi kenyamanan seseorang di dalam ruangan tersebut, meskipun temperatur udara disekitarnya sesuai dengan tingkat kenyamanannya (misalnya di dekat oven atau dapur).

Usahakan temperatur radiasi rata-rata sama dengan temperatur udara kering ruangan. Apabila temperatur radiasi rata-rata lebih tinggi dari temperatur udara kering ruangan, maka temperatur udara ruangan rancangan dibuat lebih rendah dari temperatur rancangan biasanya.

Temperatur operatif didefinisikan sebagai temperatur rata-rata dari temperatur radiasi rata-rata dan temperatur udara kering ruangan. Untuk kecepatan udara yang rendah ( $V = 0,1$  m/detik), besarnya temperatur operatif :

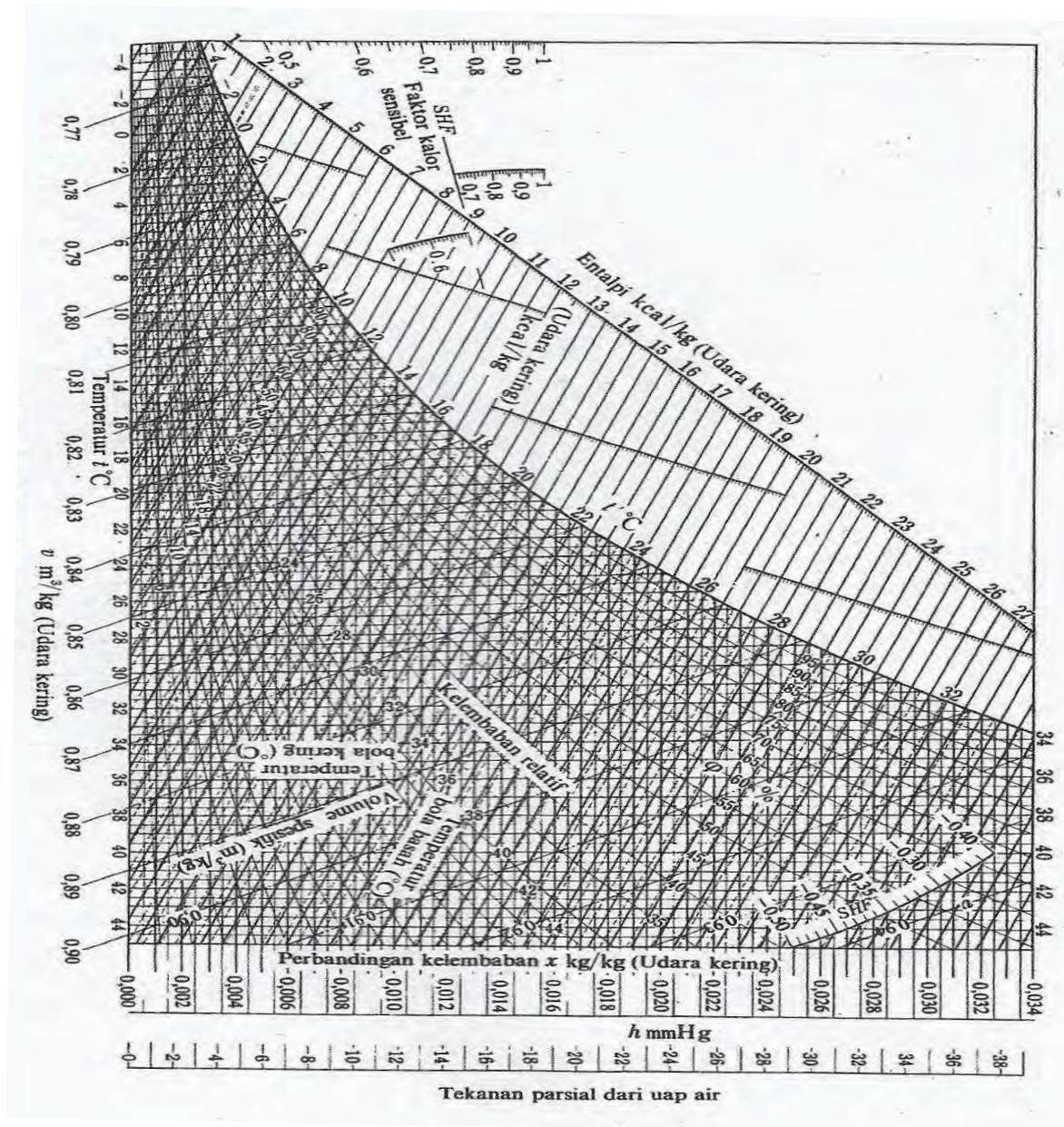
$$t_{OP} = \frac{t_{RAD} + t_{RUANGAN}}{2}$$

### C. DIAGRAM PSIKROMETRIK DAN SIFAT UDARA BASAH

Sifat termal dari udara basah pada umumnya ditunjukkan dengan mempergunakan diagram psikrometri (Gambar 3.4.). Terdapat beberapa istilah yang digunakan sebagai berikut

#### 1. Temperatur bola kering, $t$ (°C)

Temperatur yang terbaca pada termometer bola kering



Gambar 3.4. Diagram Psikrometrik

**2. Temperatur bola basah,  $t'$  (oC)**

Temperatur yang terbaca pada temperatur bola basah

**3. Tekanan parsial uap air,  $f$  (mmHg) (1mmHg = 1,334 mb)**

$$f \leq f' - 0,5(t - t') \frac{\text{Tekanan atmosfer, mmHg}}{755} \quad \text{Pers empirik Sprung (1)}$$

dimana :  $t$  = temperatur bola kering (°C)  
 $t'$  = temperatur bola basah (°C)  
 $f'$  = tekanan uap jenuh pada  $t'$  (mmHg)

**4. Perbandingan kelembaban,  $x$  (kg/kg udara kering, kg/kg<sub>ud</sub>, kg/kg')**

Perbandingan antara berat uap air dan berat udara kering yang ada di dalam udara (lembab). Hubungan antara tekanan uap ( $f$ ) dan perbandingan kelembaban ( $x$ ) adalah :

**5. Kelembaban relatif,  $R_h$  (%)**

Adalah perbandingan antara tekanan parsial uap air yang ada di udara dan tekanan jenuh uap air pada temperatur yang sama.

**6. Volume spesifik (udara lembab),  $v$  (m<sup>3</sup>/kg)**

Volume spesifik adalah volume udara lembab per 1 kg udara kering

**7. Titik embun,  $t''$  (°C)**

Adalah temperatur air pada keadaan dimana tekanan uapnya sama dengan tekanan uap dari udara lembab. Jadi pada temperatur tersebut uap air dalam udara mulai mengembun dan hal tersebut terjadi apabila udara lembab didinginkan.

**8. Entalpi, (kcal/kg')**

Adalah energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada suatu temperatur tertentu. Maka entalpi dari udara lembab dengan perbandingan kelembaban  $X$ , pada temperatur  $t^\circ\text{C}$ , didefinisikan sebagai sejumlah energi kalor yang diperlukan untuk memanaskan 1 kg udara kering dan  $X$  kg air (dalam fase cair) dari  $0^\circ\text{C}$  sampai mencapai  $t^\circ\text{C}$  dan menguapkannya menjadi uap air (fase gas).

**9. Prosentase kelembaban (perbandingan jenuh),  $\psi$  (%)**

Adalah perbandingan (%) antara perbandingan kelembaban dari udara lembab dan perbandingan kelembaban jenuh pada temperatur yang sama.

## D. PENGUKURAN IKLIM KERJA

Iklm kerja (panas) merupakan salah satu faktor lingkungan fisik yang pengaruhnya cukup dominan terhadap kinerja sumber daya manusia bahkan pengaruhnya tidak terbatas pada kinerja saja melainkan dapat lebih jauh lagi, yaitu pada kesehatan dan keselamatan tenaga kerja. Untuk itu diperlukan standar mengenai pengukuran iklim kerja (panas) dengan parameter indeks suhu basah dan bola.

Standar pengukuran iklim kerja (panas) dengan parameter indeks suhu basah dan bola mencakup prinsip pengukuran, peralatan, prosedur kerja, penentuan titik pengukuran dan perhitungan. Teknisi yang menggunakan metoda ini harus seorang yang berkompentensi dalam melakukan pengukuran iklim kerja (panas).

Standar pengukuran ini merupakan cara pemantauan tempat kerja yang mempunyai potensi bahaya bagi tenaga kerja yang bersumber dari iklim kerja (panas). Dalam penerapannya di lapangan, pengukuran indeks suhu basah dan bola dilaksanakan bersamaan dengan perhitungan beban kerja yang di dibandingkan pada pembatasan waktu kerja sebagaimana diatur dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. Kep. 51/MEN/1999.

Iklm kerja (panas) hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi.

Suhu basah alami (natural wet bulb temperature) adalah suhu penguapan air yang pada suhu yang sama menyebabkan terjadinya keseimbangan uap air di udara, suhu ini diukur dengan termometer basah alami dan suhu tersebut lebih rendah dari suhu kering

Suhu kering (dry bulb temperature) adalah suhu udara yang diukur dengan termometer suhu kering

Suhu bola (globe temperature) adalah suhu yang diukur dengan menggunakan termometer suhu bola yang sensornya dimasukkan dalam bola tembaga yang dicat hitam, sebagai indikator tingkat radiasi

Indeks suhu basah dan bola (wet bulb globe temperature index) merupakan parameter untuk menilai tingkat iklim kerja yang merupakan hasil perhitungan antara suhu kering, suhu basah alami dan suhu bola.

### 1. Cara pengukuran

#### a. Prinsip

Alat diletakkan pada titik pengukuran sesuai dengan waktu yang ditentukan, suhu basah alami, suhu kering dan suhu bola dibaca pada alat ukur, dan indeks suhu basah dan bola diperhitungkan dengan rumus.

#### b. Peralatan

Alat-alat yang dipakai harus telah dikalibrasi oleh laboratorium yang terakreditasi untuk melakukan kalibrasi, minimal 1 tahun sekali.

Alat-alat yang digunakan terdiri dari:

- Termometer suhu basah alami yang mempunyai kisaran  $-5^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $50^{\circ}\text{C}$  dan bergraduasi maksimal  $0,5^{\circ}\text{C}$ .
- Termometer suhu kering yang mempunyai kisaran  $-5^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $50^{\circ}\text{C}$  dan bergraduasi maksimal  $0,5^{\circ}\text{C}$ .
- Termometer suhu bola yang mempunyai kisaran  $-5^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $100^{\circ}\text{C}$  dan bergraduasi maksimal  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

#### CATATAN

Peralatan ini merupakan peralatan minimal dan tidak membatasi penggunaan alat pengukur ISBB lainnya, tetapi hasil pengukuran yang diperoleh sama dengan hasil dari peralatan ini.

### 2. Prosedur kerja

Langkah-langkah prosedur kerja adalah sebagai berikut:

- a. Rendam kain kasa putih pada termometer suhu basah alami dengan air suling, jarak antara dasar lambung termometer dan permukaan tempat air 1 inci. Rangkaikan alat pada statif dan paparkan selama 30 menit - 60 menit.
- b. Rangkaikan termometer suhu kering pada statif dan paparkan selama 30 menit – 60 menit.
- c. Pasangkan termometer suhu bola pada bola tembaga warna hitam (diameter 15 cm, kecuali alat yang sudah dirakit dalam satu unit), lambung termometer tepat pada titik pusat bola tembaga. Rangkaikan alat pada statif dan paparkan selama 20 menit – 30 menit.
- d. Letakkan alat-alat tersebut di atas pada titik pengukuran dengan lambung termometer setinggi 1 meter – 1,25 meter dari lantai.
- e. Waktu pengukuran dilakukan 3 kali dalam 8 jam kerja yaitu pada awal shift kerja, pertengahan shift kerja dan akhir shift kerja.

### 3. Penentuan titik pengukuran

Letak titik pengukuran ditentukan pada lokasi tempat tenaga kerja melakukan pekerjaan.

#### CATATAN

Jumlah titik pengukuran disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuan dari kegiatan yang dilakukan.

### 4. Perhitungan

- a. Rumus dasar ISBB (Indeks Suhu Basah Bola)  
Ada 2 (dua) jenis rumus perhitungan ISBB, yaitu:

1) Rumus untuk pengukuran dengan memperhitungkan radiasi sinar matahari, yaitu tempat kerja yang terkena radiasi sinar matahari secara langsung:

$$ISBB = 0,7 SBA + 0,2 SB + 0,1 SK$$

2) Rumus untuk pengukuran tempat kerja tanpa pengaruh radiasi sinar matahari:

$$ISBB = 0,7 SBA + 0,3 SB$$

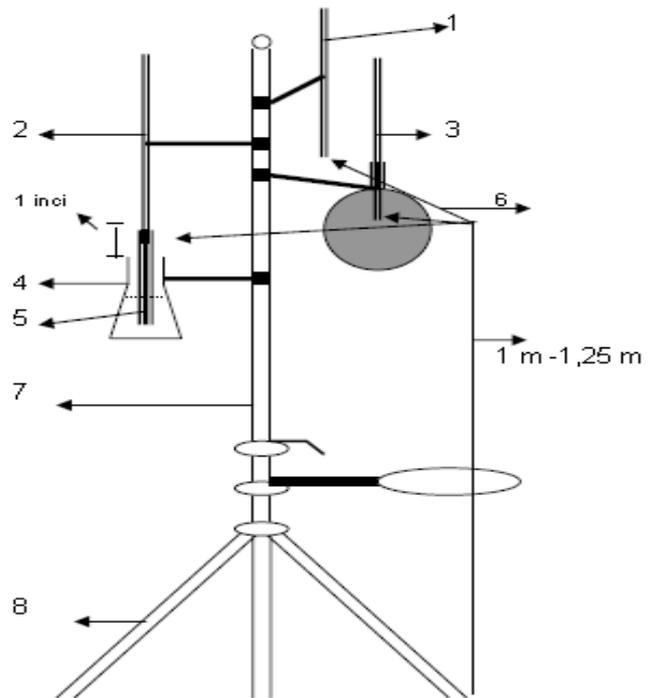
b. Rumus yang dikembangkan berdasarkan perpindahan lokasi kerja

Dalam hal pemaparan ISBB yang berbeda-beda karena lokasi kerja yang berpindahpindah menurut waktu, maka berlaku ISBB rata-rata dengan rumus sebagai berikut:

$$ISBB \text{ rata-rata} = \frac{(ISBB_1) (t_1) + (ISBB_2) (t_2) + \dots + (ISBB_n) (t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Dimana:

ISBB	: Indeks Suhu Basah dan Bola
ISBB <sub>1</sub>	: Indeks Suhu Basah dan Bola menurut waktu 1
ISBB <sub>2</sub>	: Indeks Suhu Basah dan Bola menurut waktu 2
ISBB <sub>n</sub>	: Indeks Suhu Basah dan Bola menurut waktu n
ISBB rata-rata	: Indeks Suhu Basah dan Bola diterima rata-rata selama waktu tertentu
SBA	: Suhu Basah Alami
SK	: Suhu Kering
SB	: Suhu Bola
t <sub>1</sub> , t <sub>2</sub> , t <sub>n</sub>	: Jangka waktu pemaparan selama ISBB <sub>1</sub> , ISBB <sub>2</sub> , ISBB <sub>n</sub> yang bersangkutan, dinyatakan dalam menit



**Keterangan gambar:**

- 1 Termometer suhu kering
- 2 Termometer suhu basah alami
- 3 Termometer suhu bola
- 4 Erlenmeyer 125 ml diisi air suling
- 5 Kain kasa
- 6 Bola tembaga
- 7 Statis
- 8 Tripot

*Gambar 3.5. Peralatan Untuk Pengukuran ISBB*

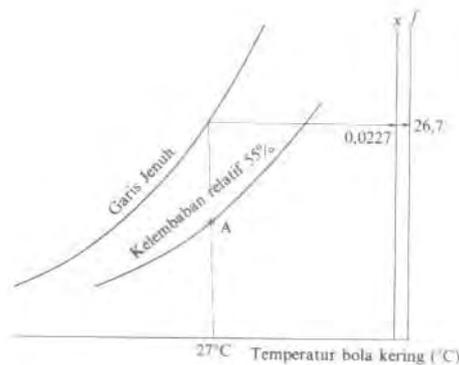
Demikianlah saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi yang menyangkut tentang panas radiasi. Dengan demikian tuntaslah sudah materi yang dibahas pada topik yang ketiga ini. Selanjutnya, Anda dapat mengerjakan soal-soal yang ada pada latihan 3 berikut ini

## Latihan

Tentukan besarnya tekanan parsial uap air jenuh  $f_s$  apabila temperaturnya  $27^\circ\text{C}$  dan perbandingan kelembaban jenuh  $X_s$  dengan menggunakan diagram psikrometrik

***Petunjuk Jawaban Latihan***

Tarik garis vertikal melalui titik A sampai memotong garis jenuh, lalu tarik garis horisontal sehingga memotong garis sumbu tekanan parsial uap dan sumbu perbandingan kelembaban (gambar 3.5.).



Gambar 3.6. Penggunaan Diagram Psikrometrik

Hasilnya :

$f_s$  (tekanan parsial uap jenuh) = 26,7 (26,73) mmHg

$X_s$  (perbandingan kelembaban jenuh) = 0,0227 (0,02267) kg/kg'

Hasil dalam ( ) diperoleh dari persamaan (2) dan (3)

## Ringkasan

Temperatur Efektif (TE) Yaglou hampir sama dengan persepsi temperatur apabila seseorang yang berkeringat masuk ke dalam ruangan yang disegarkan udaranya. Bahkan pada temperatur tinggi orang dapat merasa dingin karena terjadinya penguapan keringat yang membasahi badan dan bajunya. Sebaliknya garis Koch menunjukkan ciri-ciri persepsi temperatur bagi orang yang sudah lama berada di dalam ruangan yang disegarkan udaranya, sehingga tidak merasakan pengaruh kelembaban udara.

Pengaruh panas radiasi terhadap manusia, bisa dijelaskan sebagai berikut : Sebuah bola hitam, dimana didalamnya dipasang sebuah termometer dan diletakkan di tengah-tengah ruangan sebagai pengganti orang. Jika sebuah termometer (bola kering) lain dipasang juga di di dalam ruang tersebut, maka perbedaan temperatur antara bola hitam dan bola kering menunjukkan besarnya panas radiasi.

Temperatur operatif didefinisikan sebagai temperatur rata-rata dari temperatur radiasi rata-rata dan temperatur udara kering ruangan. Untuk kecepatan udara yang rendah ( $V = 0,1$  m/detik).

Sifat termal dari udara basah pada umumnya ditunjukkan dengan mempergunakan diagram psikrometri

Iklim kerja (panas) merupakan hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi.

## Tes 3

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan seksama

Tentukan temperatur bola basah, tekanan uap air, perbandingan kelembaban, volume spesifik, titik embun, entalpi dan presentase kelembaban dari udara lembab pada temperatur bola kering  $27^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban relatif 55%.

## Kunci Jawaban Tes

### Tes 1

1) a.  $A = 3,2 \text{ m}; B = 10,1 \text{ m}; d = 11,8 \text{ m}; f = 1000 \text{ Hz}$   
 $N = 0,006f(A + B - d) \text{ dB}$   
 $= 0,006(1000)(3,2 + 10,1 - 11,8) = 9 \text{ dB}$   
 $NR = 20 \log [(2\pi N)0,5/\tan(2\pi N)0,5] + 5 \text{ dB}$   
 $= 20 \log [(2 \times 3,14 \times 9)0,5/\tan (2 \times 3,14 \times 9)0,5] + 5$   
 $= 20 \log (7,52/0,12) + 5$   
 $= 20 \log 62,67 + 5$   
 $= 20 (1,797) + 5$   
 $= 40,94 \text{ dB}$

Jadi orang tersebut akan mendengar bunyi kendaraan dengan tingkat intensitas bunyi sebesar  $(80 - 40,94) \text{ dB} = 39,06 \text{ dB}$

b. Setelah dinding ditinggikan menjadi 5 m diperoleh  $A = 4,9 \text{ m};$   
 $B = 10,8 \text{ m}; d = 11,8 \text{ m}; f = 1000 \text{ Hz}$   
 $N = 0,006f(A + B - d) \text{ dB}$   
 $= 0,006(1000)(4,9 + 10,8 - 11,8) = 23,4 \text{ dB}$   
 $NR = 20 \log [(2\pi N)0,5/\tan(2\pi N)0,5] + 5 \text{ dB}$   
 $= 20 \log [(2 \times 3,14 \times 23,4)0,5/\tan (2 \times 3,14 \times 23,4)0,5] + 5$   
 $= 20 \log (12,12/0,19) + 5$   
 $= 20 \log 63,79 + 5$   
 $= 20 (1,8) + 5$   
 $= 41 \text{ dB}$

Jadi orang tersebut akan mendengar bunyi kendaraan dengan tingkat intensitas bunyi sebesar  $(80 - 41) \text{ dB} = 39 \text{ dB}$ .

Ternyata dengan peninggian tembok menjadi 5 m hanya memberikan selisih  $(39,06 - 39) \text{ dB} = 0,06 \text{ dB}$ . Suatu penurunan yg tdk berarti (significant).

2) Jawab :

a.  $TL_{\text{rata-rata}} = 18 \log M + 8$   
 $= 18 \log 220 + 8$   
 $= 18 (2,34) + 8$   
 $= 50,16 \text{ dB}$

Kehilangan transmisi pada frekuensi rata-rata sebesar 50,16 dB

b.  $TL_f = 18 \log M + 12 \log f - 25 \text{ dB}$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow TL_{125} &= 18 \log 220 + 12 \log 125 - 25 \\
 &= 18 (2,34) + 12 (2,1) - 25 \\
 &= 42,12 + 25,2 - 25 \\
 &= 42,32 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Kehilangan transmisi pada frekuensi 125 Hz sebesar 50,16 dB

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow TL_{250} &= 18 \log 220 + 12 \log 250 - 25 \\
 &= 18 (2,34) + 12 (2,4) - 25 \\
 &= 42,12 + 28,8 - 25 \\
 &= 45,92 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Kehilangan transmisi pada frekuensi 250 Hz sebesar 45,92 dB

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow TL_{1000} &= 18 \log 220 + 12 \log 1000 - 25 \\
 &= 18 (2,34) + 12 (3) - 25 \\
 &= 42,12 + 36 - 25 \\
 &= 53,12 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Kehilangan transmisi pada frekuensi 1000 Hz sebesar 53,12 dB

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow TL_{4000} &= 18 \log 220 + 12 \log 4000 - 25 \\
 &= 18 (2,34) + 12 (3,6) - 25 \\
 &= 42,12 + 43,2 - 25 \\
 &= 60,32 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Kehilangan transmisi pada frekuensi 4000 Hz sebesar 60,32 dB

3) Jawab :

$$\begin{aligned}
 NR &= TL - \log (S/a) \\
 &= 42 - \log (30/200) \\
 &= 42 - \log 0,15 \\
 &= 42 - (-0,82) \\
 &= 42,82 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Jadi tingkat intensitas bunyi yang terdengar di ruangan B adalah :

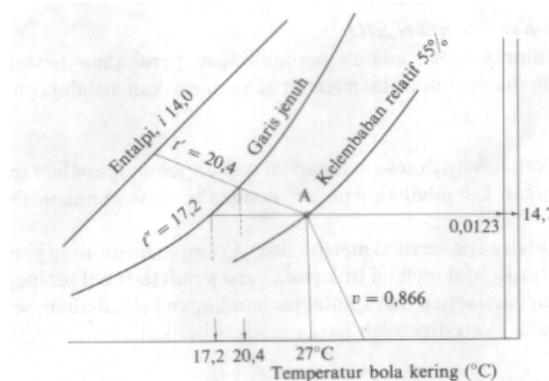
$$(75 - 42,82) \text{ dB} = 32,18 \text{ dB}$$

Tes 2

- 1)  $\Omega = A/R^2$   
 Luas permukaan sferis  $4\pi R^2$ , maka :  
 $\Omega = 4\pi R^2/R^2 = 4\pi$  steradian  
 $I = F_{tot}/\Omega$ , sehingga  $F_{tot} = 4\pi I$   
 $K = F_{tot}/P = 4\pi I/P$   
 $= (4\pi)(294 \text{ cd})/200 \text{ watt}$   
 $= 18,5 \text{ lumen/watt}$

- 2) Jawab :  
 $E_{total} = 1/A(\Sigma F)$   
 $= 1/2,0 (100) \text{ lumen/m}^2$   
 $= 50 \text{ Lx}$

Tes 3



Gambar 3.7. Penggunaan Diagram Psikrometrik

Dari gambar 3.6. diperoleh titik potong A antara temperatur dan garis kelembaban relatif 55%, selanjutnya dapat dicari :

- Temperatur bola basah :  $20,4 \text{ }^\circ\text{C}$  ( grs temp bola basah melalui ttk A)
- Tekanan parsial uap air,  $f$  :  $14,7 \text{ mmHg}$  (grs horisontal ke kanan)
- Perbandingan kelembaban  $X$  :  $0,0123 \text{ kg/kg'}$  (grs horisontal ke kanan)
- Titik embun,  $t'' = 17,2 \text{ }^\circ\text{C}$  (grs horisontal ke kiri)
- Entalpi,  $i$  :  $14,0 \text{ kcal/kg'}$  (lihat sumbu entalpi)
- Prosentase kelembaban menggunakan pers. (7)  
 $(0,0123/0,0227) \times 100\% = 54 \text{ \%}$ .

## Daftar Pustaka

- Alonso, M and E.J. Flinn, Fundamental University Physics, 2 Vols, 2nd ed, John Muray, London 1990
- Arismunandar, Wiranto, Penyegaran Udara, Cetakan keenam, PT Pradnya Paramita, Bandung 2002
- Bueche, F. Introduction to Physics for Scientists and Engineer, Sec Ed, 1980
- Campbell, Gaylon S dan Norman, John M, 2000, An Introduction to Environmental Biophysics, Second Edition, New York, Springler
- Gabriel J.F. Fisika kedokteran, EGC, Jakarta, 1996
- Alonso, M and E.J. Flinn, Fundamental University Physics, 2 Vols, 2nd ed, John Muray, London 1990
- Arismunandar, Wiranto, Penyegaran Udara, Cetakan keenam, PT Pradnya Paramita, Bandung 2002
- Bueche, F. Introduction to Physics for Scientists and Engineer, Sec Ed, 1980
- Campbell, Gaylon S dan Norman, John M, 2000, An Introduction to Environmental Biophysics, Second Edition, New York, Springler
- Gabriel J.F. Fisika kedokteran, EGC, Jakarta, 1996
- Alonso, M and E.J. Flinn, Fundamental University Physics, 2 Vols, 2nd ed, John Muray, London 1990
- Arismunandar, Wiranto, Penyegaran Udara, Cetakan keenam, PT Pradnya Paramita, Bandung 2002
- Bueche, F. Introduction to Physics for Scientists and Engineer, Sec Ed, 1980
- Campbell, Gaylon S dan Norman, John M, 2000, An Introduction to Environmental Biophysics, Second Edition, New York, Springler
- Gabriel J.F. Fisika kedokteran, EGC, Jakarta, 1996

## **BAB 4 TANAH**

*Darjati*

### **PENDAHULUAN**

Saudara mahasiswa, dalam Bab 4 ini kita akan membahas materi tentang tanah dan permasalahannya. Telah kita ketahui bawasannya tanah merupakan bagian penting dalam menunjang kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Selain itu, rantai makanan bermula dari tumbuhan. Manusia dan hewan hidup bergantung dari tumbuhan. Memang ada tumbuhan dan hewan yang hidup di laut, namun demikian sebagian besar makanan atau hewan yang kita makan berasal dari permukaan tanah. Oleh sebab itu, sudah menjadi kewajiban kita untuk menjaga kelestarian tanah agar tetap dapat mendukung kehidupan di muka bumi ini. Tidak sedikit dari kegiatan manusia yang menyebabkan terjadinya kerusakan atau perubahan terhadap fisik tanah. Selain terjadi pada air dan udara, pencemaran tanah pun juga terjadi akibat kegiatan manusia juga.

Adapun ruang lingkup materi yang akan dibahas pada Bab ini mencakup tentang ruang tanah, pencemaran tanah dan sumber pencemar, titik pengambilan sampel tanah, cara pengambilan sampel tanah untuk pemeriksaan fisik yang meliputi: suhu, berat jenis, dan kadar tanah air tanah, serta baku mutu tanah yang masih berlaku.

Selanjutnya, seluruh cakupan atau ruang lingkup materi yang telah disebutkan itu, akan disajikan ke dalam 4 (empat) topik.

- Topik 1: Ruang Lingkup Tanah
- Topik 2: Pencemaran tanah
- Topik 3: Titik pengambilan sampel tanah
- Topik 4:

Saudara mahasiswa, setelah mempelajari materi-materi yang disajikan pada Bab 4 ini diharapkan Anda dapat:

1. menjelaskan tentang definisi tanah menurut beberapa pakar dengan benar
2. menjelaskan tentang pencemaran tanah dan sumber pencemaran tanah dengan benar
3. menentukan titik pengambilan sampel tanah untuk pemeriksaan parameter fisik tanah dengan benar
4. titik pengambilan sampel tanah untuk pemeriksaan fisik tanah.
5. melakukan pemeriksaan parameter fisik tanah di lapangan maupun di laboratorium yang terkait dengan suhu, berat jenis dan kadar air tanah.

Kuasailah materi yang disajikan dalam Bab ini dengan baik. Mengapa? Sebab dengan menguasai materi tersebut, tentu Saudara akan memiliki wawasan yang luas tentang materi

tanah dan permasalahannya yang nantinya sangat berguna dalam kehidupan keseharian Anda dan juga pada profesi Saudara sebagai fungsional sanitarian.

Selanjutnya, agar Saudara berhasil dengan baik dalam mempelajari seluruh materi yang ada pada Bab ini, ikutilah saran atau petunjuk belajar sebagai berikut:

1. Bacalah setiap uraian dengan teliti, cermat, dan tertib sampai Saudara memahami pesan, ide, dan makna yang disampaikan.
2. Lakukanlah diskusi dengan teman-teman sejawat dalam kelompok untuk mengatasi bagian-bagian yang belum Saudara pahami.
3. Kerjakan semua soal yang terdapat pada latihan dan tes dengan disiplin tinggi.
4. Perbanyak pula membaca materi yang sesuai dari sumber lainnya, seperti yang direferensikan dalam modul ini.
5. Jangan lupa, tanamkan dalam diri Saudara bahwa Saudara insya allah akan berhasil dan buktikanlah bahwa Saudara telah berhasil

## Topik 1 Ruang Lingkup Tanah



Saudara mahasiswa, dalam topik 1 ini kita akan membahas materi yang terkait dengan ruang lingkup tanah. Pembahasannya dimulai dengan mengupas tentang definisi tanah dari berbagai sudut pandang, profil tanah, sifat-sifat tanah, sifat fisik tanah, tekstur tanah, struktur tanah, air dan udara dalam tanah, bahan-bahan organik dalam tanah, dan bahan-bahan anorganik dalam tanah. Selanjutnya kita bahas satu-persatu ruang lingkup tanah tersebut.

### A. DEFINISI TANAH

Tanah secara mendasar definisinya dapat dikelompokkan dalam 3 (tiga) sudut pandang, yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan sudut pandang ahli geologi  
Menurut sudut pandang ahli geologi atau berdasarkan pendekatan Geologi, tanah didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan dan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga bebatuan tersebut membentuk lapisan partikel halus (regolith).
2. Berdasarkan sudut pandang ahli ilmu alam murni  
Menurut sudut pandang ahli ilmu alam murni atau berdasarkan pendekatan pedologi, tanah didefinisikan sebagai bahan padat (baik berupa mineral maupun organik) yang terletak dipermukaan bumi. Bahan padat tersebut telah dan sedang serta terus mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor bahan induk, iklim, organism, topografi, dan waktu.
3. Berdasarkan sudut pandang ahli pertanian  
Menurut sudut pandang ahli pertanian atau berdasarkan pendekatan edaphologi, tanah didefinisikan sebagai media untuk tumbuh tanaman.

Selain dari ketiga sudut para ahli tersebut, ternyata definisi tanah diungkap pula oleh ahli ilmu tanah secara lebih rinci. Coba Anda renungkan sejenak. Kira-kira apa yang akan diungkap oleh ahli tanah tersebut. Tentunya kita sepakat bahwa yang diungkapkan ahli ilmu tanah tersebut definisinya sebagai berikut:

Menurut ahli ilmu tanah, tanah didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang secara fisik berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya penakaran, sebagai penopang tumbuh tegaknya tanaman dan menyuplai kebutuhan air, serta hara ke akar tanaman. Secara kimiawi tanah berfungsi sebagai gudang dan penyuplai hara atau nutrisi, baik berupa senyawa organik maupun anorganik sederhana dan unsur-unsur esensial, seperti: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B, dan Cl. Secara biologis tanah berfungsi sebagai habitat dari organisme tanah yang turut berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan zat-zat aditif bagi tanaman. Selanjutnya ketiganya ini (fisik, kimiawi, dan biologi) secara integral mampu menunjang produktivitas tanah untuk menghasilkan biomassa dan produksi, baik tanaman pangan, tanaman sayur-sayuran, tanaman hortikultura, tanaman obat-obatan, tanaman perkebunan, maupun tanaman kehutanan.

Tanah memang terdapat dimana-mana, tetapi kepentingan setiap orang terhadap tanah berbeda-beda. Seorang ahli pertambangan menganggap tanah sebagai sesuatu yang tidak berguna karena menutupi barang-barang tambang yang dicarinya. Bila dibandingkan luas bumi, tanah hanyalah merupakan lapisan selapis tipis. Tetapi lapisan tipis dari tanah ini sangat penting. Mengapa? Ya, karena lapisan ini menyediakan berbagai sumber daya yang berguna bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Tanah di berbagai kepulauan di Indonesia sangat beraneka ragam, begitu pula dengan vegetasinya. Keanekaragaman ini, baik dalam hal kesuburan tanah maupun kemampuan lahan bagi pembangunan pertanian disebabkan oleh perbedaan geologi, iklim dan topografi, serta kegiatan alam seperti letusan gunung berapi.

Kegiatan manusia seperti pembukaan hutan, perladangan berpindah, dan penggalian lahan besar berpengaruh terhadap kondisi tanah. Tanah selain menyediakan sumber daya yang diperlukan bagi kehidupan hampir seluruh makhluk hidup di bumi ini juga merupakan habitat alamiah bagi manusia. Oleh karena itu, sudah sepantasnya setiap orang wajib memelihara kualitas tanah. Mengapa demikian? Ya, karena tanah telah memberikan bahan kehidupan bagi kita semua. Semua lahan yang digali kecuali batu-batuan dinamakan tanah.

Demikian juga halnya bagi seorang ahli jalan yang menganggap tanah adalah bagian permukaan bumi yang lembek sehingga pada permukaan tanah tersebut perlu dipasang batu-batu agar menjadi kuat.

Dalam kehidupan sehari-hari, tanah diartikan sebagai wilayah darat dimana di atasnya dapat digunakan untuk berbagai usaha misalnya: pertanian, peternakan, mendirikan bangunan, dan lain-lain.

Dalam pertanian, tanah diartikan lebih khusus lagi yaitu sebagai media tumbuhnya tanaman darat. Tanah berasal dari hasil pelapukan batuan bercampur dengan sisa-sisa bahan organik dan organisme (vegetasi dan hewan) yang hidup di atas atau di dalamnya. Selain itu, di dalam tanah terdapat pula udara dan air.

Air di dalam tanah berasal dari air hujan yang ditahan oleh tanah sehingga dapat meresap ketempat lain. Disamping itu, dengan adanya percampuran bahan mineral dengan bahan organik, maka dalam proses pembentukan tanah terbentuk pula lapisan-lapisan tanah atau horizon-horison. Mengacu pada hal tersebut, dalam definisi ilmiahnya tanah (soil) adalah kumpulan dari benda alam dipermukaan bumi yang tersusun dalam horizon-horison yang terdiri dari campuran bahan mineral, bahan organik, air, dan udara yang merupakan media untuk pertumbuhan tanaman. Tanah (soil) berbeda dengan lahan (land). Mengapa demikian? Ya, karena lahan yang dimaksud ini meliputi tanah beserta faktor-faktor fisik lingkungannya seperti lereng, hidrologi, iklim, dan sebagainya. Pengertian tanah secara umum seperti yang telah dipaparkan di awal pembahasan adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari batuan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga membentuk regolith (lapisan partikel halus).

Selanjutnya, dalam buku mekanika tanah yang ditulis oleh Karl von Terzaghi pada tahun 1925 tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari:

1. Agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain.
2. Zat cair
3. Gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara butiran mineral-mineral padat tersebut.

Menurut Wesley (1977), tanah adalah suatu tubuh alam di permukaan bumi yang terjadi akibat bekerjanya gaya-gaya alami terhadap bahan alami. Sedangkan menurut Foth (1984), tanah adalah bahan mineral hasil evolusi yang dipengaruhi oleh faktor genesis (proses lahir atau pembuatannya) dan faktor lingkungan, seperti batuan induk, iklim, makro dan mikroorganisme, serta kondisi topografi.

Lebih lanjut, Yuswar Yunus (2004) mendefinisikan tanah sebagai suatu sistem yang dinamis dan tersusun dari empat bahan utama, yaitu mineral, bahan organik, air, dan udara. Sementara itu, menurut Dokuchaev (Rusia, 1877), tanah adalah suatu benda fisis berdimensi tiga yang terdiri dari panjang, lebar, dan dalam yang merupakan bagian paling atas dari kulit bumi.

## **B. PROFIL TANAH**

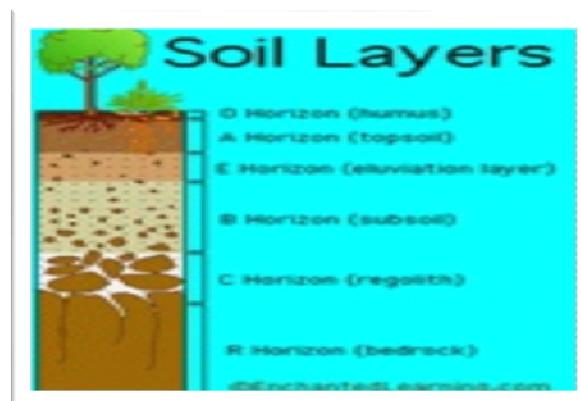
Profil tanah merupakan irisan vertical tanah dari lapisan paling atas hingga ke bebatuan induk tanah (regolith), yang biasanya terdiri dari horizon-horizon O – A – E – B – C – R. Sedangkan susunan horizon-horizon tanah dalam lapisan permukaan bumi setebal 100 – 120 cm disebut juga sebagai profil tanah, dengan persyaratan sebagai berikut:

1. Tegak (vertical).
2. Baru.
3. Tidak terkena sinar matahari langsung,
4. Mewakili tapak sekeliling.

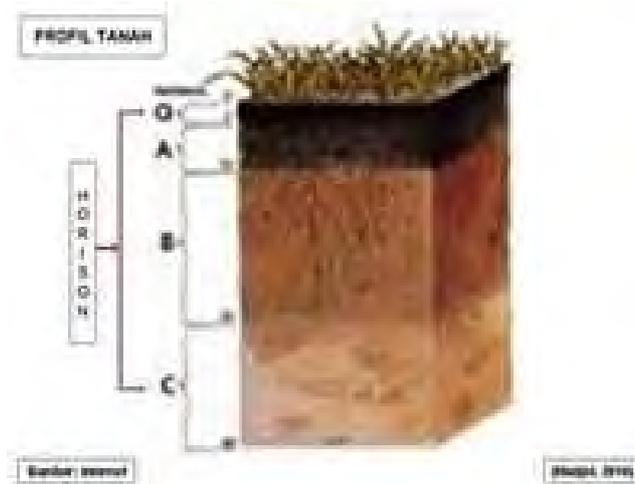
Empat lapisan teratas yang masih dipengaruhi cuaca disebut Solum Tanah. Meskipun tanah terdiri dari beberapa horizon, namun bagi tetanaman yang sangat penting adalah lapisan atas. Biasanya lapisan ini mempunyai ketebalan di bawah 30 cm, bahkan bagi tanaman berakar dangkal seperti padi, palawija, dan sayuran yang paling berperan adalah lapisan tanah yang berada di bawah kedalaman 20 cm. Oleh karena itu, istilah “kesuburan tanah” biasanya mengacu kepada ketersediaan hara pada lapisan setebal ini, yang biasanya disebut sebagai **lapisan olah**.

Tiap tanah dicirikan oleh susunan horizon tertentu. Secara umum dapat disebutkan bahwa setiap profil tanah terdiri atas dua atau lebih horizon utama. Tiap horizon dapat dibedakan berdasarkan warna, tekstur, struktur, dan sifat morfologis lainnya. Semua vertikal tanah berdiferensial membentuk horizon-horizon (lapisan-lapisan) yang berbeda-beda, baik dalam morfologi seperti ketebalan dan warnanya maupun karakteristik fisik, kimiawi, dan biologis masing-masing sebagai konsekuensi bekerjanya faktor-faktor lingkungan terhadap:

1. Bahan induk asalnya
2. Bahan-bahan eksternal, berupa bahan organik sisa-sisa biota yang hidup di atasnya dan mineral nonbahan-induk yang berasal dari letusan gunung api, atau yang terbawa oleh aliran air. Horizon tanah adalah lapisan tanah yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi dan mempunyai ciri-ciri tertentu (khas). Profil dari tanah yang berkembang lebih lanjut biasanya memiliki horizon-horizon tanah. Pembentukan lapisan atau perkembangan horizon dapat membangun tubuh alam yang di sebut tanah. Profil dari tanah mineral yang telah berkembang lanjut biasanya memiliki horizon-horizon sebagai berikut:



Lapisan tanah atas (top soil) terdiri dari: (1) horizon O, dan (2) horizon A. Lapisan tanah bawah (sub soil) terdiri dari: (1) horizon E, dan (2) horizon B. Solum tanah meliputi: (1) lapisan tanah atas, dan (2) lapisan tanah bawah.



Gambar Batas horison yang nyata terjadi pada peralihan dari horison A ke horison B, dan batas horison yang jelas terjadi pada peralihan antara horison B ke horison C. Kedua batas tersebut bertopografi datar.



*Gambar Bentuk topografi bergelombang dari batas horison yang terjadi antara horison B dengan horison C dalam system tanah.*

Selanjutnya, perlulah kita mengetahui kegunaan langsung dari pengamatan profil tanah ini, yaitu antara lain untuk memahami :

1. Kedalaman lapisan oleh atau solum tanah yang merupakan indikator potensi kedalaman akar tanaman untuk berpenetrasi, makin dangkal berarti makin tipis sistem perakarannya, sehingga jika makin besar bobot atau tinggi tanaman, maka akan makin mudah tanaman untuk tumbang. Informasi ini tentu dapat menuntun kita dalam memilih jenis tanaman dan teknik penanamannya.
2. Kelengkapan atau differensiasi horizon pada profil tanah merupakan indikator umur tanah atau proses-proses pembentukan (genesis) yang telah dilaluinya, makin lengkap atau makin berdifferensiasi horizon-horizon tanah berarti makin tua umur tanah. Namun demikian, kelengkapan atau differensiasi horizon ini akan makin

berkurang atau makin baur apabila tanah mengalami erosi. Pada tanah-tanah muda seperti Regosol, yang banyak terdapat di sekitar Indralaya Sumatera Selatan, profilnya dapat tanpa horizon. Pada tanah dewasa seperti andosol, yang banyak terdapat di Kabupaten Muara Enim dan Lahat, Sumatera Selatan, sedangkan pada tanah-tanah tua seperti podosolik berada di sekitar Palembang dan Prabumulih, serta tanah latosol di Kabupaten Muara Enim Sumatera Selatan, yang telah tererosi berat atau telah mengalami pencucian intensif mempunyai profil yang umumnya tanpa atau sedikit lapisan olah.

3. Warna tanah merupakan indikator sifat kimiawi tanah. Tanah yang berwarna gelap berarti banyak mengandung bahan organik tanah atau belum mengalami pelindian (leaching) hara secara intensif, sehingga relative subur, sedangkan tanah yang berwarna terang atau pucat berarti ber BOT (bahan organik tanah) rendah atau mengalami pelindian hara intensif, sehingga relative miskin. Tanah yang berwarna homogen bersih menunjukkan sirkulasi udara ( aerasi ) dan airnya ( drainase) baik, berarti kadar oksigennya cukup, sehingga proses oksidasi berjalan baik, sedangkan tanah yang berwarna tak bersih atau bercak menunjukkan aerasi dan drainasenya tidak baik, sehingga proses oksidasi dan reduksinya terjadi secara bergantian. Proses reduksi yang lama pada tanah kering berkadar besi tinggi akan menimbulkan bercak-bercak senyawa ferro yang berwarna kekuningan, sedangkan proses oksidasi yang lama pada tanah rawa akan menghasilkan senyawa ferri yang berwarna kecoklat-merahan.

### **C. SIFAT-SIFAT TANAH**

Tanah merupakan campuran dari berbagai mineral, bahan organik, dan air yang dapat mendukung kehidupan tanaman. Tanah umumnya mempunyai struktur yang lepas dan mengandung bahan-bahan padat dan rongga-rongga udara. Bagian-bagian mineral dari tanah dibentuk dari batuan induk oleh proses-proses pelapukan fisik, kimia dan biologis. Susunan bahan organik tanah terdiri dari sisa-sisa biomassa tanaman dari berbagai tingkat penguraian atau pembusukan. Sejumlah besar bakteri, fungi dan hewa-hewan seperti cacing tanah dapat ditemukan di dalam tanah.

Fraksi padar dari jenis tanah produktif terdiri dari kurang lebih 5 % bahan organik dan 95 % bahan anorganik. Beberapa jenis tanah, seperti tanah gambut dapat mengandung bahan organik sampai 95 %, jenis tanah lainnya ada yang hanya mengandung 1 % bahan organik.

Jenis-jenis tanah tertentu mempunyai lapisan-lapisan yang berbeda bila tanah itu semakin ke dalam. Selanjutnya, lapisan-lapisan inilah yang kemudian disebut horizon.

Lapisan atas umumnya terdiri dari keketabalan sampai beberapa inci dan dikenal sebagai horizon A atau tanah atas (top soil). Lapisan ini merupakan lapisan dimana aktivitas biologi berjalan secara maksimum dan mengandung paling banyak bahan organik tanah. Ion-

ion logam dan partikel-partikel tanah liat dalam horizon A paling mudah mengalami pencucian (“leaching”). Lapisan berikutnya adalah horizon B atau “sub-soil”. Lapisan ini menerima material-material seperti bahan organik, garam-garam dan partikel-partikel Clay yang merembes dari lapisan tanah atas. Horizon C tersusun dari pelapukan batuan induk dimana tanah berasal.

#### **D. SIFAT FISIK TANAH**

Fungsi pertama tanah adalah sebagai media tumbuh, sebagai tempat akar mencari ruang untuk berpenetrasi (menelusup), baik secara lateral atau horizontal maupun secara vertical. Kemudahan tanah untuk dipenetrasi ini tergantung pada ruang pori-pori yang terbentuk diantara partikel-partikel tanah (struktur dan tekstur), sedangkan stabilitas ukuran ruang ini tergantung pada konsistensi tanah terhadap pengaruh tekanan. Kerapatan porositas tersebut menentukan kemudahan air untuk bersirkulasi dengan udara (drainase dan aerasi). Sifat fisik lain yang penting adalah warna dan suhu tanah. Warna mencerminkan jenis mineral penyusun tanah, reaksi kimiawi, intensitas pelindian dan akumulasi bahan-bahan yang terjadi, sedangkan suhu merupakan indicator energy matahari yang dapat diserap oleh bahan-bahan penyusun tanah.

Secara keseluruhan sifa-sifat fisik tanah ditentukan oleh :

1. ukuran dan komposisi partikel-partikel hasil pelapukan bahan penyusun tanah.
2. jenis dan proporsi komponen-komponen penyusun partikel-partikel.
3. keseimbangan antara suplai air, energy dan bahan dengan kehilangannya, dan
4. intensitas reaksi kimiawi dan biologis yang telah atau sedang berlangsung.

Berikut ini adalah beberapa sifat fisik dari tanah adalah:

1. Bahan induk tanah

Bahan induk merupakan materi utama dari tanah yang dibentuk oleh berbagai faktor melalui proses kimiawi, biologis dan fisika. Bahan induk tanah secara umum adalah Quartz ( $\text{SiO}_2$ ), Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), Feldspar dan Biotit.

2. Tekstur tanah

Komponen mineral dari tanah adalah pasir, lumpur dan tanah liat, proporsi dari kombinasi ketiga bahan tersebut akan menentukan tekstur tanah (menyerupai kombinasi antara tepung, air dan telur). Hal yang dipengaruhi oleh tesktur tanah mencakup porositas, permeabilitas (kemampuan menyerap), infiltrasi, dan kapasitas kandungan air. Tanah dan Pasir dan lumpur merupakan produk dari material induk yang mengalami proses fisika dan kimiawi. Tanah liat merupakan produk dari pengendapan material induk yang larut sebagai material sekunder.

3. Kepadatan tanah

Tingkat kepadatan tanah umumnya berkisar antara 2,6 hingga 2,75 gram per cm<sup>3</sup> dan biasanya tidak dapat berubah. Kepadatan partikel tanah yang banyak mengandung material organik lebih rendah daripada tanah yang sedikit mengandung material organik. Tanah dengan kepadatan rendah dapat menyimpan air lebih baik namun bukan berarti cocok untuk pertumbuhan tanaman. Tanah dengan kepadatan tinggi menunjukkan tingkat kandungan pasir yang tinggi.

4. Porositas tanah

Porositas mirip seperti kepadatan, hanya saja porositas berarti ruang kosong (pori pori) diantara tekstur tanah yang tidak terisi dengan mineral atau bahan organik namun terisi oleh gas atau air. Semakin tinggi kepadatan tanah maka semakin rendah porositasnya dan sebaliknya semakin rendah kepadatan tanah semakin rendah porositasnya. Idealnya, total porositas dari tanah adalah sekitar 50% dari total volume tanah. Ruang untuk gas dibutuhkan tanah untuk menyediakan oksigen yang berguna untuk organisme dalam menguraikan material organik, humus dan akar tanaman. Porositas juga mendukung pergerakan serta penyimpanan air serta nutrisi.

Tingkat porositas tanah dibagi menjadi 4 kategori yaitu sangat baik dengan tingkat porositas kurang dari 2 mikro meter, baik dengan tingkat porositas 2-20 mikro meter, sedang dengan tingkat porositas 20-200 mikro meter dan kasar dengan porositas 200 mikro meter hingga 2 mili meter.

5. Temperatur tanah

Tanah memiliki temperatur yang bervariasi mulai dari tingkat dingin ekstrim -20 derajat celcius hingga tingkat panas ekstrim mencapai 60 derajat celcius. Temperatur tanah penting bagi germinasi biji tanaman, pertumbuhan akar tanaman serta menyediakan nutrisi bagi tanaman tersebut. Tanah yang berada 50cm dibawah permukaan cenderung memiliki temperatur yang lebih tinggi sekitar 1,8 derajat celcius.

6. Warna tanah

Warna tanah seringkali menjadi faktor paling dasar bagi kita untuk membedakan jenis jenis tanah. Umumnya, warna tanah ditentukan oleh kandungan material organik, kondisi drainase, minearologi tanah dan tingkat oksidasi. Pengembangan dan distribusi warna tanah berasal dari proses kimiawi dan tingkat pelapukan material organik. Ketika mineral primer dalam bahan induk lapuk, elemen tanah akan dikombinasikan pada senyawa dan warna yang baru. Mineral besi merupakan mineral sekunder yang akan menghasilkan warna kuning atau kemerahan pada tanah, material organik akan menghasilkan warna hitam kecoklatan atau coklat (warna subur). Manggan, sulphur dan nitrogen akan menghasilkan warna hitam.

7. Konsistensi tanah

Konsistensi tanah berarti kemampuan tanah untuk menempel pada objek lain dan kemampuan tanah untuk menghindari deformasi atau berpisah. Konsistensi diukur dengan 3 kondisi kelembapan yaitu: kering, lembap dan basah. Konsistensi tanah bergantung pada tingkat banyaknya tanah liat.

**E. TEKSTUR TANAH**

Tekstur tanah menunjukkan komposisi partikel penyusun tanah (separate) yang dinyatakan sebagai perbandingan proporsi (%) relative antara fraksi pasir (sand) (berdiameter 2,00 – 0,20 mm atau 2000 – 20 µm, debu (silt) (berdiameter 0,20 – 0,002 mm atau 200 – 2 µm ) dan liat (clay) (<2 µm). Partikel berukuran di atas 2 mm seperti kerikil dan bebatuan kecil tidak tergolong sebagai fraksi tanah, tetapi menurut Lal (1979) harus diperhitungkan dalam evaluasi tekstur tanah. Klasifikasi ukuran, jumlah dan luas permukaan fraksi-fraksi tanah menurut system USDA dan Sistem Internasional tertera pada Tabel berikut.

Klasifikasi ukuran, jumlah dan luas permukaan fraksi-fraksi tanah menurut sistem USDA dan Sistem Internasional (dimidifikasikan dari Foth, 1984).

Separat tanah	Diameter (mm)		Jumlah partikel (g-1)	Luas permukaan (cm <sup>2</sup> g-1)
	USDA	Internasional		
Pasir sangat kasar	2,00 – 1,00	-	90	11
Pasir kasar	1,00 - 0,50	-	720	23
Pasir sedang	0,50 – 0,25	-	5.700	45
Pasir	-	2,00 – 0,20	4.088	29
Pasir halus	0,25 – 0,10	-	46.000	91
Pasir sangat halus	0,10 – 0,05	-	722.000	227
Debu	0,05 – 0,02	-	5.776.000	454
Debu	-	0,02 – 0,002	2.334.796	271
Liat *)	< 0,002	< 0,002	90.250.853.000	8.000.000

Keterangan : separate bergaris - bawah / dicetak-tebal merupakan Sistem Internasional.

\*) untuk kedua sistem

Berdasarkan kelas teksturnya maka tanah digolongkan menjadi :

1. Tanah bertekstur kasar atau tanah berpasir berarti tanah yang mengandung minimal 70 % pasir atau bertekstur pasir atau pasir berlempung.
2. Tanah bertekstur halus atau tanah berliat berarti tanah yang mengandung minimal 37.5 % liat atau bertekstur liat, liat berdebu atau liat berpasir.
3. Tanah bertekstur sedang atau tanah berlempung, terdiri dari :
  - a. tanah bertekstur sedang tetapi agak kasar meliputi tanah yang bertekstur lempung berpasir (Sandy Loam) atau lempung berpasir halus (dua macam),

- b. tanah bertekstur sedang meliputi yang bertekstur lempung berpasir sangat halus, lempung (Loam), lempung berdebu (Silty Loam) atau debu (Silt) , dan
- c. tanah bertekstur sedang tetapi agak halus mencakup lempung liat (Clay loam), lempung liat berpasir (Sandy-clay Loam) atau lempung berdebu (Sandy-silt Loam).

## **F. STRUKTUR TANAH**

Apabila tekstur mencerminkan ukuran partikel dari fraksi-fraksi tanah, maka struktur merupakan kenampakan bentuk atau susunan partikel-partikel primer tanah (pasir, debu, dan liat individual) hingga partikel-partikel sekunder (gabungan partikel-partikel primer yang disebut ped (gumpalan) yang membentuk agregat (bongkah).

Struktur tanah berfungsi memodifikasi pengaruh tekstur terhadap kondisi drainase atau aerasi tanah, karena susunan antar-ped atau agregat tanah akan menghasilkan ruang yang lebih besar daripada susunan antar partikel primer. Oleh karena itu tanah yang berstruktur baik akan mempunyai kondisi drainase dan aerasi yang baik pula, sehingga lebih memudahkan sistem perakaran tanaman untuk berpenetrasi dan mengabsorpsi (menyerap) hara dan air, sehingga pertumbuhan dan produksi menjadi lebih baik. Lal (1979) mengemukakan bahwa struktur tanah mempunyai peran sebagai regulator yang :

1. menyinambungkan arah pipa yang terbentuk dari berbagai ukuran pori-pori yang berinterkoneksi, stabilitas dan durabilitasnya;
2. mengatur retensi dan pergerakan air tanah;
3. difusi gas dari dan ke atmosfer; dan
4. mengontrol praliferasi (pertumbuhan) akar dan perkembangannya.

Secara langsung dan tak langsung ada kaitannya dengan :

1. erosi air atau angin;
2. penggenangan dan aerasi tanah;
3. stress tanaman akibat kekeringan;
4. pelindian atau kehilangan hara-hara tanaman; dan
5. temperature tanah.

### **1. Air dan Udara Dalam Tanah.**

Sejumlah besar air diperlukan untuk memproduksi sebagian terbesar bahan-bahan tanaman. Misalnya beberapa ratus Kg air diperlukan untuk memproduksi 1 Kg jerami kering. Air ini berasal dari dalam tanah dan bergerak ke atas melalui struktur tanaman yang membawa zat-zat makanan bersama-sama bahan-bahan lainnya. Air ini menguap ke atmosfer melalui daun-daun tanaman dan proses ini disebut transpirasi.

Apakah mungkin ada hubungan air, tanah, udara, dan tanaman ini jarang sekali dibahas secara umum. akan tetapi, bagi mahasiswa atau pelajar tentunya topik ini bukan lagi merupakan topik yang asing. Terutama bagi mahasiswa yang berada di jurusan teknik sipil, hubungan air, tanah, udara, dan tanaman mungkin akan sangat dibutuhkan dan dicari.

Karena, memang ada mata kuliah khusus yang membutuhkan informasi mengenai hubungan air, tanah, udara, dan tanaman. Jadi, apakah bentuk hubungan diantara keempat komponen tersebut ? Untuk lebih jelasnya hubungan air, tanah, udara, dan tanaman yang berikut ini.

Sama seperti makhluk hidup lainnya, tanaman dapat tumbuh dan berkembang bila ada unsur yang mendukungnya, yaitu air, tanah, dan udara. Seperti apakah peran dari keempat komponen tersebut?

Berikut akan diuraikan hubungan antara tanah, air dan udara dan tanaman.

*a. Tanah*

Tanah, sebagai salah satu unsur yang mendukung tanaman adalah merupakan tempat tumbuhnya tanaman. Tentu saja bila kita ingin mendapatkan tanaman yang baik, maka tanah yang kita gunakan juga harus tanah yang baik. Tanah yang baik adalah tanah yang :

- 1) mudah dikerjakan atau mudah digarap,
- 2) dapat memberikan kesempatan bagi akar tanaman untuk tumbuh dan berkembang.
- 3) yang banyak mengandung unsur hara yang sangat diperlukan oleh tanaman, misalnya tanah humus.
- 4) memungkinkan terjadinya proses sirkulasi udara dan air.
- 5) yang memiliki kelembaban cukup untuk tanaman.
- 6) mudah digarap apabila tanah tersebut merupakan tanah humus atau alluvial yang merupakan hasil dari pelapukan , sehingga tidak keras dan tidak banyak mengandung bebatuan.
- 7) struktur tanah tidak keras, memungkinkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang.
- 8) memiliki pori-pori, sehingga dapat menyerap air dan unsur hara lainnya agar tanaman dapat tumbuh dengan baik.
- 9) menyimpan udara yang diperlukan bagi kehidupan tanaman.

*b. Air*

Air yang berada pada zona aerasi disebut lengas tanah. Bila zona aerasi tidak lagi mampu menahan kapasitas air, maka air akan masuk ke bagian bawah, yaitu zona saturasi, ini disebut air tanah. Frekuensi pemberian air irigasi untuk tanaman dipengaruhi oleh sifat hubungan antara tanaman, air, dan tanah. Sedangkan factor yang mempengaruhi daya tahan tanah adalah tekstur, struktur dan bahan organik yang terdapat di dalam tanah.

Bentuk lengas tanah dibedakan berdasarkan : gravitasi, air kapiler, dan air higroskopis. Frekuensi pemberian air untuk tanaman yang paling sesuai merupakan hasil keputusan yang didasarkan pada berbagai faktor kombinasi (hasil percobaan atau penelitian).

Kesuburan fisik tanah pada umumnya ditentukan oleh struktur tanahnya, namun yang menentukan kesuburan kimiawi suatu tanah adalah kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara dalam jumlah yang cukup dan seimbang.

Tanaman memerlukan air dalam jumlah yang berbeda-beda menurut jenis tanamannya. Jika dilihat dari sisi response terhadap air, maka dapat digolongkan ke dalam 3 jenis : tanaman aquatic, tanaman semi aquatic, dan tanaman tanah kering.

c. *Udara*

Salah satu unsur yang mendukung tumbuhnya tanaman dengan baik adalah udara. Ketersediaan udara di dalam tanah, berperan penting bagi pernafasan akar-akar tanaman. Seperti yang sudah ditulis bahwa tanah yang baik adalah tanah yang memiliki pori-pori untuk menyimpan butiran air. Namun, sebenarnya tidak semua pori-pori tersebut menyimpan air. Sebagian akan menyimpan udara untuk kehidupannya, terutama bagian akar agar tidak membusuk apalagi bagi tanaman yang tidak tahan terhadap genangan air. Pertumbuhan pada akar tanaman biasanya dipengaruhi oleh tinggi rendahnya suhu tanah, khususnya pada daerah akar.

**2. Bahan-bahan Organic Dalam Tanah**

Di dalam tanah yang produktif, meskipun kandungan bahan organiknya kurang dari 5 %, namun demikian meskipun jumlah yang tidak terlalu besar dari bahan organic ini memainkan peran yang sangat penting dalam penentuan produktivitas tanah.

**Klasifikasi senyawa-senyawa organic dalam tanah**

Type senyawa	Komposisi	Pengaruh/kegunaan
Humus	Sisa degradasi dari penguraian tanaman, banyak mengandung C,H dan O	Kelimpahan bahan organic meningkat sifat-sifat fisik tanah, pertukaran akar, tempat persediaan nitrogen
Lemak-lemak ,resin dan lilin	Lemak-lemak yang dapat diekstraksi oleh pelarut-pelarut organik	Secara umum hanya beberapa % dari bahan organic tanah yang dapat mempengaruhi sifat-sifat fisik tanah.
Sakarida	Sellulosa, jerami, hemisellulosa	Makanan tanaman bagi mikroorganisme tanah, mambantu menstabilkan agregat tanah.
Type senyawa	Komposisi	Pengaruh/kegunaan
Nitrogen dalam bahan organic	Ikatan N pada humus, asam amino, gula amino	Penyedia nitrogen untuk kesuburan tanah.
Senyawa-senyawa fosfor	Ester-ester fosfat, fosfolipid	Sumber dari fosfat tanaman.

Sumber : Manahan, 1994

### 3. Bahan-bahan Anorganik Dalam Tanah

Selain senyawa organik tanah mengandung pula bahan-bahan anorganik seperti nitrogen, fosfor, kalium yang kandungannya kadang jauh berbeda antara tanah yang satu dengan tanah yang lainnya. Tanaman dapat mengabsorpsi nitrogen dalam bentuk nitrat secara berlebihan dari tanah yang mengandung banyak nitrat. Hal ini terjadi bila lahan pertanian di pupuk cukup banyak pada musim kemarau. Bila tanaman ini dimakan hewan seperti sapi akan mengakibatkan keracunan. Seperti halnya dengan nitrogen, fosfor harus ada dalam tanah dalam bentuk anorganik yang dominan dalam tanah,  $H_2PO_4$  dan  $HPO_4^{2-}$  merupakan jenis-jenis yang sering ditemukan. Kalium dalam tanah diperlukan dalam jumlah yang relative tinggi untuk pertumbuhan tanaman. Kalium mengaktifkan beberapa jenis enzim dan memegang peranan penting di dalam keseimbangan air dalam tanaman. Kalium adalah salah satu unsure yang terdapat dalam jumlah besar di kerak bumi yaitu sebesar 2,6 %. Sebagai contoh adalah senyawa rangkap  $K_2O_2$ ,  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ . Magnesium walaupun terdapat sampai kurang lebih 2,1 % di dalam kerak bumi, sebagian terbesar dari unsure ini terikat kuat di alam mineral-mineral. Secara umum magnesium yang dapat dipertukarkan tergolong pada yang tersedia untuk tanaman dan unsure ini diikat oleh bahan organik atay clay melalui pertukaran ion. Belerang dari tanah diasimilasi oleh tanaman sebagai ion sulfat,  $SO_4$ . Di suatu daerah dimana terjadi pencemaran  $SO_2$  di atmosfer, maka belerang dapat diabsorpsi oleh daun-daun tanaman sebagai sulfur dioksida. Kandungan  $SO_2$  yang cukup tinggi di atmosfer dapat mematikan tanaman.

Demikian saudara mahasiswa hal-hal yang menyangkut tentang pembahasan materi yang berkaitan tentang tanah beserta permasalahannya. Dengan demikian tuntaslah sudah yang dibahas pada topic yang pertama ini. Selanjutnya, Saudara dapat mengerjakan soal-soal yang ada pada latihan dibawah ini.

## Latihan

- 1) Tanah, sebagai salah satu unsur yang mendukung tanaman, tanah juga merupakan tempat tumbuhnya tanaman. Tentu saja bila kita ingin mendapatkan tanaman yang baik, maka tanah yang kita gunakan juga harus tanah yang baik. Tanah yang bagaimanakah yang disebut tanah yang baik itu?
- 2) Tanah di berbagai kepulauan di Indonesia sangat beraneka ragam, begitu pula dengan vegetasinya. Keaneka dari senyawa-ragaman ini baik dalam hal kesuburan tanah, maupun kemampuan lahan bagi pembangunan pertanian, menurut saudara apa penyebab dari kejadian semua tersebut?
- 3) Secara keseluruhan sifat-sifat fisik tanah ditentukan oleh antara lain ukuran dan komposisi partikel-partikel hasil pelapukan bahan penyusun tanah, jenis, dan proporsi komponen-komponen penyusun partikel-partikel. Sebutkan beberapa sifat fisik tanah lainnya!

- 4) Beberapa ahli mengemukakan bahwa struktur tanah mempunyai peran sebagai regulator, apa yang dimaksud dari peran sebagai regulator dari struktur tanah tersebut?
- 5) Sebutkan senyawa, komposisi, dan kegunaan senyawa organik dari tanah!

### ***Petunjuk Jawaban Latihan 1***

- 1) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga harus membaca dan memahami pada topik 1 sub.7 tentang air dan udara dalam tanah.
- 2) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 1 sub. 1 tentang definisi tanah.
- 3) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 1 sub. 4 tentang sifat fisik tanah.
- 4) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 1 sub.6 tentang struktur tanah.
- 5) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 1 sub 9 tentang bahan-bahan organik dalam tanah.

## **Ringkasan**

Sebagian besar kekayaan kita diperoleh dari tanah. Kehidupan di bumi ini sangat bergantung pada tanah. Tumbuhan memperoleh air dan mineral dari tanah. Makanan yang kita peroleh dan hewan bergantung pada tumbuhan. Jadi makanan kita sebenarnya berasal dari tanah.

Semua bahan yang kita perlukan dalam memenuhi kebutuhan dapat diperoleh dari tanah, secara langsung maupun tidak langsung.

Sifat fisik tanah berfungsi sebagai media tumbuh, sebagai tempat akar mencari ruang untuk berpenetrasi (menelusup), baik secara lateral atau horizontal maupun secara vertical. Kemudahan tanah untuk dipenetrasi ini tergantung pada ruang pori-pori yang terbentuk diantara partikel-partikel tanah (struktur dan tekstur), sedangkan stabilitas ukuran ruang ini tergantung pada konsistensi tanah terhadap pengaruh tekanan

Struktur tanah berfungsi memodifikasi pengaruh tekstur terhadap kondisi drainase atau aerasi tanah, karena susunan antar-ped atau agregat tanah akan menghasilkan ruang yang lebih besar daripada susunan antar partikel primer.

Tekstur mencerminkan ukuran partikel dari fraksi-fraksi tanah, maka struktur merupakan kenampakan bentuk atau susunan partikel-partikel primer tanah (pasir, debu, dan liat individual) hingga partikel-partikel sekunder (gabungan partikel-partikel primer yang disebut ped (gumpalan) yang membentuk agregat (bongkah).

Karena itu marilah kita bersama-sama menjaga kelestariannya, demi kelangsungan anak, cucu kita dimasa datang. **Lestarikan bumi demi anak negeri!**

## Tes 1

- 1) Sebutkan penggolongan tanah berdasarkan kelas teksturnya !
  - A. Tanah bertekstur kasar, Tanah bertekstur halus dan bertekstur liat.\*
  - B. Tanah bertekstur kasar, Tanah bertekstur halus
  - C. Tanah bertekstur kasar, bertekstur liat.
  - D. Tanah bertekstur halus dan bertekstur liat.
  - E. Tanah bertekstur kasar, kerikil dan bertekstur liat.
  
- 2) Berdasarkan volumenya, maka tanah secara rerata terdiri beberapa komponen, sebutkan !
  - A. Terdiri dari : (1) 50 % padatan, berupa 45 % bahan mineral dan 5 % bahan organic, dan (2) 50 % ruang pori, berisi 25 5 air dan 25 % udara.\*
  - B. Terdiri dari : (1) 50 % padatan, berupa 45 % bahan mineral dan 5 % bahan organic.
  - C. Terdiri dari : (1) 50 % padatan, (2) 50 % ruang pori, berisi 25 5 air dan 25 % udara.
  - D. Terdiri dari : (1) 50 % padatan, 5 % bahan organic, dan (2) 50 % ruang pori, berisi 25 5 air dan 25 % udara.
  - E. Terdiri dari : (1) 5 % bahan organic, dan (2) 50 % ruang pori, berisi 25 5 air dan 25 % udara.
  
- 3) Kualitas tanah menurun disebabkan oleh terjadinya pencemaran juga disebabkan oleh erosi . Erosi dapat menyebabkan merosotnya produktifitas lahan, rusaknya lingkungan terganggunya keseimbangan estetika, serta pencemaran lingkungan hidup. Mengapa hal ini bisa terjadi ?
  - A. Pemiskinan tanah/hilangnya tanah lapisan atas,memburuknya sifat fisik dan kimia tanah,berkurangnya aktifitas biologi tanah,tertutupnya tanah lapisan atas.\*
  - B. Pemiskinan tanah/hilangnya tanah lapisan atas
  - C. Sifat fisik dan kimia tanah,berkurangnya aktifitas biologi tanah,tertutupnya tanah lapisan atas.
  - D. Berkurangnya aktifitas biologi tanah,tertutupnya tanah lapisan atas.
  - E. Tertutupnya tanah lapisan atas.

- 4) Jelaskan factor-faktor yang menentukan proporsi komponen-komponen tersebut pada tanah ?
- A. Tanah mineral yang dapat berfungsi sebagai media tumbuh ideal secara material tersusun oleh empat komponen, yaitu bahan padatan (mineral dan bahan organik), air dan udara.
  - B. Berdasarkan volumenya, maka tanah secara rerata terdiri dari : (1) 50 % padatan, berupa 45 % bahan mineral dan 5 % bahan organik, dan (2) 50 % ruang pori, berisi 25 % air dan 25 % udara.\*
  - C. Berdasarkan volumenya, maka tanah secara rerata terdiri dari : (1) 50 % padatan, berupa 45 % bahan mineral dan 5 % bahan organik, dan (2) 50 % ruang pori, berisi 25 % air dan 25 % udara.
  - D. Berdasarkan volumenya, maka tanah secara rerata terdiri dari : (1) 50 % padatan, berupa 45 % bahan mineral dan 5 % bahan organik, dan (2) 50 % ruang pori, berisi 25 % air dan 25 % udara.
  - E. Berdasarkan volumenya, maka tanah secara rerata terdiri dari : (1) 50 % padatan, berupa 45 % bahan mineral dan 5 % bahan organik, dan (2) 50 % ruang pori, berisi 25 % air dan 25 % udara.
- 5) Kualitas tanah menurun disebabkan oleh terjadinya pencemaran juga disebabkan oleh erosi, mengapa demikian ?
- A. Karena erosi dapat menyebabkan merosotnya produktifitas lahan, rusaknya lingkungan terganggunya keseimbangan estetika, seta pencemaran lingkungan hidup.\*
  - B. Karena erosi dapat menyebabkan rusaknya lingkungan terganggunya keseimbangan estetika, seta pencemaran lingkungan hidup.
  - C. Karena erosi dapat merosotnya produktifitas lahan, rusaknya lingkungan terganggunya keseimbangan estetika, seta pencemaran lingkungan hidup.
  - D. Karena erosi tidak mempengaruhi menyebabkan merosotnya produktifitas lahan, rusaknya lingkungan terganggunya keseimbangan estetika, seta pencemaran lingkungan hidup.
  - E. Merosotnya produktifitas lahan, rusaknya lingkungan terganggunya keseimbangan estetika, seta pencemaran lingkungan hidup.

## Topik 2

# Pencemaran Tanah dan Permasalahannya

Saudara mahasiswa, setelah memahami topik 1 kita lanjutkan ke topik berikutnya yaitu topik 2. Dalam topik 2 ini akan membahas materi yang terkait dengan pencemaran tanah dan sumber permasalahannya. Uraian materi yang akan disajikan pada topik 2 ini pembahasannya dimulai dengan mengupas tentang pencemaran tanah, sumber pencemaran, dampak yang timbul akibat pencemaran tanah, penanganan pencemaran tanah, cara menanggulangi pencemaran tanah. Selanjutnya mari kita bahas satu-persatu ruang pencemaran tanah tersebut.

### A. PENCEMARAN TANAH

Pencemaran tanah adalah keadaan dimana bahan kimia buatan manusia masuk dan mengubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena : kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial, penggunaan pestisida, masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan, kecelakaan kendaraan pengangkut minyak, zat kimia, atau limbah, air limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (illegal dumping).

Ketika suatu zat berbahaya/beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya. Paparan kronis (terus menerus) terhadap benzene pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kemungkinan terkena leukemia.



#### 1. Sumber Pencemaran Tanah

Berdasarkan sumbernya, pencemaran tanah dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu akibat aktivitas alam dan aktivitas manusia. Namun dalam hal ini yang banyak mempengaruhi pencemaran tersebut adalah akibat aktivitas manusia.

a. Aktivitas Alam

Sumber pencemar akibat aktivitas alam antar lain diakibatkan oleh kegiatan letusan gunung berapi, banjir, aliran larva. Dimana masing-masing sumber tersebut menghasilkan zat pencemar yang berbeda. Misalnya dari aktivitas :

- 1) Letusan Gunung Berapi yang menghasilkan gas belerang dan belerangnya sendiri, sulfur, dan karbon oksida, dan lain-lain.
- 2) Aliran larva yang dapat merubah struktur tanah, pH dan suhunya, sehingga tanah tak lagi sesuai dengan peruntukannya.

b. Aktivitas Manusia

Secara garis umum sumber pencemaran tanah akibat aktivitas manusia dapat dibedakan berdasarkan bentuk fisik pencemar dan jenis limbahnya, antara lain:

1) Limbah Domestik.

Limbah domestic dapat berasal dari daerah: pemukiman penduduk, perdagangan/pasar/tempat usaha hotel dan lain-lain, kelembagaan misalnya : kantor-kantor pemerintahan dan swasta. dan wisata, dapat berupa limbah padat dan cair.

Limbah padat berupa sampah anorganik. Jenis sampah ini tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (non degradable), misalnya kantong plastic, bekas kaleng minuman, bekas botol plastic air mineral, dan sebagainya.



Limbah cair berupa : tinja, deterjen, oli, cat, jika meresap kedalam tanah akan merusak kandungan air tanah bahkan dapat membunuh mikroorganisme di dalam tanah.

2) Limbah Industri

a) Limbah industri berupa limbah padat yang merupakan hasil buangan industri berupa padatan, lumpur, bubur yang berasal dari proses pengolahan. Misalnya sisa pengolahan pabrik gula, pilp, kertas, rayon, plywood, pengawetan buah, ikan daging dan lain-lain.

b) Limbah cair yang merupakan hasil pengolahan dalam suatu proses produksi, misalnya sisa-sisa pengolahan industri pelapisan logam dan industri kimia lainnya. Tembaga, timbale, perak, khrom, arsen dan boron adalah zat-zat yang dihasilkan dari proses industri.



3) Limbah Pertanian

Limbah pertanian berupa sisa-sisa pupuk sintetis untuk menyuburkan tanah/tanaman, misalnya pupuk urea. Pestisida pemberantas hama tanaman, misalnya DD



Namun ada pula sumber pencemaran dari aktivitas manusia yang dibedakan berdasarkan tempat dan kegiatan yang dilakukan oleh manusia itu sendiri secara khusus, misalnya:

## 2. Dampak yang timbul akibat pencemaran tanah

### a. Pada Kesehatan

Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Timbak sangat berbahaya pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak, serta kerusakan ginjal pada seluruh populasi. Air raksa dan siklodiena dikenal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, beberapa bahkan tidak dapat diobati. PCB dan siklodiena terkait pada keracunan hati. Organofosfat dan karbamat dapat menyebabkan gangguan pada saraf otot. Berbagai pelarut yang mengandung klorin merangsang perubahan pada hati dan ginjal serta penurunan system saraf pusat. Terdapat beberapa macam dampak kesehatan yang tampak seperti sakit kepala, pusing, letih, iritasi mata dan ruam kulit untuk paparan bahan kimia yang disebut diatas. Yang jelas, pada dosis yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan kematian.

### b. Pada ekosistem

Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia beracun/berbahaya bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat member akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut. Bahkan jika efek kimia pada bentuk kehidupan terbawah tersebut rendah bagian bawah piramida makanan dapat menelan bahan kimia asing yang lama kelamaan akan terkonsentrasi pada makhluk-makhluk penghuni piramida atas. Banyak dari efek-efek ini terlihat pada saat ini, seeperti konsentrasi DDT pada burung menyebabkan rapuhnya cangkang telur, meningkatnya tingkat kematian anakan dan kemungkinan hilangnya spesies tersebut.

### c. Dampak

pada pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman dimana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama.



*d. Menurunkan Kesuburan Tanah*

Di beberapa daerah pencemaran tanah akan menurunkan tingkat kesuburan tanah tanah itu sendiri. Tanaman akan sulit hidup di tanah yang tercemar dan meskipun tingkat hidup ia akan menghasilkan produk yang belum tentu aman untuk dikonsumsi. Selain itu fauna tanah yang selama ini tinggal pasti juga akan terusik keberadaannya.

*e. Pencemaran udara*

Sampah yang mencemari tanah secara perlahan akan terdekomposisi oleh bakteri decomposer. Proses ini akan berlangsung dalam waktu yang lama dan membuat udara di sekitarnya menjadi tidak nyaman untuk dihirup. Seperti kita ketahui bahwa proses dekomposisi akan membuat sampah jadi membusuk dan mengeluarkan gas-gas berbau menyengat.

*f. Wabah Penyakit.*

Dampak pencemaran tanah selanjutnya adalah penyebaran wabah penyakit berbahaya. Ya, betapapun tanah yang tercemar adalah tempat hidup yang nyaman bagi banyak pathogen penyebab penyakit. Sampah-sampah yang ada di atas permukaan juga adalah habitat bagi hewan penyebar penyakit seperti tikus dan serangga. Baik pathogen maupun hewan penyebar tersebut, keduanya adalah kombinasi tepat untuk menularkan wabah penyakit dari tanah yang tercemar ke seluruh komponen biotic, termasuk manusia.

*g. Merusak Estetika*

Di banyak kota dan Negara, pencemaran tanah berdampak pada rusaknya estetika atau keindahan ekosistem yang ada. Sampah yang menumpuk dan tersebar tentu tak sedap di pandang mata. Hal ini selain mengganggu bagi penghuni di sekitar tempat itu, tentu juga akan membuat wisatawan tidak tertarik untuk berkunjung ke daerah tersebut sehingga membuat mereka kehilangan pendapatan dari sector pariwisata.

### **3. Penanganan Pencemaran Tanah**

Remidiasi adalah kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Ada dua jenis remediasi tanah, yaitu : in-situ (atau on-site) dan ex-situ (atau off-site). Pembersihan on-site adalah pembersihan di lokasi. Pembersihan ini lebih murah dan lebih mudah, terdiri dari pembersihan, venting (injeksi) dan bioremediasi. Pembersihan Off-site meliputi penggalian tanah yang tercemar dan kemudian di bawa ke daerah yang aman. Setelah itu di daerah aman, tanah tersebut dibersihkan dari zat pencemar. Caranya yaitu, tanah tersebut disimpan di bak/tanki yang kedap, kemudian zat pembersih dipompakan ke bak/tanki tersebut. Selanjutnya zat pencemar dipompakan keluar dari bak yang kemudian diolah dengan instalasi pengolahan air limbah . Pembersihan off-site ini jauh lebih mahal dan rumit.

Bioremediasi adalah proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon

dioksida dan air). Menurut Dr. Anton Muhibuddin, salah satu mikroorganisme yang berfungsi sebagai bioremediasi adalah jamur versikular arbuskular mikoriza (vam). Jamur vam dapat berperan langsung maupun tidak langsung dalam remediasi tanah. Berperan langsung karena kemampuannya menyerap unsure logam dari dalam tanah dan berperan tidaklangsung karena menstimulir pertumbuhan mikroorganisme bioremediasi lain seperti bakteri tertentu, jamur dan sebagainya.

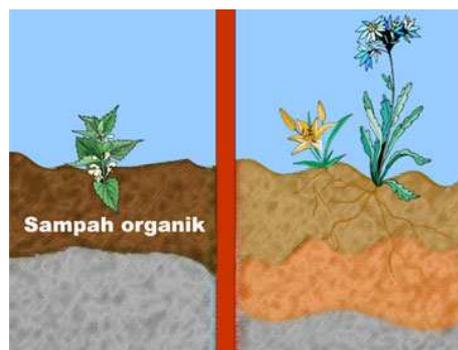
Ada 4 teknik dasar yang biasa digunakan dalam bioremediasi, yaitu:

- Stimulasi aktivitas mikroorganisme asli (di lokasi tercemar) dengan penambahan nutrien, pengaturan kondisi redoks, optimasi pH, dan sebagainya.
- Inokulasi (penanaman) mikroorganisme di lokasi tercemar, yaitu mikroorganisme yang memiliki kemampuan biotransformasi khusus.
- Penerapan immobilized enzymes
- Penggunaan tanaman untuk menghilangkan atau mengurangi pencemar.

#### 4. Cara menanggulangi pencemaran tanah

Penanganan khusus terhadap limbah domestik yang berjumlah sangat banyak diperlukan agar tidak mencemari tanah. Pertama sampah tersebut kita pisahkan ke dalam sampah organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme (biodegradable) dan sampah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (nonbiodegradable). Akan sangat baik jika setiap rumah tangga bisa memisahkan sampah atau limbah atas dua bagian yakni organik dan anorganik dalam dua wadah berbeda sebelum diangkut ketempat pembuangan akhir.

Sampah organik yang terbiodegradasi bisa diolah, misalnya dijadikan bahan urukan, kemudian kita tutup dengan tanah sehingga terdapat permukaan tanah yang dapat kita pakai lagi; dibuat kompos; khusus kotoran hewan dapat dibuat biogas dll sehingga dalam hal ini bukan pencemaran tanah yang terjadi tetapi proses pembusukan organik yang alami.



Namun demikian, semua bahan pencemar tersebut dapat dikurangi dengan melakukan beberapa kegiatan, antara lain:

- Sampah anorganik yang tidak dapat diurai oleh mikroorganisme. Cara penanganan yang terbaik dengan daur ulang. Kurangilah penggunaan pupuk sintetis dan berbagai bahan kimia untuk pemberantasan hama seperti pestisida.

- b. Limbah industri harus diolah dalam pengolahan limbah, sebelum dibuang kesungai atau kelaut.
- c. Kurangilah penggunaan bahan-bahan yang tidak bisa diuraikan oleh mikroorganisme (nonbiodegradable). Salah satu contohnya adalah dengan mengganti plastik sebagai bahan kemasan/pembungkus dengan bahan yang ramah lingkungan seperti dengan daun pisang atau daun jati.
- d. Penanganan pestisida sebagai pencemar tanah ialah dengan tidak menggunakannya. Cara ini merupakan yang paling baik hasilnya, tetapi hama tanah mengakibatkan hasil produksi menurun.

## Latihan

- 1) Bagaimana cara menanggulangi limbah domestic sebagai sumber pencemaran tanah?
- 2) Bagaimana cara menanggulangi pencemaran tanah agar tanah tetap subur dan produktif?
- 3) Langkah apa yang dapat petani lakukan agar penggunaan pestisida tidak berlebihan?
- 4) Apa yang saudara lakukan untuk memperbaiki kondisi tanah yang tercemar?
- 5) Aya yang saudara lakukan untuk mengurangi kandungan bahan pencemar yang ada?

### ***Petunjuk Jawaban Latihan***

- 1) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami materi terdapat pada topik 2, yaitu tentang cara menanggulangi pencemaran tanah.
- 2) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 2, yaitu yang terkait dengan cara menanggulangi pencemaran tanah.
- 3) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 2, yaitu yang terkait dengan cara menanggulangi pencemaran tanah.
- 4) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 2, yaitu yang terkait dengan penanganan pencemaran tanah.
- 5) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 2, yaitu yang terkait dengan cara menanggulangi pencemaran tanah.

## Ringkasan

Apabila tanah telah tercemar oleh suatu polutan, maka polutan tersebut akan mengendap dalam tanah sebagai zat yang beracun, ini biasanya terjadi karena: kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial, penggunaan pestisida; masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan, kecelakaan kendaraan pengangkut minyak, zat kimia, atau limbah air limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (illegal dumping).

Gejala pencemaran tanah dapat diketahui dari tanah yang tidak dapat digunakan untuk keperluan fisik manusia. Tanah yang tidak dapat digunakan, misalnya tidak dapat ditanami tumbuhan, tandus dan kurang mengandung air tanah.

Faktor-faktor yang mengakibatkan terjadinya pencemaran tanah antara lain pembuangan bahan sintesis yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme, seperti plastik, kaleng, kaca, sehingga menyebabkan oksigen tidak bisa meresap ke tanah.

Faktor lain, yaitu penggunaan pestisida dan detergen yang merembes ke dalam tanah dapat berpengaruh terhadap air tanah, flora, dan fauna tanah. Pada saat ini hampir semua pemupukan tanah menggunakan pupuk buatan atau anorganik. Zat atau unsur hara yang terkandung dalam pupuk anorganik adalah nitrogen (dalam bentuk nitrat atau urea), fosfor (dalam bentuk fosfat), dan kalium. Meskipun pupuk anorganik ini sangat menolong untuk meningkatkan hasil pertanian, tetapi pemakaian dalam jangka panjang tanpa dikombinasi dengan pupuk organik mengakibatkan dampak yang kurang bagus.

Dampaknya antara lain hilangnya humus dari tanah, tanah menjadi kompak (padat) dan keras, dan kurang sesuai untuk tumbuhnya tanaman pertanian. Selain itu, pupuk buatan yang diperjual belikan umumnya mengandung unsur hara yang tidak lengkap terutama unsur-unsur mikro yang sangat dibutuhkan tumbuhan dan juga pupuk organik mudah larut dan terbawa ke perairan, misalnya danau atau sungai yang menyebabkan terjadinya eutrofikasi.

Ada beberapa cara untuk mengurangi dampak dari pencemaran tanah. diantaranya dengan remediasi dan bioremediasi. Remediasi yaitu dengan cara membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Sedangkan Bioremediasi dengan cara proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri).

## Tes 2

- 1) Menanggulangi dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran tanah dapat dilakukan dengan cara . . . .
  - A. Penanganan khusus terhadap limbah domestik yang berjumlah sangat banyak diperlukan agar tidak mencemari tanah
  - B. Penanganan sementara terhadap limbah domestik yang berjumlah sangat banyak diperlukan agar tidak mencemari tanah
  - C. Tindakan sementara terhadap limbah domestik yang berjumlah sangat banyak diperlukan agar tidak mencemari tanah
  - D. Membakar terhadap limbah domestik yang berjumlah sangat banyak diperlukan agar tidak mencemari tanah
  - E. Dibuang khusus terhadap limbah domestik yang berjumlah sangat banyak diperlukan agar tidak mencemari tanah
  
- 2) Mengapa timbulan sampah dari limbah domestic dapat mencemari tanah?
  - A. Pertama sampah tersebut kita pisahkan ke dalam sampah organik yang dapat diuraikan\*.
  - B. Belum cara untuk mengurangi dampak dari pencemaran tanah. diantaranya dengan remediasi dan bioremediasi.
  - C. Perlu dibuatkan tempat khusus untuk menangani masalah sampah.
  - D. Tidak dapat dilakukan di tempat-tempat yang khusus.
  - E. Harus dengan teknologi yang tepat guna.
  
- 3) Faktor-faktor yang dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran tanah diantaranya adalah . . . .
  - A. pembuangan bahan sintesis yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme, seperti plastik, kaleng, kaca, sehingga menyebabkan oksigen tidak bisa meresap ke tanah
  - B. pengelolaan bahan tercemar yang cukup memadai
  - C. diuraikan oleh mikroorganisme, seperti plastik, kaleng, kaca, sehingga menyebabkan oksigen tidak bisa meresap ke tanah
  - D. tidak diuraikan oleh mikroorganisme, seperti plastik, kaleng, kaca, sehingga menyebabkan oksigen tidak bisa meresap ke tanah
  - E. Perlu bantuan mikroorganisme untuk menguraikan bahan pencemar
  
- 4) Gejala pencemaran tanah dapat diketahui melalui kondisi . . . .
  - A. tanah yang tidak dapat digunakan, misalnya tidak dapat ditanami tumbuhan, tandus dan kurang mengandung air tanah.\*
  - B. meningkatkan kualitas tanah sehingga produktivitas meningkat.
  - C. meningkatkan unsur hara pada tanah.

- D. lebih produktif dibandingkan kondisi yang tidak tercemar.
  - E. aman untuk ditanami dan daya resap meningkat.
- 5) Beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak dari pencemaran tanah diantaranya adalah . . . .
- A. dengan remediasi dan bioremediasi
  - B. pemberian pupuk kimia yang lebih.
  - C. memberikan perlakuan yang sesuai dengan tingkat pencemaran.
  - D. pengolahan tanah dengan cara injeksi bahan aditif.
  - E. penggalian untuk diganti dengan tanah yang lebih subur dengan menambahkan bahan kimia.

## Topik 3

# Titik Pengambilan Sampel Tanah

Saudara mahasiswa, setelah topik 2 kita selesaikan dengan baik dan saudara telah memahami isi dan maknanya, maka untuk selanjutnya mari kita pelajari topik ke 3. Topik ke 3 ini membahas tentang titik pengambilan sampel tanah yang akan digunakan untuk melakukan proses pemeriksaan tanah secara fisik baik di lapangan maupun di laboratorium.

Pada topik 3 ini pembahasannya dimulai dengan mengupas tentang titik pengambilan sampel tanah selanjutnya digunakan untuk melakukan pemeriksaan secara fisik baik di lapangan maupun laboratorium. Untuk pemeriksaan di lapangan melakukan pemeriksaan suhu tanah, sedangkan yang di periksa di laboratorium melakukan pemeriksaan berat jenis dan kadar air tanah. Selanjutnya mari kita bahas satu-persatu agar saudara lebih mengerti dan memahami isi dari topik ke 3 tersebut.

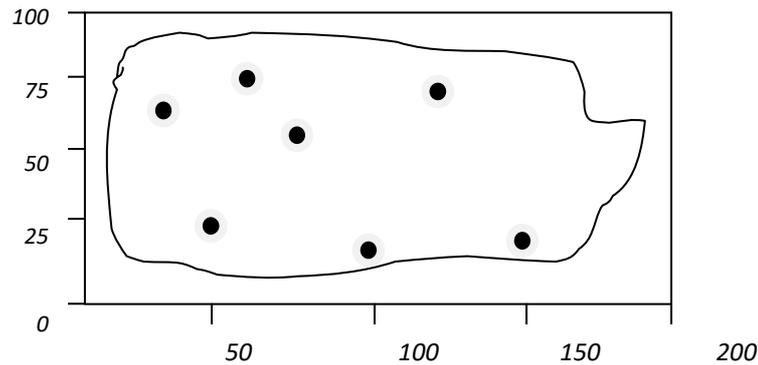
### A. TITIK PENGAMBILAN SAMPEL TANAH

Pengambilan Sampel tanah dapat dilakukan dan disesuaikan dengan tujuan pengambilan sampel yaitu:

1. Pengambilan Sampel Sesaat (Grab Sample) adalah sampel yang menunjukkan sifat sampel pada saat diambil.
2. Pengambilan Sampel Gabungan Waktu (Composite Time Sample) adalah campuran beberapa sampel yang diambil pada titik yang sama pada waktu yang berbeda.
3. Pengambilan Sampel Gabungan Tempat (Composite Place Sample) adalah campuran beberapa sampel yang diambil dari beberapa titik tertentu dengan volume dan waktu yang sama.
4. Pengambilan Sampel Terpadu (Integerated Sample) adalah campuran beberapa sampel gabungan waktu dan tempat.

Titik pengambilan sampel tanah sangat tergantung pada luas dan kondisi tanah yang tercemar maupun karakteristik dan mobilitas polutan didalam tanah. Apabila komposisi polutan dan pengaruhnya diketahui, sampel yang harus diambil terbatas pada lokasi tanah yang tercemar dan yang tidak tercemar sebagai pembanding atau kontrol untuk mengetahui konsentrasi polutan sehingga kualitas tanah sebenarnya dapat diketahui.

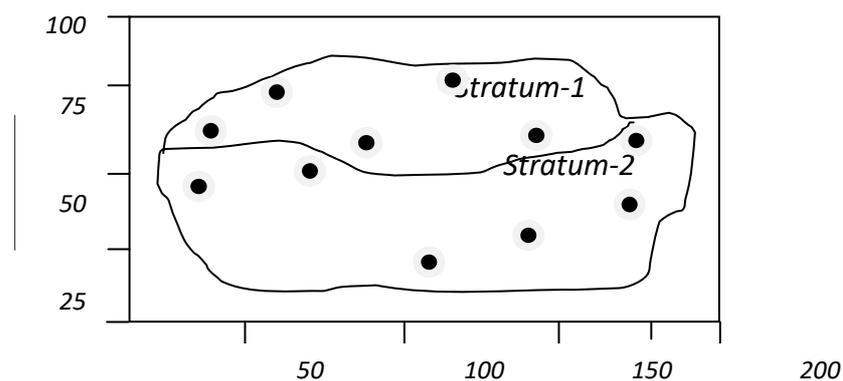
Jika pencemaran telah diketahui berdasarkan pengamatan visual, seperti perubahan warna dan bau atau tidak adanya vegetasi karena tumpahan, kebocoran, atau kelindian zat kimia, namun belum diketahui jenis bahan pencemarnya. Langkah awal pengambilan sampel didesain untuk analisis kualitatif agar jenis dan karakteristik polutannya dapat diketahui. Informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan titik pengambilan dan jumlah sampel.



Gambar 1.1. Pengambilan sampel tanah secara acak sederhana.

Pertama, cara acak sederhana dipilih apabila kondisi lokasi pengambilan diasumsikan cenderung homogenitas dan variabilitas komposisi kimiawi tanahnya rendah, sebagai contoh daerah perkebunan, persawahan, dan lain-lain. Untuk menghindari bias yang dilakukan oleh pengambil sampel, cara acak sederhana sangat baik dilakukan menuju ke lapangan.

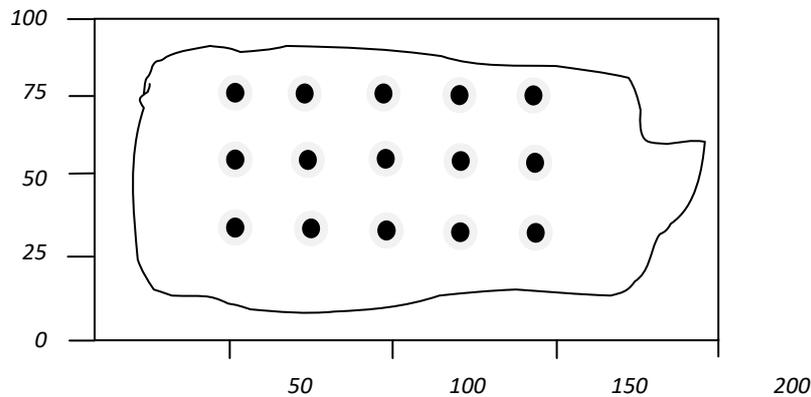
Yang kedua, pengambilan sampel tanah dengan cara acak stratifikasi digunakan untuk mengetahui kualitas tanah tiap stratum. Cara tersebut dapat meningkatkan presisi pengambilan sampel sehingga hasilnya dapat menggambarkan kualitas tanah yang lebih representative. Cara itu diterapkan pada daerah yang mempunyai topografi, jenis vegetasi, tipe tanah, atau perkiraan paparan kontaminan yang berbeda. Apabila cara acak stratifikasi diterapkan, presampling untuk mendefinisikan pembagian strata berdasarkan perbedaan tanah secara fisik atau kontaminan yang ada harus dilakukan terlebih dahulu. Kegiatan itu dilakukan berdasarkan informasi sebelumnya atau survey pendahuluan. Dengan cara kedua ini, kualitas tanah setiap bagian dapat diketahui lebih detail berdasarkan stratum yang telah ditetapkan.



Gambar 1.2. Pengambilan sampel tanah secara acak stratifikasi

Terakhir, untuk mendapatkan gambaran kualitas tanah di daerah tertentu yang lebih detail dengan presisi tinggi, pengambilan sampel tanah secara sistematis dapat dilakukan. Pengambilan secara sistematis diawali dengan penentuan satu titik acuan yang dilakukan

secara acak. Titik-titik pengambilan yang lain lalu ditentukan berdasarkan titik acuan tersebut dengan interval yang sama antara satu titik dan titik lainnya.



Gambar 1.3. Pengambilan sampel tanah secara sistematis.

Apabila pengambilan sampel berdasarkan kedalaman diperlukan karena suatu alasan, tingkat kedalaman yang direkomendasikan tergantung pada tujuan dan kondisi tanah yang akan diambil. Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0-30 cm diperlukan untuk mengetahui kualitas humus atau daerah aktivitas akar tanaman. Sementara itu, pengambilan pada kedalaman 30-100 cm diperlukan untuk mengetahui pengendalian simpanan air tanah, pergerakan zat-zat dalam tanah, dan tingkat kepadatan tanah. Ada pun pengambilan sampel permukaan tanah, yaitu pada kedalaman kurang dari 5 cm, diperlukan untuk mengetahui deposisi asam akibat pengaruh hujan asam.

Untuk meminimisasi biaya yang dibutuhkan dalam pengambilan sampel dan analisis kualitas tanah, dapat diterapkan cara komposit kedalaman, yaitu pengambilan sampel pada kedalaman tertentu dengan peralatan pengambilan sampel core. Tanah yang telah diambil lalu dicampur sehomogen mungkin. Kemudian sub-sampel diambil untuk analisis laboratorium. Disamping dapat menekan biaya, penggunaan cara tersebut lebih mudah dilakukan meskipun semua informasi tentang variabilitas kedalaman tidak dapat diketahui dengan pasti.

Namun demikian, penentuan jumlah titik pengambilan sampel disesuaikan dengan tujuan dan kondisi lahan untuk memenuhi keterwakilan pengambilan sampel. Karena itu, setiap kuadran dapat diambil lebih dari satu titik pengambilan sampel.

## B. METODE SAMPLING

Jenis metode sampling tanah utama yang biasanya dilakukan di lapangan dan sederhana, adalah sebagai berikut:

1. Sampling lapisan tanah permukaan secara grab, sampling ini menggunakan peralatan seperti sekop dari metal, plastic dan kayu. Lapisan tanah yang tercemar dapat berada di antara dua titik sampling yang dipilih. Peralatan yang digunakan untuk mengambil sampel di satu titik sampling harus dalam keadaan benar-benar bersih. Metode

sampling tanah permukaan secara grab ini dapat juga digunakan pada lokasi yang jenis tanah permukaannya beragam.

2. Teknik pengambilan Manual Shallow Sub Surface. Metode ini banyak dikerjakan secara manual menggunakan peralatan seperti bor tangan, pipa pendesak dan sekop untuk mendapatkan sampel tanah dari lapisan tanah paling atas. Alat tersebut dapat juga digunakan pada berbagai tekstur lapisan tanah. Kedua teknik mempunyai keuntungan karena lebih murah dan menggunakan peralatan yang mudah digunakan, tidak memerlukan latihan khusus, sampling dapat dilakukan dengan cepat, dan teknik ini tidak dilakukan untuk survey pendahuluan. Akan tetapi teknik membutuhkan waktu dan titik tepat untuk pengambilan sampel padat kasar atau sampel tanah kering.
3. Pemboran Kedalaman Sub Surface. Teknik ini biasanya menggunakan traktor atau alat berat yang lain. Metode ini lebih banyak menggunakan alat dan waktu, tetapi lebih cepat dari pada penggalian manual pada kedalaman 1 m, dimana teknik ini menghasilkan banyak sampel atau sampel yang sulit diambil. Potensial pencemaran sampel atau hilangnya unsur-unsur dalam sampel dapat terjadi akibat perlakuan yang memenuhi prosedur atau teknik penyimpanan yang tidak memperhatikan factor-faktor yang dapat menyebabkan kesalahan dalam analisa sampel. Beberapa hal tersebut harus dihindari. Sekali waktu untuk menghindari kesalahan perlu perlu mengambil dua sampel. Satu sampel untuk analisa logam dikemas dalam wadah plastic, sedang sampel lain untuk analisa bahan organic dikemas dalam wadah dari bahan logam atau gelas.
4. Trial pit Trech- metode penggalian ini dapat dilakukan dengan alat penggali mekanik atau back hoe. Metode ini jarang digunakan untuk pengambilan sampel pada kedalaman lebih dari 5 m. Meskipun demikian sampel yang diambil dengan metode ini cukup mewakili. Hanya saja metode ini sukar dilakukan dengan penggalian manual. Petugas sampling tidak dapat mencapai pada lubang galian pada kedalaman tertentu. Bagaimanapun juga pemilihan prosedur sampling harus memperhatikan bahan yang akan diambil dan perlengkapan sampling. Harus diupayakan untuk mendapatkan sampel yang homogeny, representative dari lokasi pengambilan sampel tanah, kemudian harus diperhatikan juga pencampuran dan penyimpanan sampel. Sehingga harus diutamakan bagaimana memilih peralatan sampling yang tepat untuk mendapatkan sampel tanah atau sampel lain akan berpengaruh pada ketepatan hasil analisa.
5. Untuk menghindari kesalahan pemilihan titik sampling harus dilakukan beberapa cara sampling yang tepat. Beberapa kelompok sampel tanah harus dipisahkan setelah sampel kering dengan cara mengayak. Sampel diayak mencapai diameter 2mm. Untuk mengetahui tingkat pencemaran pada profil sampel dari hasil galian satu lubang atau lebih, sebaiknya diambil contoh tanah yang pertama dari dasar galian, baru kemudian

diambil pada bagian permukaan. Peralatan harus dibersihkan setiap pengambilan sampel baru.

### **C. KEDALAMAN SAMPLING**

Beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk menentukan kedalaman tanah yang akan disampling, yaitu:

1. kegunaan hasil analisa.
2. latar belakang situs tanah.
3. tingkat pencemaran tanah
4. profil tanah
5. tujuan analisa tanah.

#### **1. Jumlah Sampel**

Jumlah sampel yang dikumpulkan tergantung dari beberapa factor dan membutuhkan perkiraan yang akurat dari setiap sampling. Diperlukan perhitungan statistic yang sesuai dari jumlah sampel yang akan diambil, seperti perhitungan secara geometri. Jumlah sampel yang akan diambil dengan perkiraan statistic yang akurat dapat dihitung dengan uji statistic secara analisa varian atau geometric. Jumlah sampel tergantung dari metode sampling tanah yang dipilih dan bervariasi (untuk luas permukaan 1000 m<sup>2</sup>) dari 5 sampel untuk penyelidikan awal sampai 50 sampel untuk penyelidikan detail (lanjut). Untuk lokasi dimana terjadi pencemaran tanah, sebaiknya diambil sampel dalam jumlah yang besar untuk preparasi awal dan analisisnya. Sampling tanaman dianjurkan terutama jika terdapat kejanggalan seperti jika Nampak adanya tanaman yang mati. Tanaman merupakan indicator dari adanya pencemaran tanah yang serius. Sampel tanah dan tanaman dianjurkan diambil pada saat yang sama dan dianggap sebagai sampel tercemar. Sampel ini bermanfaat mengetahui konsentrasi bahan pencemar.

#### **2. Berat Sampel**

Berat sampel tanah yang diambil berkisar 1000 gr setiap titik sampling pada satu lubang galian. Jumlah itu sudah cukup untuk analisa parameter fisik dan kimia yang dikehendaki untuk tujuan analisa pengawasan kualitas dan analisa tambahan yang diperlukan pada saat itu. Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengestimasi berat sampel yang akan diambil, sehingga pada tingkat penentuan awal sampling tidak terjadi kesalahan. Pada kasus yang mendesak metode sampling yang digunakan hanya mendapatkan sampel yang sedikit, hal ini dapat diatasi dengan mengambil kembali sampel tersebut. Sebaiknya petugas sampling mengambil sampel sedikitnya 200 gr setiap lubang yang digali. Dimana berat sampel 200 gr ini adalah berat minimum untuk memastikan kebutuhan sampel untuk analisa parameter fisik atau untuk uji kualitas dan uji prosedur.

### 3. Ukuran dan Label Sampel

Ukuran sampel dan pelabelan sampel merupakan hal penting dalam sampling dan analisa serta interpretasi. Sehingga data-data yang diperoleh harus dikumpulkan dengan teliti. Seperti data geologi tanah, seharusnya menjadi kebiasaan bagi petugas sampling untuk divantumkan. Pada berbagai kondisi cuaca, karena kurangnya pengalaman petugas sampling, dapat mengakibatkan kesalahan atau melupakan hal-hal prinsip dalam sampling. Tabel berfungsi sebagai checklist untuk mempermudah pengumpulan data sampling. Hal semacam ini sangat penting untuk panataan sampling tanah dan lokasi setiap sampel.

### 4. Waktu Sampling

Suatu sampling dapat dipertimbangkan sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Sampling dapat dilakukan pada waktu yang tepat pada saat terjadi pencemaran bahan kimia pada konsentrasi mencapai puncaknya. Sampling tidak boleh segera dilaksanakan setelah hujan lebat, karena pada saat itu tanah tergenang oleh air. Atau pada saat terjadi tiupan angin kencang dengan kecepatan diatas 40 km/jam. Perubahan temporal sekecil apapun akan berpengaruh pada pencemaran tanah.

#### CHECKLIST untuk Pengambilan Sampel

Parameter	Tanah	Tanaman	Limbah Cair	Air Dalam	Air Permukaan
Nomor Sampel	+	+	+	+	+
Nama Petugas	+	+	+	+	+
Lokasi Sampling	+	+	+	+	+
Tanggal Sampling	+	+	+	+	+
Waktu Sampling	+	+	+	+	+
Kedalam Sampling	+	+	+	+	+
Deskripsi Lokasi Sampling )*	-	-	-	-	-
Tanaman di sekitar lokasi	+	+	-	-	-
Topografi	+	+	+	+	+
Kondisi Terakhir Lokasi	+	+	-	-	-
Latar Belakang Lokasi	+	+	-	-	-
Tujuan Pemilihan Lokasi	+	+	-	-	-
Cuaca (hari saat sampling dan hari sebelum sampling)	+	+	+	+	+
Gejala visual )*	-	-	+	-	-
Deskripsi Tanah	+	-	-	-	-

(spesifikasi dan cirri umum)*					
Warna )**	+	-	+	+	+
Bau )**	+	-	-	-	-
Kejernihan	-	-	+	+	+
Kekeruhan	-	-	+	+	+
Parameter Terukur					
Suhu	+	+	+	+	+
Kelembaban	+	-	-	-	-
CO <sub>3</sub>	+	-	-	-	-
pH	+	-	+	+	+
Daya Hantar Listrik	+	-	+	+	+
DO	+	-	+	+	+

)\* Tidak mutlak diperlukan pada sampel (yang diambil dari tempat yang sama)

)\*\* Dapat dijelaskan dengan keterangan seperti sangat lemah, cukup kuat, sangat kuat, dan digolongkan menjadi bau tanah, bau apel, bau obat, amis, aromatic, dll. Warna untuk tanah dapat diambil dari grafik warna tanah.

## Latihan

- 1) Sebutkan perbedaan pengambilan sampel yang dilakukan secara acak!
- 2) Menentukan titik pengambilan sampel harus berdasarkan ketentuan yang ada, sebutkan!
- 3) Pengambilan sampel tanah harus disesuaikan dengan tujuannya, mengapa demikian?
- 4) Sebutkan jenis metode sampling tanah!
- 5) Sebutkan beberapa faktor yang mempengaruhi kedalaman pengambilan sampel tanah!

### ***Petunjuk Jawaban Latihan 3***

- 1) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 3, yaitu yang terkait dengan titik pengambilan sampel tanah.
- 2) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 3, yaitu yang terkait dengan tentang titik pengambilan sampel tanah.
- 3) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 3, yaitu yang terkait dengan tentang titik pengambilan sampel tanah.
- 4) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 3, yaitu yang terkait dengan metode sampling tanah.

- 5) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 3, yaitu yang terkait dengan kedalaman sampling tanah.

## Ringkasan

Titik pengambilan sampel tanah ditentukan sesuai dengan kebutuhan atau penelitian pemeriksaan fisik maupun kimia serta balteriologis tanah. Penentau titik pengambilan disesuaikan dengan tujuan dan kondisi lahan untuk memenuhi keterwakilan wilayah pengambilan. Kedalaman sampel anah yang akan diambil juga disesuaikan dengan keperluan dengan tujuan dan kondisi tanah yang akan diambil. jadi titik dan tempat serta kedalaman sampel tanah yang akan diambil harus disesuaikan dengan tujuan pemeriksaan, kondisi tanah yang akan diambil.

## Tes 3

- 1) Pernyataan dibawah ini yang merupakan salah satu persyaratan penentuan titik pengambilan sampel tanah adalah . . . .
  - A. luas dan kondisi tanah yang tercemar
  - B. warna tanah dan temperature tanah yang dipilih
  - C. kedalaman pencemaran dan konsentrasi pencemaran
  - D. struktur dan tekstur tanah yang tercemar
  - E. kadar air dan berat jenis tanah yang tercemar
  
- 2) Pengambilan sampel tanah dengan cara acak sederhana dapat dilakukan apabila . . . .
  - A. homogenitas dan variabilitas komposisi tanahnya sangat tinggi
  - B. homogenitas dan variabilitas komposisi tanahnya rendah
  - C. permeabilitas dan porositas tanahnya kurang sesuai
  - D. tidak tergantung dari factor komposisi tanahnya
  - E. sangat tergantung pada kondisi lingkungan yang ada
  
- 3) Ada beberapa jenis metode sampling tanah, yang benar adalah . . . .
  - A. pengambilan dengan cara sesaat saja.
  - B. pengambilan dengan cara sederhana menggunakan cangkul
  - C. secara grab, manual swallow up surface, surface trial pit trech
  - D. secara manual, auger grab, pengeboran dengan rojok
  - E. sistem rojok, grab dan pengeboran dengan auger
  
- 4) Berat sampel yang akan diambil untuk pemeriksaan fisik tanah adalah sebesar . . . .
  - A. 100 - 200 gram
  - B. 200 – 300 gram

- C. 300 – 400 gram
  - D. 1000 gram
  - E. 500 gram
- 5) Waktu yang tepat untuk melakukan sampling tanah dilakukan pada saat . . . .
- A. panas tinggi dan angin kencang
  - B. kondisi gerimis dan angin sedang.
  - C. terjadi pencemaran dan selesai hujan.
  - D. selesai hujan lebat dan angin kencang.
  - E. terjadi pencemaran dan konsentrasi sangat tinggi\*.

## Topik 4 Pemeriksaan Parameter Fisik Tanah

Saudara mahasiswa, setelah topik 3 kita selesai, maka kita melanjutkan ke topik berikutnya yaitu topik 4 yang akan melakukan kegiatan pemeriksaan baik dilapangan maupun laboratorium. Topik ini saudara diharuskan melakukan pemeriksaan parameter fisik tanah dari sampel yang telah diambil di lapangan. Topik ke 4 ini membahas tentang pemeriksaan parameter fisik dari sampel tanah yang telah diambil untuk diperiksa antara lain : suhu tanah, berat jenis tanah dan kadar air tanah.

Pada topik 4 ini pembahasannya dimulai dengan mengupas cara pemeriksaan suhu tanah, berat jenis tanah dan kadar air tanah. Selanjutnya mari kita bahas satu-persatu agar saudara lebih mengerti dan memahami isi dari topik ke 4 tersebut dan trampil dalam melakukan praktikum.

### A. TEMPERATUR TANAH

Temperatur (suhu) tanah adalah suatu sifat tanah yang sangat penting, secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dan juga terhadap kelembaban, aerasi, struktur, aktivitas microbial, dan enzimatik, dekomposisi serarah/sisa makanan dan ketersediaan hara-hara tanaman. Temperatur tanah merupakan salah satu factor tumbuh tanaman yang penting sebagaimana halnya air, udara dan unsur hara. Proses kehidupan bebijian, akar tanaman dan mikroba tanah secara langsung dipengaruhi oleh temperature tanah. Laju reaksi kimiawi meningkat dua kali lipat untuk setiap  $10^{\circ}$  kenaikan temperatur.

Temperatur dinyatakan dalam derajat :

1. skala sentigrade pada tahun 1742 oleh Anders Celcius (ahli Astronomi Swedia<sup>0</sup>, yang kemudian paling umum digunakan di dunia. Satu sentigrade = 1/100 dari total perbedaan antara temperature air pada titik beku dan titik didih di bawah tekanan atmosfer baku (700 mm Hg (merkuri)),
2. interval temperature ini juga digunakan untuk menyatakan temperature absolute (derajat Kelvin), namun skalanya dimulai pada  $-273,18^{\circ}\text{C}$  sebagai titik nol, dan
3. pada tahun 1724 seorang blower gelas bangsa Jerman "Fahrenheit" mengembangkan system graduasi temperature dengan menggunakan temperatur terbeku dari campuran ammonium klorida – es – air sebagai titik nol dan panas darah sebagai titik  $100^{\circ}\text{F}$  (Kohnke, 1980).
4. hubungan ke tiga skala temperature ini adalah :

$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 0,556$
---	---

$^{\circ}\text{K} - 273 = ^{\circ}\text{C} = 0,556^{\circ}\text{F} - 17,8$
--

Jumlah panas yang ada pada suatu bodi disebut sebagai kapasitas thermal atau kapasitas panas. Kapasitas thermal suatu substansi dapat didefinisikan sebagai jumlah panas yang dibutuhkan untuk mengubah temperatur per satuan bobot massa substansi tersebut. Satuan kapasitas panas adalah gram per kalori ( $\text{g Cal}^{-1}$ ), yaitu jumlah panas yang dibutuhkan untuk mengubah temperatur 1 gram air dari 15 menjadi 16 $^{\circ}\text{C}$ . Panas spesifik adalah kapasitas panas suatu substansi yang dihubungkan dengan sifat air ini, yang berpanas-spesifik air =  $1 \text{ cal g}^{-1}$ , sedangkan kebanyakan mineral-mineral penyusun tanah berpanas-spesifik hampir  $0,2 \text{ cal g}^{-1}$ . Secara umum semua substansi berkapasitas-panas lebih kecil dari air (Kohnke,1980).

## **B. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI TEMPERATUR TANAH.**

Temperatur tanah ditentukan oleh interaksi sejumlah factor. Semua panas tanah berasal dari dua sumber yaitu:

- a. Radiasi matahari dan awan.
- b. Konduksi dari dalam bumi.

Faktor external (lingkungan) dan internal (tanah) menyumbang perubahan-perubahan temperatur tanah.

### **Cara Pemeriksaan Temperatur Tanah**



Temperatur merupakan factor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Temperatur berkorelasi positif dengan radiasi matahari. Temperatur tanah maupun udara di sekitar tajuk tanaman. Tinggi rendahnya temperatur di sekitar tanaman ditentukan oleh radiasi matahari, kerapatan tanaman, distribusi cahaya dalam tajuk tanaman, kandungan lengas tanah. Temperatur mempengaruhi beberapa proses fisiologi penting : bukaan stomata, laju transpirasi, laju penyerapan air dan nutrisi, fotosintesis, dan respirasi peningkatan suhu sampai titik

optimum akan diikuti oleh peningkatan proses di atas. Setelah melewati titik optimum, proses tersebut mulai dihambat baik secara fisik maupun kimia, menurunnya aktivitas enzim (enzim terdegradasi). Pengukuran temperatur dilakukan pada berbagai kedalaman, yaitu 5;10;20;50 dan 100 cm dari permukaan tanah. Pengukuran bisa dilakukan pada tanah berumput pendek dan pada areal terbuka. Seperti diketahui bahwa suhu tanah berpengaruh terhadap penyerapan air. Semakin rendah suhu semakin sedikit air yang diserap oleh akar, karena itu penurunan suhu tanah mendadak dapat menyebabkan kelayuan tanaman.

Peningkatan temperatur di sekitar iklim mikro tanaman akan menyebabkan cepat hilangnya kandungan lengas tanah. Peranan temperatur kaitannya dengan hilangnya lengas tanah melewati mekanisme transpirasi dan evaporasi. Peningkatan temperatur terutama temperatur tanah dan iklim mikro di sekitar tajuk tanaman akan mempercepat kehilangan lengas tanah terutama pada musim kemarau. Pada musim kemarau, peningkatan temperatur iklim mikro tanaman berpengaruh negative terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman terutama pada daerah yang lengas tanahnya terbatas. Pengaruh negative temperatur pada lengas tanah dapat melalui perlakuan pemulsaan (mengurangi evaporasi dan transpirasi).

Temperatur tanah merupakan hasil dari keseluruhan radiasi yang merupakan kombinasi emisi panjang gelombang dan aliran panas dalam tanah. Temperatur tanah juga disebut intensitas panas dalam tanah dengan satuan derajat Celcius, derajat Fahrenheit, derajat Kelvin dan lain-lain.

Suhu biasanya diamati pada kedalaman 5;10;20;50 dan 100 cm. Untuk keperluan ini telah dibuat thermometer sesuai dengan kedalamannya. Pengukuran suhu tanah dilakukan pada tanah yang tertutup oleh rumput maupun tanah yang terbuka. Pengukuran biasanya dilakukan dalam areal stasiun pengamatan. Areal tidak boleh ternaungi dan tergenang air, hal ini harus dihindari. Thermometer dilindungi dengan pagar kawat dan dijaga agar tanah disekitarnya tidak terganggu. Prinsip kerja thermometer tanah hampir sama dengan thermometer biasa, hanya bentuk dan panjangnya berbeda. Pengukuran temperatur tanah lebih teliti daripada temperatur udara. Perubahannya lambat sesuai dengan sifat kerapatan tanah yang lebih besar daripada udara. Sampai kedalaman 20 cm digunakan thermometer air raksa dalam tabung gelas dengan bola ditempatkan pada kedalaman yang diinginkan. Ciri-ciri dari thermometer tanah adalah pada bagian skala dilengkungkan, hal ini dibuat adalah untuk memudahkan dalam pembacaan thermometer dan menghindari kesalahan paralaks.

Thermometer tanah untuk kedalaman 50 dan 100 cm bentuknya berbeda dengan kedalaman lain. Thermometer berada dalam tabung gelas berisi paraffin, kemudian tabung diikat dengan rantai lalu diturunkan dalam selongsong tabung logam ke dalam tanah sampai kedalaman 50 cm atau 100 cm. Pembacaan dilakukan dengan mengangkat thermometer dari dalam tabung logam, kemudian dibaca. Adanya paraffin untuk memperlambat perubahan suhu ketika thermometer terbaca di udara. Thermometer tanah pada kedua kedalaman ini bisa merupakan suatu kapiler yang panjang dari mulai permukaan tanah, mudah sekali patah apabila tanah bergerak turun atau pecah karena kekeringan.

Cara melakukan pengukuran:

1. Dilubangi tanah dengan kedalaman 0,5,10,20,30 dan 50 cm.
2. Dimasukkan thermometer ke dalam rongga tanah yang telah dilubangi tersebut.
3. Tunggu selama 5 menit untuk setiap lubang yang akan diperiksa.
4. Diperiksa dan diamati skala temperaturnya.
5. Dicatat hasil pengamatan ke dalam buku catatat dalm bentuk tabel.
6. Kemudian bisa digambar grafik hasil pengukuran hubungan suhu tanah dengan kedalaman, suhu tanah dengan waktu dan suhu tanah dengan suhu udara.

### **C. PENGUKURAN BERAT JENIS TANAH**

Berat jenis (specific gravity tanah adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada volume yang sama dan suhu tertentu. Berat jenis tanah sangat penting diketahui yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan-perhitungan mekanika tanah.

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi berat jenis tanah adalah :  
Tekstur tanah, partikel-partikel tanah yang ukuran partikelnya kasar, memiliki nilai berat jenis yang tinggi, misalnya pasir, ukuran partikel pasir lebih besar dari pada ukuran partikel liat sehingga berat jenis pasir lebih tinggi dari pada liat dan sebaliknya.(Darmawijaya,1997).
2. Bahan organik tanah, merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali. Bahan organik tanah memiliki berat jenis tanah. Semakin banyak kandungan bahan organik tanah, menyebabkan semakin rendahnya berat jenis tanah (Rahardjo, 2001)..

### **D. HUBUNGAN BERAT ISI (BI) DAN BERAT JENIS (BJ)**

Berat Isi dan Berat Jenis tanah saling berhubungan. Salah satu manfaat nilai berat isi tanah, yaitu untuk menghitung porositas. Untuk menghitung porositas kita harus mengetahui berat jenis partikelnya terlebih dahulu. Sedangkan salah satu manfaat berat jenis, yaitu untuk menentukan perhitungan ruang pori dalam tanah. Untuk menghitung ruang pori dalam tanah, kita harus mengetahui berat isi tanah terlebih dahulu. (Tim Dosen FPUB, 2010).

### **E. PENGARUH PENGOLAHAN LAHAN**

Pengaruh terhadap pengolahan lahan dari berat isi dan berat jenis tanah sangat banyak, di antaranya dalam proses infiltrasi tanah, jika sebuah tanah memiliki rongga atau pori-pori yang banyak maka penyerapan air akan baik atau cepat. Seperti halnya pada tanah berpasir, tanah ini sering digunakan dalam pembuatan lapangan sepak bola yang memerlukan penyerapan air lebih cepat namun tidak untuk media pembudidayaan tanaman.

Pengaruh pengolahan tanah terhadap berat isi pada 3 minggu setelah tanam. Pengolahan lahan sangat diperlukan untuk menjaga kesuburan tanah. Tanah yang berstruktur mantap berat isinya juga akan tinggi. Itu dikarenakan tanah tersebut memiliki kerapatan yang tinggi, sehingga akar dari tumbuhan atau tanaman tersebut akan sulit menembus atau memecah tanah dan air akan sulit untuk meresap ke dalam tanah, sehingga air akan mudah tergenang di atas permukaan tanah. Untuk mengatasi itu, maka diperlukan pengolahan tanah yang baik, diantaranya dengan cara membajak tanah dan menggemburkan tanah. Dengan membajak tanah, akan membuat rongga atau pori-pori dalam tanah menjadi lebih banyak, sehingga penyerapan air, udara, dan berbagai mineral yang dibutuhkan tanaman dapat lebih mudah.

Dalam mempelajari berat isi dan berat jenis tanah dapat ditentukan berapa pupuk yang dibutuhkan untuk pemupukan lahan tersebut sehingga kita dapat meminimalisir pemakaian pupuk. Dengan kata lain dalam teorinya, pengolahan lahan dapat mengurangi berat isi dan berat jenis tanah pada suatu jenis lahan. Sehingga akar tanaman bisa menembus tanah dengan baik dan tanaman bisa tumbuh dengan subur, baik pada lahan semusim, lahan produksi, dan lahan kampus. ( Hanafiah, 2005 )

Prosedur pemeriksaan berat jenis tanah:

Peralatan:

1. Picnometer kapasitas 50 ml
2. Oven dilengkapi dengan pengatur suhu hingga  $115^{\circ}\text{C}$
3. Neraca dengan ketelitian 0,01 gr
4. Thermometer ukuran 0 –  $100^{\circ}\text{C}$  dengan ketelitian  $1^{\circ}\text{C}$
5. Saringan no. 40/ 40 mesh
6. Botol berisi aquades
7. Kompor
8. Bak perendam

Cara melakukan:

1. Sampel tanah ditumbuk agar butiran terlepas sehingga dapat disaring pada saringan 40 mesh.
2. Kemudian sampel tanah dikeringkan dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam lalu dinginkan.
3. Cuci picnometer dan keringkan.
4. Timbang picnometer dengan tutupnya sebagai ( $W_1$ )
5. Masukkan sampel uji ke dalam picnometer hingga mencapai  $1/3$  volume, lalu timbang dan catat sebagai ( $W_2$ ).
6. Tambahkan air ke dalam picnometer sebanyak  $1/3$  volume sehingga isi picnometer menjadi  $2/3$  bagian.
7. Didihkan picnometer di kompor untuk mengeluarkan udara yang terjebak di dalamnya, kemudian angkat.

8. Rendam picnometer dalam wadah/bak rendaman selama 24 jam.
9. Ukur suhu rendaman air dengan thermometer.
10. Akibat perendaman, air dalam picnometer akan berkurang, tambahkan air lagi hingga posisi 2/3 picnometer.
11. Keringkan bagian luar picnometer dan timbang kemudian catat sebagai ( $W_3$ ).
12. Keluarkan isi picnometer lalu bersihkan.
13. Isi picnometer dengan aquades hingga 2/3 volume picnometer kemudian timbang catat sebagai ( $W_4$ ).

Perhitungan:

Berat Jenis tanah (GS) dapat dihitung dengan rumus :

$$GS = (W_2 - W_1) / (W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)$$

Dimana :

$W_1$  = berat labu ukur (gr)

$W_2$  = berat labu ukur + tanah (gr)

$W_3$  = berat labu ukur + tanah + air (gr)

$W_4$  = berat labu ukur + air pada temperatur ( $T^{\circ}C$ ) (gr)

Faktor koreksi pada suhu dapat dilihat pada tabel berikut :

$T^{\circ}C$	K	$T^{\circ}C$	K
25	1,0000	29	0,9989
26	0,9997	30	0,9986
27	0,9995	31	0,9983
28	0,9992		

Diskripsi tanah berdasarkan berat jenis tanah:

Jenis Tanah	GS	Jenis Tanah	GS
Kerikil	2,65 – 2,68	Lanau	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68	Lanau tak berorganik	2,68 - 2,72
Lempung tak berorganik	2,62 – 2,65	Lempung berorganik	2,58 – 2,66

## F. KADAR AIR TANAH

Air mempunyai fungsi yang penting dalam tanah. Antara lain pada proses pelapukan mineral dan bahan organik tanah, yaitu reaksi yang mempersiapkan hara larut bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, air juga berfungsi sebagai media gerak hara ke akar-akar tanaman. Akan tetapi, jika air terlalu banyak tersedia, hara-hara dapat tercuci dari daerah-daerah perakaran atau bila evaporasi tinggi, garam-garam terlarut mungkin terangkat

kelapisan tanah atas. Air yang berlebihan juga membatasi pergerakan udara dalam tanah, merintangai akar tanaman memperoleh  $O_2$  sehingga dapat mengakibatkan tanaman mati.

Kandungan air tanah dapat ditentukan dengan beberapa cara. Sering dipakai istilah-istilah nisbi, seperti basah dan kering. Kedua-duanya adalah kisaran yang tidak pasti tentang kadar air sehingga istilah jenuh dan tidak jenuh dapat diartikan yang penuh terisi dan yang menunjukkan setiap kandungan air dimana pori-pori belum terisi penuh. Jadi yang dimaksud dengan kadar air tanah adalah jumlah air yang bila dipanaskan dengan oven yang bersuhu  $105^\circ C$  hingga diperoleh berat tanah kering yang tetap.

Dua fungsi yang saling berkaitan dalam penyediaan air bagi tanaman yaitu memperoleh air dalam tanah dan pengaliran air yang disimpan ke akar-akar tanaman. Jumlah air yang diperoleh tanah sebagian bergantung pada kemampuan tanah yang menyerap air cepat dan meneruskan air yang diterima dipermukaan tanah ke bawah. Akan tetapi jumlah ini juga dipengaruhi oleh faktor-faktor luar seperti jumlah curah hujan tahunan dan sebaran hujan sepanjang tahun.

Kadar air tanah kering udara tidak selalu konstan dan ia bersifat dinamis. Oleh karena itu semua hasil analisis dinyatakan terhadap bobot tanah kering mutlak ( $105^\circ C$ ). Dengan cara ini kadar air ditetapkan secara langsung dengan mengukur kehilangan bobot air karena kehilangan air melalui pengeringan contoh tanah (Tim Dasar-Dasar Ilmu Tanah, 2010).

Air terdapat di dalam tanah Alfisol ditahan (diserap) oleh massa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Baik kelebihan air ataupun kekurangan air dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Fungsi air tanah yaitu sebagai pembawa unsur hara dalam tanah serta keseluruhan bagian tanaman. Kadar air selalu berubah sebagai respon terhadap faktor-faktor lingkungan dan gaya gravitasi. Karena itu contoh tanah dengan kadar air harus disaring, diukur, dan biasanya satu kali contoh tanah akan dianalisis untuk penerapan suatu sifat (Hakim, dkk., 1986).

Jumlah air yang ditahan oleh tanah dapat dinyatakan atas dasar berat dan isi. Begitupula pada tanah Alfisol pada umumnya, dasar penentuannya adalah pengukuran kehilangan berat dari suatu contoh tanah yang lebih lembab setelah dikeringkan pada suhu  $105^\circ C$  selama 24 jam. Kehilangan berat sama dengan berat air yang terdapat dalam contoh tanah. Kadar air ( $\theta$ ) dihitung secara gravimetrik dengan satuan  $g / g$ , yaitu berat air yang terdapat di dalam suatu massa tanah kering ( $\theta = \text{tanah lembab} / \text{berat kering oven}$ ) (Pairunan, dkk., 1985). Kadar air dalam tanah Alfisol dapat dinyatakan dalam persen volume yaitu persen volume air terhadap volume tanah. Cara ini mempunyai keuntungan karena dapat memberikan gambaran tentang ketersediaan air pada pertumbuhan pada volume tanah tertentu. Cara penetapan kadar air tanah dapat digolongkan dengan beberapa cara penetapan kadar air tanah dengan gravimetrik, tegangan atau hisapan, hambatan listrik dan pembauran neutron. (Hardjowigeno, S., 1992).

Daya pengikat butir-butir tanah Alfisol terhadap air adalah besar dan dapat menandingi kekuatan tanaman yang tingkat tinggi dengan baik begitupun pada tanah Inceptisol dan Vertisol, karena itu tidak semua air tanah dapat diamati dan ditanami oleh tumbuhan. (Syarief, 1998).

Faktor tumbuhan dan iklim mempunyai pengaruh yang berarti pada jumlah air yang dapat diabsorpsi dengan efisien tumbuhan dalam tanah. Kelak akan ketahanan pada kekeringan, keadaan dan tingkat pertumbuhan adalah faktor tumbuhan yang berarti. Temperatur dan perubahan udara merupakan perubahan iklim dan berpengaruh pada efisiensi penggunaan air tanah dan penentuan air yang dapat hilang melalui saluran evaporasi permukaan tanah. Diantara sifat khas tanah yang berpengaruh pada air tanah yang tersedia adalah hubungan tegangan dan kelembaban, kadar garam, kedalaman tanah, strata dan lapisan tanah. (Buckman dan Brady, 1982).

Banyaknya kandungan air tanah berhubungan erat dengan besarnya tegangan air (moisture tension) dalam tanah tersebut. Kemampuan tanah dapat menahan air antara lain dipengaruhi oleh tekstur tanah. Tanah-tanah yang bertekstur kasar mempunyai daya menahan air yang lebih kecil dari pada tanah yang bertekstur halus. Pasir umumnya lebih mudah kering dari pada tanah-tanah bertekstur berlempung atau liat. (Hardjowigeno, S., 1992).

#### **Metode:**

Metode yang digunakan untuk pemeriksaan kadar air dari sampel tanah basah atau sampel tanah kering. Untuk sampel tanah basah, kadar air ditentukan dari massa air dalam sampel tanah dan dihitung dalam satuan %. Perhitungan kadar air dapat digunakan sebagai dasar menghitung konsentrasi bahan kimia tertentu dalam sampel tanah dalam baik kering maupun basah dalam satuan mg/kg.

Metode pengeringan sampel tanah yang digunakan diusahakan sebisa mungkin tidak menghilangkan semua kandungan air kristalit yang mengikat mineral. Jika pemeriksaan sampel tanah ingin berhasil, kadar air pada sampel tanah yang dikeringkan dengan pemanasan oven ditentukan dengan memisahkan terlebih dahulu sub sampel dari sampel awal yang mewakili, dengan demikian sampel yang dikeringkan dengan oven tidak dapat digunakan untuk pemeriksaan fisika dan kimia, sejauh pengeringan dengan oven berpengaruh terhadap kuantitas analit.

#### **Penggunaan:**

Kadar air ditentukan dengan perbandingan % massa air dalam sampel pada saat disampling dikurangi dengan massa air dalam sampel setelah dikeringkan.

Pengeringan dengan oven pada suhu  $110 \pm 5$  °C tidak dapat digunakan untuk menentukan kadar air dalam tanah yang mengandung gypsum atau mineral yang sedikit terikat dengan air, atau sampel tanah yang dipastikan mengandung beberapa bahan organik (misal tanah gemuk). Tanah jenis ini dapat teroksidasi atau terdekomposisi pada suhu pengeringan yang digunakan. Dalam kondisi demikian, akurasi pengukuran kadar air dapat diperbaiki dengan pengeringan dingin menggunakan oven vakum yang dilengkapi dengan setting tekanan 10 mmHg dan suhu 30 °C.

Peralatan:

1. Oven pengering, dilengkapi dengan kontrol suhu sampai  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$
2. Neraca, ketepatan sampai 0,01 g
3. Beker glas 100 ml
4. Desikator

Prosedur:

1. Timbang beker glass kering dan bersih.
2. Masukkan 100 g sampel tanah ke dalam beker glass, dan timbang kembali . Sampel yang ditimbang berupa butiran yang kasar, untuk mendapatkan hasil yang akurat, sebaiknya pilihlah sampel yang ukuran partikelnya besar.
3. Masukkan sampel basah ke dalam alat pengering (oven) pada suhu  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  samapi diperoleh berat yang konstan (pengeringan dalam waktu 24 jam dilakukan agar diperoleh berat yang konstan).
4. Ambilsampel dari dalam oven, masukkan ke dalam desikator hingga suhu kamar.
5. Timbang sampel + beker glass, jika diperlukan ulangi lagi penimbangan sampai 3-5 kali hingga di dapat berat konstan.

Perhitungan:

$$M = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_3} \times 100 \%$$

Dimana : M = kadar air ( % )

$W_1$  = berat bekglass + sampel basah (gram)

$W_2$  = berat bekglass +sampel kering (gram)

$W_3$  = berat bekglass (gram).

## Latihan

- 1) Apa yang dimaksud dengan temperature tanah dan factor-faktor yang mempengaruhi?
- 2) Bagaiman cara melakukan pengukuran temperature tanah?
- 3) Bagaimana cara menghitung berat jenis tanah?
- 4) Bagaimana cara mengukur kadar air tanah?
- 5) Sebutkan pengaruh berat jebis tanah terhadap pengolahan tanah?

***Petunjuk Jawaban Latihan 4***

- 1) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 4, yaitu yang terkait dengan temperatur tanah.

- 2) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 4, yaitu yang terkait dengan cara pengukuran temperatur tanah.
- 3) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 4, yaitu yang terkait dengan pengukuran berat jenis tanah dengan menggunakan rumus :  
Berat Jenis tanah (GS) dapat dihitung dengan rumus :  
$$GS = (W_2 - W_1) / (W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)$$
- 4) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 4, yaitu yang terkait dengan pengukuran kadar air tanah dengan menggunakan rumus  
$$M = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_3} \times 100 \%$$
- 5) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 4, yaitu yang terkait dengan pengaruh pengolahan lahan.

## Ringkasan

- 1) Temperatur (suhu) adalah suatu sifat tanah yang sangat penting, secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dan juga terhadap kelembaban, aerasi, struktur, aktivitas microbial, dan enzimatik, dekomposisi serarah/sisa makanan dan ketersediaan hara-hara tanaman. Temperatur tanah merupakan salah satu factor tumbuh tanaman yang penting sebagaimana halnya air, udara dan unsur hara. Proses kehidupan bebijian, akar tanaman dan mikroba tanah secara langsung dipengaruhi oleh temperature tanah.  
Temperatur tanah merupakan hasil dari keseluruhan radiasi yang merupakan kombinasi emisi panjang gelombang dan aliran panas dalam tanah. Temperatur tanah juga disebut intensitas panas dalam tanah dengana satuan derajat Celcius, derajat Fahrenheit, derajat Kelvin dan lain-lain.  
Faktor-faktor yang mempengaruhi temperatur tanah.  
Temperatur tabah ditentukan oleh interaksi sejumlah factor. Semua panas tanah berasal dari dua sumber yaitu
  - a) Radiasi matahari dan awan.
  - b) Konduksi dari dalam bumi.
- 2) Berat jenis (specific grafity tanah adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada volume yang sama dan suhu tertentu. Berat jenis

tanah sangat penting diketahui yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan-perhitungan mekanika tanah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi berat jenis tanah adalah :

- a) Tekstur tanah, partikel-partikel tanah yang ukuran partikelnya kasar, memiliki nilai berat jenis yang tinggi, misalnya pasir, ukuran partikel pasir lebih besar dari pada ukuran partikel liat sehingga berat jenis pasir lebih tinggi dari pada liat dan sebaliknya.(Darmawijaya,1997).
- b) Bahan organik tanah, merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali. Bahan organik tanah memiliki berat jenis tanah. Semakin banyak kandungan bahan organik tanah, menyebabkan semakin rendahnya berat jenis tanah (Rahardjo, 2001).

Pengaruh terhadap pengolahan lahan dari berat isi dan berat jenis tanah sangat banyak, di antaranya dalam proses infiltrasi tanah, jika sebuah tanah memiliki rongga atau pori-pori yang banyak maka penyerapan air akan baik atau cepat.

- 3) Kadar air tanah kering udara tidak selalu konstan dan ia bersifat dinamis. Air terdapat di dalam tanah Alfisol ditahan (diserap) oleh massa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Kadar air selalu berubah sebagai respon terhadap faktor-faktor lingkungan dan gaya gravitasi. Karena itu contoh tanah dengan kadar air harus disaring, diukur, dan biasanya satu kali contoh tanah akan dianalisis untuk penerapan suatu sifat (Hakim, dkk., 1986).
- 4) Daya pengikat butir-butir tanah Alfisol terhadap air adalah besar dan dapat menandingi kekuatan tanaman yang tingkat tinggi dengan baik begitupun pada tanah Inceptisol dan Vertisol, karena itu tidak semua air tanah dapat diamati dan ditanami oleh tumbuhan. (Syarief, 1998).
- 5) Banyaknya kandungan air tanah berhubungan erat dengan besarnya tegangan air (moisture tension) dalam tanah tersebut. Kemampuan tanah dapat menahan air antara lain dipengaruhi oleh tekstur tanah. Tanah-tanah yang bertekstur kasar mempunyai daya menahan air yang lebih kecil dari pada tanah yang bertekstur halus. Pasir umumnya lebih mudah kering dari pada tanah-tanah bertekstur berlempung atau liat. (Hardjowigeno, S., 1992).

## Tes 4

- 1) Yang dimaksud dengan pengolahan lahan terhadap berat isi dan berat jenis tanah adalah . . . .
  - A. proses infiltrasi tanah dan penyerapan air dalam tanah
  - B. kandungan air dalam tanah dan porositas tanah
  - C. sifat fisik tanah dan tekstur tanah

- D. tekstur dan struktur tanah  
E. kadar air dan berat jenis tanah
- 2) Dua fungsi yang saling berkaitan dalam penyediaan air bagi tanaman adalah . . . .
- A. kandungan air yang terserap oleh akar tanaman
  - B. memperoleh air dalam tanah dan pengaliran air yang disimpan ke akar-akar tanaman
  - C. banyak unsur hara yang terkandung pada tanah
  - D. memberikan supply air pada akar tanaman
  - E. membersihkan zat-zat pencemar pada tanah sehingga tidak meracuni tanaman
- 3) Jumlah air yang diperoleh tanah sangat tergantung pada kemampuan . . . .
- A. tanah untuk menyimpan unsur hara yang terkandung didalamnya
  - B. air tanah untuk masuk ke lapisan tanah di bawahnya
  - C. tanah yang menyerap air cepat dan meneruskan air yang diterima tanah ke bawah
  - D. menyimpan dan meneruskan kandungan air tanah
  - E. meneruskan kandungan unsur hara ke akar tanaman
- 4) Hasil pemeriksaan sampel tanah di laboratorium diketahui sebagai berikut:  
Berat sampel tanah basah = 20 gram  
Berat beerglass (W3) = 10 gram  
Berat beerglass + sampel basah(W1) = 30 gram  
Berat beerglass + sampel kering(W2) = 15 gram  
Dari yang diketahui tersebut, maka kadar air dari sampel tanah tersebut adalah . . . .
- A. 25 %
  - B. 50 %
  - C. 80 %
  - D. 75 %\*
  - E. 60 %
- 5) Untuk menghitung faktor kadar air tanah rumus yang digunakan adalah . . . .
- A. Faktor Kadar Air (FKA) =  $100 : (100 - KV)$
  - B. Faktor Kadar Air (FKA) =  $100 : (100 - BJ)$
  - C. Faktor Kadar Air (FKA) =  $100 : (100 - BV)$
  - D. Faktor Kadar Air (FKA) =  $100 : (100 - M)$
  - E. Faktor Kadar Air (FKA) =  $100 : (100 - KA)$

## Kunci Jawaban Tes

### *Tes 1*

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

### *Tes 2*

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

### *Tes 3*

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

### *Tes 4*

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

## Glosarium

- Geologi (bumi)
- Regolith (partikel halus)
- Pedologi (ilmu tanah)
- Edaphologi (ilmu kesuburan tanah)
- Vegetasi (tumbuhan)
- Soil (tanah) dan Land (lahan)
- Top soil (lapisan tanah atas) dan Sub soil (lapisan tanah bawah)
- Agregat (butiran)
- Solum tanah (lapisan tanah teratas yang masih dipengaruhi cuaca)
- Horizon (lapisan tanah yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi)
- Regosol (jenis tanah)
- Andosol (jenis tanah)
- Podosolik (jenis tanah)
- Genesis (keturunan)
- Leaching (pencucian)
- BOT ( bahan organic tanah)
- Clay (lempung), Sandy clay (lempung berpasir), Silty loam(lempung berdebu)
- Praliferasi (pertumbuhan),
- Illegal dumping (tidak memenuhi syarat)
- In sity/onsite (di lokasi tanah yang tercemar), ex situ /off site (diluar lokasi tanah yang tercemar).
- Venting (injeksi)
- VAM (versikular arbuskular mikoriza)
- Immobilized enzymes (mikroorganisme dalam tanah)
- Imokulasi (penanaman)
- Grab Sample (Sampel Sesaat)
- Composite Time Sample (sampel gabungan waktu)
- Composite Place Sample (Sampel Gabungan Tempat)
- Integerated Sample (Sampel Terpadu)

## Daftar Pustaka

- Abdul Madjid, DR.IR.MS,2007. Dasar Dasar Ilmu Tanah . Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Mekanika Tanah](http://id.wikipedia.org/wiki/Mekanika_Tanah)  
<http://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/tanah/sifat-fisik-tanah>  
<http://ujiansma.com/hubungan-air-tanah-udara-dan-tanaman>  
Hanafiah Kemas Ali, Ilmu Tanah . PT.Raja Grafindo Persada, Jakarta  
Bachri,moch,1995.Geologi Lingkungan. CV. Aksara, Malang 112 hal.  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran Tanah](http://id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran_Tanah).  
[http : // artikel-julian.blogspot.com/2011/01/pencemaran-tanah-akibat-penyebab](http://artikel-julian.blogspot.com/2011/01/pencemaran-tanah-akibat-penyebab).  
Tejoyowono N,2006 .Ilmu Tanah, Universitas Gajah Mada.  
Wikipedia, 2007.Pencemaran Tanah (On-line). <http://id.wikipedia.org/wiki/pencemaran-tanah>.diakses 26 desember 2007.  
[www.google.com](http://www.google.com). Teknologi Pengolahan Kesehatan Masyarakat. Pencemaran Tanah.  
Wasilah Abu Sudja,dkk,2002. Kimia Llingkungan. “Pencemaran Tanah” : Pusat Penerbitan Universitas Terbuka  
Anwar Hadi , 2002. Pengambilan sampel lingkungan. Penerbit Erlangga  
Basuki Nur, Hernowo Sigit, 2003. Prosedur Sampling dan Analisa Tanah. Depkes R.I.Dirjen PPMPL, BTKL Yogyakarta.  
<https://bannuntahtoh.wordpress.com/2013/09/15/pengambilan-sampah-uji-fisik-kimia-bio/>  
[https://ariirvansyah.blogspot.co.id/2015/03/penetapan-kadar-air-tanah\\_92.html](https://ariirvansyah.blogspot.co.id/2015/03/penetapan-kadar-air-tanah_92.html)  
<http://www.ilmusipil.com/cara-mengetahui-berat-jenis-tanah>  
<http://teknologibenih.blogspot.co.id/2009/10/pengukuran-suhu-tanah.html>

## **BAB V SAMPAH**

*Darjati*

### **PENDAHULUAN**

Saudara mahasiswa dalam bab ini kita akan membahas tentang sampah dan permasalahannya. Telah kita ketahui bawasannya sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses. Didefinisikan oleh manusia sebenarnya tidak ada konsep sampah, yang ada hanya produk-produk yang dihasilkan setelah dan selama proses alami tersebut berlangsung. Sampah adalah bahan baik padat atau cair yang tidak digunakan lagi dan dibuang. Definisi sampah menurut UU-18/2008 tentang Pengelolaan Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat.

Pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Berdasarkan uraian tersebut diatas maka sangat perlu sekali sampah itu dikelola dengan baik dan benar akan tidak menimbulkan pencemaran dan gangguan pada manusia dan lingkungan.

Selanjutnya, ruang lingkup materi yang akan dibahas pada bab ini mencakup tentang definisi sampah, sumber sampah, jenis dan karakteristik sampah.

Pada bab ini, seluruh cakupan atau ruang lingkup materi yang telah disebutkan itu, akan disajikan ke dalam 3 (tiga) Topik.

1. Topik 1: Definisi dan Pengertian sampah
2. Topik 2: Sumber dan Timbulan Sampah
3. Topik 3: Jenis dan karakteristik sampah

Selanjutnya, setelah mempelajari materi-materi yang ada pada Bab 5 ini diharapkan Saudara dapat:

1. menjelaskan tentang definisi sampah menurut beberapa pakar dengan benar
2. menjelaskan tentang sumber sampah dengan benar
3. menjelaskan jenis dan karakteristik sampah
4. melakukan pengambilan sampel sampah
5. melakukan pemeriksaan fisik sampah meliputi: berat jenis, kadar air dan kadar volatile.

Kuasailah materi yang disajikan dalam Bab ini dengan baik. Mengapa? Sebab dengan menguasai materi tersebut, tentu Saudara akan memiliki wawasan yang luas tentang materi tanah dan permasalahannya yang nantinya sangat berguna dalam kehidupan keseharian Anda dan juga pada profesi Saudara sebagai fungsional sanitarian.

Selanjutnya, agar Saudara berhasil dengan baik dalam mempelajari seluruh materi yang ada pada Bab ini, ikutilah saran atau petunjuk belajar sebagai berikut:

## ✍ ■ Fisika Lingkungan ✍ ■

- 1) Bacalah setiap uraian dengan teliti, cermat, dan tertib sampai Saudara memahami pesan, ide, dan makna yang disampaikan.
- 2) Lakukanlah diskusi dengan teman-teman sejawat dalam kelompok untuk mengatasi bagian-bagian yang belum Saudara pahami.
- 3) Kerjakan semua soal yang terdapat pada latihan dan tes dengan disiplin tinggi.
- 4) Perbanyak pula membaca materi yang sesuai dari sumber lainnya, seperti yang direferensikan dalam modul ini.
- 5) Jangan lupa, tanamkan dalam diri Saudara bahwa Saudara insya allah akan berhasil dan buktikanlah bahwa Saudara telah berhasil.

## Topik 1

# Definisi dan Pengertian Sampah

Sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses. Didefinisikan oleh manusia sebenarnya tidak ada konsep sampah, yang ada hanya produk-produk yang dihasilkan setelah dan selama proses alami tersebut berlangsung. Sampah adalah bahan baik padat atau cair yang tidak digunakan lagi dan dibuang.

Definisi sampah menurut UU-18/2008 tentang Pengelolaan Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat.

Pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah.

Menurut bentuknya sampah dibagi sebagai :

### A. SAMPAH PADAT

Sampah padat adalah segala bahan buangan selain kotoran manusia, urine dan sampah cair. Dapat berupa sampah rumah tangga: sampah dapur, sampah kebun, plastic, metal, gelas dan lain-lain. Menurut bahannya sampah ini dapat dikelompokkan menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang berasal dari barang yang mengandung bahan-bahan organik seperti sisa-sisa sayur, hewan, kertas, potongan-potongan kayu dari peralatan rumah tangga, potongan-potongan ranting, rumput pada waktu pembersihan kebun dan sebagainya.

Berdasarkan kemampuan diurai oleh alam (biodegradability). maka sampah dapat dibagi lagi menjadi :

1. Biodegradable yaitu sampah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerob, seperti : sampah dapur, sisa-sisa hewan, sampah pertanian dan perkebunan.
2. Non-degradable yaitu sampah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi. Dapat dibagi lagi menjadi :
  - a. Recyclable : sampah yang dapat diolah dan digunakan kembali karena memiliki nilai secara ekonomi seperti plastik, kertas, pakaian dan lain-lain.
  - b. Non-recyclable : sampah yang tidak memiliki nilai ekonomi dan tidak dapat diolah atau diubah kembali seperti tetra packs, carbon paper, thermo coal dan lain-lain.

### B. SAMPAH CAIR

Sampah cair adalah bahan cairan yang telah digunakan dan tidak diperlukan kembali dan dibuang ke tempat pembuangan sampah. Limbah hitam adalah sampah cair yang dihasilkan dari toilet. Sampah ini mengandung patogen yang berbahaya. Limbah rumah tangga adalah sampah cair yang dihasilkan dari dapur, kamar mandi dan tempat cucian. Sampah ini mungkin mengandung patogen. Dalam kehidupan manusia, sampah dalam

jumlah besar datang dari aktivitas industri. Hampir semua produk industri akan menjadi sampah suatu waktu, dengan jumlah sampah yang kira-kira mirip dengan jumlah konsumsi.

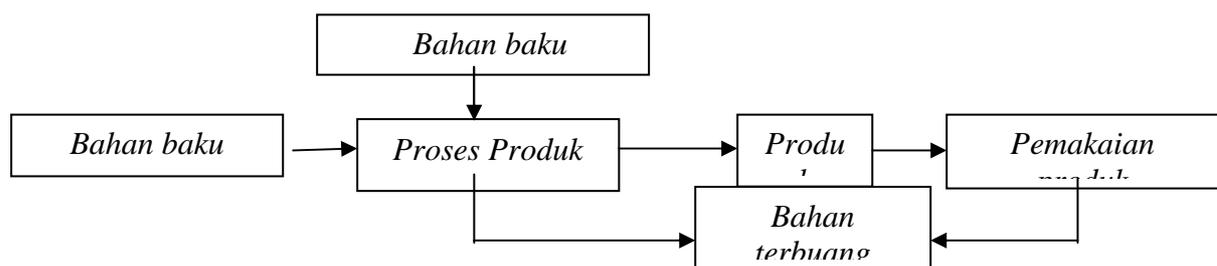
Berdasarkan sifatnya sampah dibagi menjadi :

1. Sampah organik : dapat diurai (degradable), yaitu sampah yang mudah membusuk seperti sisa makanan, sayuran, daun-daun kering, dan sebagainya. Sampah ini dapat diolah menjadi kompos dan briket arang.
2. Sampah an-organik : tidak terurai (undegradable), yaitu sampah yang tidak mudah membusuk, seperti plastik wadah pembungkus makanan, kertas, plastik mainan, botol dan gelas minuman, aleng, kayu, dan sebagainya. Sampah ini dapat dijadikan sampah komersil atau sampah yang laku dijual untuk dijadikan produk lainnya. Beberapa sampah anorganik yang dapat dijual adalah plastik, wadah pembungkus makanan, botol dan gelas bekas minuman, kaleng, kaca dan kertas, baik kertas koran, HVS, maupun karton.

### C. TERBENTUKNYA LIMBAH SECARA UMUM

Terdapat keterkaitan antara bahan baku , energi, produk yang dihasilkan dan limbah dari sebuah proses industri, maupun aktivitas manusia sehari-hari. Bahan terbuang (limbah) dapat berasal dari proses produksi atau dari pemakaian barang-barang yang dikonsumsi, yang dapat digambarkan sebagai berikut (Gambar 1.1). Dengan mengenal keterkaitan tersebut, maka akan lebih mudah mengenal bagaimana limbah terbentuk dan bagaimana usaha penanggulangannya.

Banyak cara untuk mengidentifikasi limbah dengan tujuan utama untuk mengevaluasi resiko yang mungkin ditimbulkan dan untuk mengevaluasi cara penanganannya. Setidaknya ada 5 (lima) kelompok bagaimana limbah terbentuk. (Sumber: Enri Damanhuri)



GAMBAR 1.1.  
PROSES PEMBENTUKAN BUANGAN

1. Limbah yang berasal dari bahan baku yang tidak mengalami perubahan komposisi baik secara kimia maupun biologis. Mekanisme transportasi yang terjadi hanya bersifat fisis semata seperti pemotongan, penggergajian, dan sebagainya. Limbah kategori ini

sangat cocok untuk dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku. Sampah kota banyak termasuk dalam kategori ini.

2. Limbah yang terbentuk sebagai hasil samping dari sebuah proses kimia, fisika, dan biologis, atau karena kesalahan ataupun tidak-optimuman proses yang berlangsung. Limbah yang dihasilkan mempunyai sifat yang berbeda dari bahan baku semula. Limbah ini ada yang dapat menjadi bahan baku bagi industri lain atau sama sekali tidak dapat dimanfaatkan. Usaha modifikasi proses akan mengurangi terbentuknya limbah jenis ini.
3. Limbah yang terbentuk akibat penggunaan bahan baku sekunder, misalnya pelarut atau pelumas. Bahan baku sekunder ini tidak ikut dalam reaksi proses pembentukan produk. Limbah ini kadangkala sangat berarti dari sudut kuantitas dan merupakan sumber utama dari industrial waste water. Teknik daur ulang ataupun penghematan penggunaan bahan baku sekunder banyak diterapkan dalam menanggulangnya.
4. Limbah yang berasal dari hasil samping proses pengolahan limbah. Pada dasarnya semua pengolahan limbah tidak dapat mentransfer limbah menjadi 100 % non limbah. Ada produk samping yang harus ditangani lebih lanjut, baik berupa partikulat, gas dan abu (dari insenerator), lumpur (misalnya dari unit pengolahan limbah cair) atau bahkan limbah cair (misalnya dari lindi sebuah lahan urug).
5. Limbah yang berasal dari bahan samping pemasaran produk industri, misalnya kertas, plastik, kayu, logam, drum, kontainer, tabung kosong, dan sebagainya. Limbah jenis ini dapat dimanfaatkan kembali sesuai fungsinya semula atau diolah terlebih dahulu agar menjadi produk baru. Sampah kota banyak terdapat dalam kategori ini.

#### **D. PENGGOLONGAN JENIS SAMPAH**

Di negara industri, jenis sampah atau yang dianggap sejenis sampah, dikelompokkan berdasarkan sumbernya seperti :

1. Pemukiman : biasanya berupa rumah atau apartemen. Jenis sampah yang ditimbulkan antara lain sisa makanan, kertas, kardus, plastic, tekstil, kulit, sampah kebun, kayu, kaca, logam, barang bekas rumah tangga, limbah berbahaya dan sebagainya.
2. Daerah komersial : yang meliputi pertokoan, rumah makan, pasar, perkantoran, hotel, dan lain-lain. Jenis sampah yang ditimbulkan antara lain kertas, kardus, plastic, kayu, sisa makanan, kaca, logam, limbah berbahaya dan beracun, dan sebagainya.
3. Institusi : yaitu sekolah, rumah sakit, penjar, pusat pemerintahan, dan lain-lain. Jenis sampah yang ditimbulkan sama dengan jenis sampah pada daerah komersial.
4. Konstruksi dan pembongkaran bangunan : meliputi pembuatan konstruksi baru, perbaikan jalan, dan lain-lain. Jenis sampah yang ditimbulkan antara lain kayu, baja, beton, debu, dan lain-lain.
5. Fasilitas umum : seperti penyapuan jalan, taman, pantai, tempat rekreasi, dan lain-lain. Jenis sampah yang ditimbulkan antara lain rubbish, sampah taman, ranting, daun, dan sebagainya.

6. Pengolah limbah domestic seperti instalasi pengolahan air minum, instalasi pengolahan air buangan, dan incinerator. Jenis sampah yang ditimbulkan antara lain lumpur hasil pengolahan, debu, dan sebagainya.
7. Kawasan industri: jenis sampah yang ditimbulkan antara lain sisa proses produksi, buangan non industri, dan sebagainya.
8. Pertanian: jenis sampah yang dihasilkan antara lain sisa makanan busuk, sisa pertanian.

Penggolongan tersebut diatas lebih lanjut dapat dikelompokkan berdasarkan cara penanganan dan pengolahannya, yaitu:

1. Komponen mudah membusuk (putrescible) : sampah rumah tangga, sayuran, buah-buahan, kotoran binatang, bangkai, dan lain-lain.
2. Komponen bervolume besar dan mudah terbakar (bulky combustible) : kayu, kertas, kain plastic, karet, kulit dan lain-lain.
3. Komponen bervolume besar dan sulit terbakar (bulky noncombustible) : logam, mineral, dan lain-lain.
4. Komponen bervolume kecil dan mudah terbakar (small combustable).
5. Komponen bervolume besar dan sulit terbakar (small noncombustable)
6. Wadah bekas : botol, drum dan lain-lain.
7. Tabung bertekanan/gas.
8. Serbuk dan abu : organic (misal pestisida), logam metalik, non metalik, bahan amunisi dan sebagainya.
9. Lumpur, baik organic maupun anorganik.
10. Puing bangunan.
11. Kendaraan tak terpakai.
12. Sampah radioaktif.

Pembagian yang lain sampah dari negara industri antara lain berupa:

1. Sampah oraganik mudah (garbage) : sampah sisa dapur, sisa makanan, sampah sisa sayur, dan kulit buah-buahan.
2. Sampah organic tak membusuk (rubbish) : mudah terbakar (combustible) seperti kertas, karton, plastic, dan sebagainya dan tidak mudah terbakar (non combustible) seperti logam , kaleng, gelas.
3. Sampah sisa abu pembakaran penghangat rumah (aches).
4. Sampah bangkai binatang (dead animal) : bangkai tikus, ikan, anjing, dan binatang ternak.
5. Sampah sapuan jalan (street sweeping) : sisa-sisa pembungkus dan sisa makanan, kertas, daun.
6. Sampah baungan sisa konstruksi (demolition waste), dan sebagainya.

Sampah yang berasal dari pemukiman/tempat tinggal dan daerah komersial, selain terdiri atas sampah organik dan anorganik, juga dapat berkategori B3. Sampah organik bersifat biodegradable sehingga mudah terdekomposisi, sedangkan sampah anorganik bersifat non- biodegradable sehingga sulit terdekomposisi. Bagian organik sebagian besar terdiri atas sisa makanan, kertas, kardus, plastik, tekstil, karet, kulit, kayu, dan sampah kebun. Bagian anorganik sebagian besar terdiri dari kaca, tembikar, logam, dan debu. Sampah yang mudah terdekomposisi, terutama dalam cuaca yang panas, biasanya dalam proses dekomposisinya akan menimbulkan bau dan mendatangkan lalat.

Pada suatu kegiatan dapat dihasilkan jenis sampah yang sama, sehingga komponen penyusunnya juga akan sama. Misalnya sampah yang hanya terdiri atas kertas, logam, atau daun-daunan saja. Apabila tidak tercampur dengan bahan-bahan lain, maka sebagian besar komponennya adalah seragam. Karena itu berdasarkan komposisinya, sampah dibedakan menjadi dua macam :

1. Sampah yang seragam. Sampah dari kegiatan industri pada umumnya termasuk dalam golongan ini. Sampah dari kantor sering hanya terdiri atas kertas, karton dan masih dapat digolongkan dalam golongan sampah yang seragam.
2. Sampah yang tidak seragam (campuran), misalnya sampah yang berasal dari pasar atau sampah dari tempat-tempat umum.

Bila dilihat dari status pemukiman, sampah biasanya dapat dibedakan menjadi:

1. Sampah kota (municipal solid waste), yaitu sampah yang terkumpul di perkotaan.
2. Sampah pedesaan (rural waste), yaitu sampah yang dihasilkan di pedesaan.

Di Indonesia, penggolongan sampah yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

1. sampah organik, atau sampah basah, yang terdiri atas daun-daunan, kayu, kertas, karton, tulang, sisa-sisa makanan ternak, sayur, buah, dan lain-lain, dan sebagai.
2. sampah anorganik, atau sampah kering yang terdiri atas kaleng, plastik, besi dan logam-logam lainnya, gelas dan mika. Kadang kertas dimasukkan dalam kelompok ini. Sedangkan bila dilihat dari sumbernya, sampah perkotaan yang dikelola oleh Pemerintah Kota di Indonesia sering dikategorikan dalam beberapa kelompok.

## **E. PERMASALAHAN PERSAMPAHAN DI INDONESIA**

Besarnya penduduk dan keragaman aktivitas di kota-kota metropolitan di Indonesia seperti Jakarta, mengakibatkan munculnya persoalan dalam pelayanan prasarana perkotaan, seperti masalah sampah. Diperkirakan hanya sekitar 60 % sampah di kota-kota besar di Indonesia yang dapat terangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA), yang operasi utamanya adalah pengurugan (landfilling). Banyaknya sampah yang tidak terangkut kemungkinan besar tidak terdata secara sistematis, karena biasanya dihitung berdasarkan ritasi truk menuju TPA. Jarang diperhitungkan sampah yang ditangani masyarakat secara swadaya, ataupun sampah

yang tercecer dan secara sistematis dibuang ke badan air. Tabel 1.1 merupakan proporsi penduduk yang dilayani oleh Dinas Kebersihan setempat. Sampai saat ini paradigma pengelolaan sampah yang digunakan adalah : KUMPUL – ANGKUT dan BUANG, dan andalan utama sebuah kota dalam menyelesaikan masalah sampahnya adalah pemusnahan dengan landfilling pada sebuah TPA. Pengelola kota cenderung kurang memberikan perhatian yang serius pada TPA tersebut, sehingga muncullah kasus-kasus kegagalan TPA. Pengelola kota tampaknya beranggapan bahwa TPA yang dipunyai dapat menyelesaikan semua persoalan sampah, tanpa harus memberikan perhatian yang proposional terhadap sarana tersebut. TPA dapat menjadi bom waktu bagi pengelola kota.

Penyingkiran dan pemusnahan sampah atau limbah padat lainnya ke dalam tanah merupakan cara yang selalu digunakan, karena alternatif pengolahan lain belum dapat menuntaskan permasalahan yang ada. Cara ini mempunyai banyak resiko, terutama akibat kemungkinan pencemaran air tanah. Di negara maju pun cara ini masih tetap digunakan walaupun persentasenya tambah lama tambah menurun. Cara penyingkiran limbah ke dalam tanah yang dikenal sebagai landfilling merupakan cara yang sampai saat ini paling banyak digunakan, karena biayanya relatif murah, pengoperasiannya mudah dan luwes dalam menerima limbah. Namun fasilitas ini berpotensi mendatangkan masalah pada lingkungan, terutama dari lindi (leachate) yang dapat mencemari air tanah serta timbulnya bau dan lalat yang mengganggu, karena biasanya sarana ini tidak disiapkan dan tidak dioperasikan dengan baik.

Dilihat dari komposisi sampah, maka sebagian besar sampah kota di Indonesia adalah tergolong sampah hayati, atau secara umum dikenal sebagai sampah organik. Sampah yang tergolong hayati ini untuk kota-kota besar bisa mencapai 70 % dari total sampah, dan sekitar 28 % adalah sampah non hayati yang menjadi obyek aktivitas pemulung yang cukup potensial, mulai dari sumber sampah (dari rumah-rumah) sampai ke TPA. Sisanya (sekitar 2 %) tergolong B3 yang perlu dikelola tersendiri.

*Tabel 1.1.  
Proporsi pelayanan sampah di Indonesia*

Pulau	Penduduk (juta jiwa)	Penduduk dilayani (juta jiwa)	% penduduk dilayani
Sumatera	49,3	23,5	48
Jawa	137,2	80,8	59
Bali dan Nusa Tenggara	12,6	6,0	47
Kalimantan	12,9	6,0	46
Sulawesi, Maluku dan Papua	20,8	14,2	68
Total	232,7	130,3	56

Berdasarkan data tahun 2008, jenis penanganan sampah yang berlangsung di Indonesia adalah sebagai berikut :

▪ Pengurugan	68,86 %
▪ Pengomposan	7,19 %
▪ Open dumping	4,79 %
▪ Dibuang ke sungai	2,99 %
▪ Insineratorskala kecil	6,59 %
▪ Non-pengurugan	9,58 %

Sampah yang dibuang ke lingkungan akan menimbulkan masalah baagi kehidupan dan kesehatan lingkungan, terutama kehidupan manusia. Masalah tersebut dewasa ini menjadi isu yang hangat dan banyak disoroti karena memerlukan penanganan yang serius. Beberapa permasalahan yang berkaitan dengan keberadaan sampah, diantaranya :

1. Masalah estetika (keindahan) dan kenyamanan yang merupakan gangguan bagi pandangan mata. Adanya sampah yang berserakan dan kotor, atau adanya tumpukan sampah yang terbengkalai adalah pemandangan yang tidak disukai oleh sebagian besar masyarakat.
2. Sampah yang terdiri atas berbagai bahan organik dan anorganik apabila telah terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar, merupakan sarang atau tempat berkumpulnya berbagai binatang yang dapat menjadi vector penyakit, seperti lalat, tikus, kecoa, kucing, anjing liar, dan sebagainya. Juga merupakan sumber dari berbagai organism patogen, sehingga akumulasi sampah merupakan sumber penyakit yang akan membahayakan kesehatan masyarakat, terutama yang bertempat tinggal dekat dengan lokasi pembuangan sampah.
3. Sampah yang berbentuk debu atau bahan membusuk dapat mencemari udara. Bau yang timbul akibat adanya dekomposisi materi organik dan debu yang beterbangan akan mengganggu saluran pernafasan, serta penyakit lainnya.
4. Timbulan lindi (leachate), sebagai efek dekomposisi biologis Dari sampah memiliki potensi yang besar dalam mencemari badan air sekelilingnya, terutama air tanah di bawahnya. pencemaran air tanah oleh lindi merupakan masalah terberat yang mungkin dihadapi dalam pengelolaan sampah.
5. Sampah yang kering akan mudah beterbangan dan mudah terbakar. Misalnya tumpukan sampah kertas kering akan mudah terbakar hanya karena puntung rokok yang masih membara. Kondisi seperti ini akan menimbulkan bahaya kebakaran.

6. Sampah yang dibuang sembarangan dapat menyumbat saluransaluran air buangan dan drainase. Kondisi seperti ini dapat menimbulkan bahaya banjir akibat terhambatnya pengaliran air buangan dan air hujan.
7. Beberapa sifat dasar dari sampah seperti kemampuan termampatkan yang terbatas, keanekaragaman komposisi, waktu untuk terdekomposisi sempurna yang cukup lama, dan sebagainya, dapat menimbulkan beberapa kesulitan dalam pengelolaannya. Misalnya, diperlukan lahan yang cukup luas dan terletak agak jauh dari pemukiman penduduk, sebagai lokasi pembuangan akhir sampah. Volume sampah yang besar merupakan masalah tersendiri dalam pengangkutannya, begitu juga dengan masalah pemisahan komponen-komponen tertentu sebelum proses pengolahan.
8. Di negara-negara berkembang, seperti Indonesia, kurangnya kemampuan pendanaan, skala prioritas yang rendah, kurangnya penghasil sampah merupakan masalah tersendiri dalam pengelolaan sampah, khususnya di kota-kota besar.

Pertambahan penduduk yang demikian besar di daerah perkotaan (urban) mengakibatkan meningkatnya jumlah timbulan sampah. Dari studi dan evaluasi yang telah dilaksanakan di kota-kota di Indonesia, dapat diidentifikasi masalah-masalah pokok dalam pengelolaan persampahan kota, diantaranya:

1. Bertambah kompleksnya masalah persampahan sebagai konsekuensi logis dari pertambahan penduduk kota.
2. Peningkatan kepadatan penduduk menuntut pula peningkatan metode/pola pengelolaan sampah yang lebih baik.
3. Keheterogenan tingkat social budaya penduduk kota menanbah kompleksnya permasalahan.
4. Situasi dana serta prioritas penanganan yang relatif rendah dari pemerintah daerah merupakan masalah umum dalam sakala nasional.
5. Pergeseran teknik penanganan makanan, misalnya menuju ke pengemasan yang tidak dapat terurai seperti plastik.
6. Keterbatasan sumber daya manusia yang sesuai yang tersedia di daerah untuk menangani masalah sampah.
7. Pengembangan perancangan peralatan persampahan yang bergerak sangat lambat.
8. Partisipasi masyarakat yang pada umumnya masih kurang terarah dan terorganisir secara baik.
9. Konsep pengelolaan persampahan yang kadangkala tidak cocok untuk diterapkan, serta kurang terbukaanya kemungkinan modifikasi konsep tersebut di lapangan.

## **F. PENGELOAAN SAMPAH**

Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan peningkatan aktivitas penduduk yang berarti juga peningkatan jumlah timbulan sampah. Masalah pengelolaan sampah perkotaan antara lain adalah keterbatasan peralatan, lahan, dan sumber daya manusia. Masalah ini timbul di kota-kota besar ataupun kota-kota kecil, seperti telah dijelaskan sebelumnya. Pengelolaan persampahan mempunyai beberapa tujuan yang sangat mendasar yang meliputi:

1. Meningkatkan kesehatan lingkungan dan masyarakat.
2. Melindungi sumber daya alam (air).
3. Melindungi fasilitas sosial ekonomi.
4. Menunjang pembangunan sektor strategis.

Pengelolaan sampah di daerah industri sering didefinisikan sebagai kontrol terhadap timbulan sampah, mulai dari pewadahan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, proses, dan pembuangan akhir sampah, dengan prinsip-prinsip terbaik untuk kesehatan, ekonomi, keteknikan/engineering, konservasi, estetika, lingkungan, dan juga terhadap sikap masyarakat. Keberhasilan pengelolaan, bukan hanya tergantung aspek teknis semata, tetapi mencakup juga aspek non teknis, seperti bagaimana mengatur system agar dapat berfungsi, bagaimana lembaga atau organisasi yang sebaiknya mengelola, bagaimana membiayai system tersebut dan yang tak kalah pentingnya adalah bagaimana melibatkan masyarakat penghasil sampah dalam aktivitas penanganan sampah. Untuk menjalankan sistem tersebut, harus melibatkan berbagai disiplin ilmu, seperti perencanaan kota, geografi, ekonomi, kesehatan masyarakat, sosiologi, demografi, komunikasi, konservasi, dan ilmu bahan. Sebelum UU-18/2008 dikeluarkan, kebijakan pengelolaan sampah perkotaan (yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum) di Indonesia memosisikan bahan pengelolaan sampah perkotaan merupakan sebuah system yang terdiri dari 5 komponen sub system, yaitu:

1. Peraturan / hukum
2. Kelembagaan dan organisasi.
3. Teknik operasional
4. Pembiayaan
5. Peran serta masyarakat.

Namun demikian, bila diperhatikan konsep tersebut sebetulnya berlaku tidak hanya untuk pendekatan pemecahan masalah persampahan, tetapi untuk sektor lain yang umumnya terkait dengan pelayanan masyarakat. Oleh karenanya kelima komponen tersebut lebih tepat disebut sebagai aspek-aspek penting yang mempengaruhi manajemen persampahan.

### 1. Peraturan/hukum:

Aspek peraturan didasarkan atas kenyataan bahwa Negara Indonesia adalah Negara hukum, dimana sendi-sendi kehidupan bertumpu pada hukum yang berlaku. Manajemen persampahan kota di Indonesia membutuhkan kekuatan dan dasar hukum, seperti dalam pembentukan organisasi, pemungutan retribusi, ketertiban masyarakat, dan sebagainya. Peraturan yang diperlukan dalam penyelenggaraan system pengelolaan sampah di perkotaan antara lain adalah yang mengatur tentang :

- a. Ketertiban umum yang terkait dengan penanganan sampah.
- b. Rencana induk pengelolaan sampah kota.
- c. Bentuk lembaga dan organisasi pengelola.
- d. Tata-cara penyelenggaraan pengelolaan.
- e. Besaran tariff jasa pelayanan atau retribusi.
- f. Kerjasama dengan berbagai pihak terkait, diantaranya kerjasama antar daerah, atau kerjasama dengan pihak swasta.

### 2. Kelembagaan dan organisasi.

Aspek organisasi dan manajemen merupakan suatu kegiatan yang multi disiplin yang bertumpu pada prinsip teknik dan manajemen yang menyangkut aspek-aspek ekonomi, social, budaya, dan kondisi fisik wilayah kota, dan memperhatikan pihak yang dilayani yaitu masyarakat kota. Perancangan dan pemilihan bentuk organisasi disesuaikan dengan :

- a. Peraturan pemerintah yang membinanya.
- b. Pola sistem operasional yang diterapkan.
- c. Kapasitas kerja system.
- d. Lingkup pekerjaan dan tugas yang harus ditangani.

Kebijakan yang diterapkan di Indonesia adalah pengelolaan sampah kota secara formal adalah seperti yang diarahkan oleh Departemen Pekerjaan Umum sebagai departemen teknis yang membina pengelola persampahan perkotaan di Indonesia. Bentuk institusi pengelolaan persampahan kota yang dianut di Indonesia :

- a. Seksi kebersihan dibawah satu dinas, misalnya Dinas Pekerjaan Umum (PU) terutama apabila masalah kebersihan kota masih bisa ditanggulangi oleh suatu seksi di bawah dinas tersebut.
- b. Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) di bawah suatu dinas, misalnya Dinas PU terutama apabila dalam struktur organisasi belum ada seksi khusus di bawah dinas yang mengelola kebersihan, sehingga lebih memberikan tekanan pada masalah operasional, dan lebih mempunyai otonomi dari pada seksi.
- c. Dinas Kebersihan akan memberikan percepatan dan pelayanan pada masyarakat dan bersifat nirlaba. Dinas ini perlu dibentuk karena aktivitas dan volume pekerjaan yang sudah meningkat.
- d. Perusahaan Daerah (PD) Kebersihan, merupakan organisasi pengelola yang dibentuk bila permasalahan di kota tersebut sudah cukup luas dan kompleks. Pada prinsipnya

perusahaan daerah ini tidak lagi disubsidi oleh pemerintah daerah (pemda), sehingga efektifitas penarikan retribusi menentukan. Bentuk ini sesuai untuk kota metropolitan.

Menurut Hadiwiyoto (1983), jika ditinjau dari segi keseimbangan lingkungan, kesehatan, keamanan dan pencemaran, apabila sampah tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai gangguan-gangguan antara lain sebagai berikut:

- a. Sampah dapat menimbulkan pencemaran udara karena mengandung gas-gas yang terjadi dan rombak sampah bau yang tidak sedap, daerah becek dan kadang-kadang berlumpur terutama apabila musimpenghujan datang.
- b. Sampah yang bertumpuk-tumpuk dapat menimbulkan kondisi dari segi fisik dan kimia yang tidak sesuai dengan lingkungan normal, yang dapat mengganggu kehidupan dilingkungan sekitarnya.
- c. Disekitar daerah pembuangan sampah akan terjadi kekurangan oksigen. Keadaan ini disebabkan karena selama proses perombakan sampah menjadi senyawa-senyawa sederhana diperlukan oksigen yang diambil dari udara disekitarnya. Karena kekurangan oksigen dapat menyebarkan kehidupan flora dan fauna menjadi terdesak.
- d. Gas-gas yang dihasilkan selama degradasi (pembusukan) sampah dapat membahayakan kesehatan karena kadang-kadang proses pembusukan ada mengeluarkan gas beracun.
- e. Dapat menimbulkan berbagai penyakit, terutama yang dapat ditularkan oleh lalat atau serangga lainnya, binatang-binatang seperti tikus dan anjing.
- f. Secara estetika sampah tidak dapat digolongkan sebagai pemandangan yang nyaman untuk dinikmati.

## Latihan

- 1) Sebutkan definisi sampah menurut UU-18/2008 !
- 2) Di negara industri, jenis sampah dikelompokkan berdasarkan sumbernya, sebutkan !
- 3) Sampai saat ini paradigma pengelolaan sampah yang digunakan adalah : KUMPUL – ANGKUT dan BUANG, bagaimana pendapat saudara tentang hal ini ?
- 4) Pengelolaan persampahan mempunyai beberapa tujuan yang sangat mendasar, sebutkan !
- 5) Bentuk institusi pengelolaan persampahan kota yang dianut di Indonesia, adalah !

### ***Petunjuk Jawaban Latihan 1***

- 1) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut diatas dan juga saudara harus membaca dan memahami pada topik 1 sub.1 tentang definisi sampah.
- 2) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut diatas dan juga saudara harus membaca dan memahami pada topik 1 sub.3 tentang penggolongan jenis sampah.

- 3) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut diatas dan juga saudara harus membaca dan memahami pada topik 1 sub.4 tentang permasalahan persampahan di Indonesia.
- 4) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut diatas dan juga saudara harus membaca dan memahami pada topik 1 sub.5 tentang pengelolaan sampah.
- 5) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut diatas dan juga saudara harus membaca dan memahami pada topik 1 sub.7 tentang kelembagaan dan organisasi.

## Ringkasan

Sampah adalah bahan baik padat atau cair yang tidak digunakan lagi dan dibuang.

Sampah padat adalah segala bahan selain kotoran manusia, urine dan sampah cair. Dapat berupa sampah rumah tangga : sampah dapur, sampah kebun, plastic, metal, gelas dan lain-lain.

Sampah cair adalah bahan cairan yang telah digunakan dan tidak diperlukan kembali kemudian dibuang ke tempat pembuangan sampah.

Berdasarkan sifatnya sampah dibagi menjadi :

- 1) Sampah organik : dapat diurai (degradable), yaitu sampah yang mudah membusuk.
- 2) Sampah an-organik : tidak terurai (undegradable), yaitu sampah yang tidak mudah membusuk.

Berdasarkan kemampuan diurai oleh alam sampah dibagi menjadi dua yaitu :

- 1) Biodegradable : yaitu sampah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerobe, seperti sampah dapur, sisa –sisa hewan, sampah pertanian dan perkebunan.
- 2) Non-biodegradable : yaitu sampah yang tidak dapat diurai oleh proses biologi.

Sampah yang dibuang ke lingkungan menimbulkan dampak bagi manusia dan lingkungan. Dampak terhadap manusia terutama menurunnya tingkat kesehatan. Disamping itu, sampah juga mengurangi estetika, menimbulkan bau tidak sedap. Sampah juga berdampak terhadap lingkungan, baik ekosistem perairan maupun ekosistem darat.

Tujuan pengelolaan sampah umumnya sangat mendasar meliputi : Meningkatkan kesehatan lingkungan dan masyarakat, Melindungi sumber daya alam (air), Melindungi fasilitas social ekonomi, Menunjang pembangunan sector strategis.

## Tes 1

- 1) Pembagian sampah berdasarkan kemampuannya dapat diurai oleh alam (biodegradability). Yang dimaksud dengan biodegradable adalah . . . .
  - A. sampah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerobe
  - B. sampah yang tidak dapat diurai oleh proses biologi
  - C. sampah yang dapat diolah dan digunakan kembali memiliki nilai secara ekonomi
  - D. sampah yang tidak memiliki nilai ekonomi dan tidak dapat diolah atau diubah kembali
  - E. sampah yang mudah membusuk seperti sisa makanan, sayuran, daun-daun kering, dan sebagainya
  
- 2) Maksud dari pembagian sampah berdasarkan sifatnya adalah . . . .
  - A. sampah yang mudah membusuk
  - B. sampah organik dan sampah anorganik
  - C. sampah yang mudah terurai
  - D. sampah berbahaya dan beracun
  - E. sampah rumah tangga dan sampah pasar
  
- 3) Gas-gas yang dihasilkan selama degradasi (pembusukan) sampah dapat membahayakan kesehatan kenamapi, karena . . . .
  - A. dalam proses pembusukan sampah perlu
  - B. sampah mengandung kadar air yang tinggi
  - C. kadang-kadang proses pembusukan ada mengeluarkan gas beracun
  - D. dalam proses pembusukan timbul bau yang menyengat, sehingga mengakibatkan pencemaran udara
  - E. sampah basah mempunyai berat jenis yang tinggi, dibanding sampah kering
  
- 4) Apabila sampah tidak dikelola dengan baik, maka dapat menimbulkan berbagai gangguan-gangguan. Antara lain . . . .
  - A. Sampah yang bertumpuk-tumpuk dapat menimbulkan gangguan lingkungan
  - B. Sampah yang bertumpuk-tumpuk dapat menimbulkan bau tidak sedap
  - C. Sampah yang bertumpuk-tumpuk dapat mengganggu transportasi umum
  - D. Sampah yang bertumpuk-tumpuk dapat menimbulkan kondisi dari segi fisik dan kimia yang tidak sesuai dengan lingkungan normal, yang dapat mengganggu kehidupan dilingkungan sekitarnya
  - E. Sampah yang bertumpuk-tumpuk dapat menjadikan sarang lalat dan binatang vector seperti tikus

- 5) Bentuk institusi pengelolaan persampahan kota yang dianut di Indonesia adalah . . . .
- A. Seksi kebersihan dibawah satu dinas, misalnya Dinas Pengairan
  - B. Seksi kebersihan dibawah satu dinas, misalnya Dinas Agraria
  - C. Seksi kebersihan dibawah satu dinas, misalnya Dinas Perdagangan
  - D. Seksi kebersihan dibawah satu dinas, misalnya Irigasi Jatim
  - E. Seksi kebersihan dibawah satu dinas, misalnya Dinas Pekerjaan Umum

## Topik 2 Sumber dan Timbulan Sampah

Secara praktis, sumber sampah dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu:

1. Sampah dari pemukiman atau sampah rumah tangga.
2. Sampah dari non-pemukiman yang sejenis sampah rumah tangga. Seperti dari pasar, daerah komersial, dan sebagainya.

Sampah dari kedua jenis sumber ini dikenal sebagai sampah domestik. Sedang sampah non-domestik adalah sampah atau limbah yang bukan sejenis sampah rumah tangga. Misalnya, limbah dari proses industri. Bila sampah domestic ini berasal dari lingkungan perkotaan, dalam bahasa Inggris dikenal sebagai municipal solid waste (MSW).

Berdasarkan sumber sampah perlu dikelola, dalam pengelolaan sampah kota di Indonesia, dibagi menjadi :

1. Pemukiman atau rumah tangga dan sejenisnya.
2. Pasar dan kegiatan komersial seperti pertokoan
3. Kegiatan perkantoran, hotel dan restoran
4. Kegiatan dari institusi seperti industri, rumah sakit, untuk sampah yang sejenis sampah pemukiman.
5. Penyapuan jalan, dan taman-taman.

Kadang dimasukkan pula sampah dari sungai atau drainase air hujan yang cukup banyak dijumpai. Sampah dari masing-masing sumber tersebut dapat dikatakan mempunyai karakteristik yang khas sesuai dengan besaran dan variasi aktivitasnya. Demikian juga timbulan (generation) sampah masing-masing sumber tersebut bervariasi satu dengan yang lain, seperti dalam standart pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1. Besarnya timbulan sampah berdasarkan sumbernya

No.	Komponen sumber sampah	Satuan	Volume (Liter)	Berat (kg)
1	Rumah permanen	/orang/hari	2,25 – 2,50	0,350 – 0,400
2	Rumah semi permanen	/orang/hari	2,00 – 2,25	0,300 – 0,350
3	Rumah non-permanen	/orang/hari	1,75 – 2,00	0,250 – 0,300
4	Kantor	/pegawai/hari	0,50 – 0,75	0,025 – 0,100
5	Toko / ruko	/petugas/hari	2,50 – 3,00	0,150 – 0,350
6	Sekolah	/murid/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,020
7	Jalan arteri sekunder	/m <sup>2</sup> /hari	0,10 – 0,15	0,020 – 0,100
8	Jalan kolektor sekunder	/m <sup>2</sup> /hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,050
9	Jalan local	/m <sup>2</sup> /hari	0,05 – 0,10	0,005 – 0,025
10	Pasar	/m <sup>2</sup> /hari	0,20 – 0,60	0,100 – 0,300

Sumber : Enri Damanhuri

1. Sampah dari rumah tinggal : merupakan sampah yang dihasilkan dari kegiatan atau lingkungan rumah tangga atau sering disebut dengan istilah sampah domestic. Dari kelompok sumber ini umumnya dihasilkan sampah berupa sisa makanan, plastic, kertas, karton. Praktis tidak terdapat sampah yang biasa dijumpai di Negara industri, seperti mebel, TV bekas, kasur, dan lain-lain. Kelompok ini dapat meliputi rumah tinggal yang ditempati oleh sebuah keluarga, atau sekelompok rumah yang berada dalam suatu kawasan pemukiman, maupun unit rumah tinggal yang berupa rumah susun. Dari rumah tinggal juga dapat dihasilkan sampah golongan B3 (bahan berbahaya dan beracun), seperti misalnya baterai, lampu TL, sisa obat-obatan, oli bekas, dan lain-lain.
2. Sampah dari daerah komersial : sumber sampah dari kelompok ini berasal dari pertokoan, pusat perdagangan, pasar, hotel, perkantoran, dan lain-lain. Dari sumber ini umumnya dihasilkan sampah berupa kertas, plastic, kayu, kaca, logam dan juga sisa makanan. Khusus dari pasar tradisional, banyak dihasilkan sisa sayur, buah, makanan yang mudah membusuk. Secara umum sampah dari sumber ini adalah mirip dengan sampah domestic tetapi dengan komposisi yang berbeda.
3. Sampah dari perkantoran/institusi : sumber sampah dari kelompok ini meliputi perkantoran, sekolah, rumah sakit, lembaga masyarakat, dan lain-lain. Dari sumber ini potensial dihasilkan sampah seperti halnya dari daerah komersial non pasar.
4. Sampah dari jalan/taman dan tempat umum : sumber sampah dari kelompok ini dapat berupa jalan kota, taman, tempat parkir, tempat rekreasi, saluran drainase kota, dan lain-lain. Dari daerah ini umumnya dihasilkan sampah berupa daun/dahan pohon, pasir/lumpur, sampah umum seperti plastic, kertas, dan lain-lain.
5. Sampah dari industri dan rumah sakit yang sejenis sampah kota : kegiatan umum dalam lingkungan industri dan rumah sakit tetap menghasilkan sampah sejenis sampah domestic, seperti sisa makanan, kertas, plastic, dan lain-lain. Yang perlu mendapat perhatian adalah, bagaimana agar sampah yang tidak sejenis sampah kota tersebut tidak masuk dalam system pengelolaan sampah kota.

## **A. METODE PENGUKURAN**

Timbulan sampah yang dihasilkan dari sebuah kota dapat diperoleh dengan survey pengukuran atau analisa langsung di lapangan, yaitu :

1. Mengukur langsung satuan timbulan sampah dari sejumlah sampel (rumah tangga dan non- rumah tangga) yang ditentukan secara random-proporsional di sumber selama 8 hari berturut-turut (SNI 19-3964-1995 dan SNI M 36-1991-03).

2. Load-count analysis : Mengukur jumlah (berat dan atau volume) sampah yang masuk ke TPS, misalnya diangkut dengan gerobak, selama 8 hari berturut-turut. Dengan melacak jumlah dan jenis penghasil sampah yang dilayani oleh gerobak yang mengumpulkan sampah tersebut, sehingga akan diperoleh satuan timbulan sampah per-ekivalensi penduduk.
3. Wight-volume analysis : bila tersedia jembatan timbang, maka jumlah sampah yang masuk ke fasilitas penerima sampah akan dapat diketahui dengan mudah dari waktu ke waktu. Jumlah sampah-sampah harian kemudian digabung dengan perkiraan area yang dilayani, dimana data penduduk dan sarana umum terlayani dapat dicari, maka akan diperoleh satuan timbulan sampah per-ekivalensi penduduk.
4. Matrial balance analysis : merupakan analisa yang lebih mendasar, dengan menganalisa secara cermat aliran bahan masuk, aliran bahan yang hilang dalam system, dan aliaran bahan yang menjadi sampah dari sebuah system yang ditentukan batas-batasnya (system boundary).

## **B. PENANGANAN SAMPAH TINGKAT SUMBER**

Penanganan sampah tingkat sumber merupakan kegiatan penanganan secara individual yang dilakukan sendiri oleh penghasil sampah dalam area dimana penghasil sampah tersebut berada. Beberapa ciri penanganan sampah di tingkat ini :

1. Sangat tergantung pada karakter, kebiasaan dan cara pandang penghasil sampah.
2. Dapat berbentuk individu atau kelompok individu atau dalam bentuk institusi misalnya kantor, hotel, dan sebagainya.
3. Dapat berkarakter homogeny, seperti dari sebuah rumah tangga, atau bersifat heterogen, seperti pejalan kaki di karamaian, pedagang kaki lima di tempat-tempat umum.
4. Keberhasilan upaya-upaya dalam penanganan sampah sangat tergantung pada tingkat kesadaran masing-masing individu.
5. Pada level ini peran serta masyarakat sebagai penghasil sampah sangatlah dominan, sehingga pendekatan penanganan sampah yang berbasiskan masyarakat penghasil sampah merupakan dasar dalam strategi pengelolaan sampah.

Berbagai kriteria penanganan sampah di tingkat sumber

1. Penanganan sampah hendaknya tidak lagi hanya bertumpu pada aktivitas pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan sampah.
2. Penanganan sampah ditingkat sumber diharapkan dapat menerapkan upaya minimasi yaitu dengan cara 3 R.
3. Minimasi sampah hendaknya dilakukan sejak sampah belum terbentuk yaitu dengan menghemat penggunaan bahan, membatasi konsumsi sesuai kebutuhan, memilih bahan yang mengandung sedikit sampah.

4. Upaya memanfaatkan sampah dilakukan dengan menggunakan kembali sampah sesuai fungsinya seperti halnya pada penggunaan botol minuman atau kemasan lainnya. Upaya mendaur ulang sampah dapat dilakukan dengan memilah sampah menurut jenisnya.
5. Pengomposan sampah, misalnya dengan composter, diharapkan dapat diterapkan di sumber (rumah tangga, kantor, sekolah, dan lain-lain) yang secara signifikan akan mengurangi sampah pada tingkat berikutnya.

Beberapa studi memberikan angka timbulan sampah kota di Indonesia berkisar antara 2 – 3 liter/orang/hari dengan densitas 200 – 300 kg/m<sup>3</sup> dengan komposisi sampah organik 70 – 80 %. Beberapa angka timbulan sampah yang merupakan rangkuman dari beberapa laporan hasil penelitian.

Tabel 2.2.  
Timbulan sampah kota Bandung

No.	Sumber sampah	Timbulan	Satuan
Pemukiman :			
1.	Rumah: Permanen	2,04 l/o/h	L/o/h
	Semi Permanen	1,77 l/o/h	L/o/h
	Non Permanen	2,14 l/o/h	L/o/h
	Rerata	1,98 l/o/h	L/o/h
Non pemukiman :			
2.	Pasar	5,35	L/m <sup>2</sup> /h
3.	Jalan	516,94	L/km/h
4.	Toko	24,0	L/unit/h
5.	Kantor	85,5	L/unit/hari
6.	Rumah makan	356,3	L/unit/h
7.	Hotel	2,5	L/bed/h
8.	Industri	0,54	L/pegawai/h
9.	Rumah sakit	7,86	L/bed/h

Tabel 2.3.  
Presentasi timbulan sampah dari beberapa sumber penghasil di Jakarta

Sumber	Tahun 2005 (Ton/hari)	%	Tahun 2005 (Ton/hari)	%
Rumah tangga	4169	65	3067	51
Pasar			280	5
Sekolah			308	5
Komersial	963	15	1583	26
Industri/institusi	641	10	516	9
Jalan, saluran dll.	640	10	246	4
Total	6413	100	6000	100

Tabel 2.4.  
Limbah Berbahaya dari Rumah Tangga (Amerika Serikat)

Komponen	Persen
Penggunaan untuk pembersih	40,0
Penggunaan untuk perawatan badan	16,4
Produk untuk otomotif	30,1
Cat dan sejenisnya	7,5
Penggunaan rumah tangga lain	6,0

Contoh:

Di bawah ini lebih lanjut menggambarkan karakteristik bahaya dari bahan yang biasa digunakan di rumah tangga tersebut.

1. Produk pembersih:
  - a. bubuk penggosok abrasif: korosif
  - b. pembersih mengandung senyawa amonium dan turunannya: korosif
  - c. pengelantang: toksik, korosif
  - d. pembersih saluran air: korosif
  - e. pengkilap mebel: mudah terbakar
  - f. pembersih kaca: Korosif (iritasi)
  - g. pembersih oven: korosif
  - h. semir sepatu: mudah terbakar
  - i. pengkilap logam (perak): mudah terbakar
  - j. penghilang bintik noda: mudah terbakar
  - k. pembersih toilet dan lantai: korosif
  - l. pembersih karpet/kain: korosif, mudah terbakar
  
2. Perawatan badan:
  - a. shampo (anti ketombe): toksik
  - b. penghilang cat kuku: toksik, mudah terbakar
  - c. minyak wangi: mudah terbakar
  - d. kosmetika: toksik
  - e. obat-obatan: toksik
  
3. Produk otomotif:
  - a. cairan anti beku: toksik
  - b. oli: mudah terbakar
  - c. aki mobil: korosif
  - d. bensin, minyak tanah: mudah terbakar, toksik

4. Produk rumah tangga lain:
  - a. cat: mudah terbakar, toksik
  - b. pelarut / tiner: mudah terbakar
  - c. baterai: korosif dan toksik
  - d. khlorin kolam renang: korosif dan toksik
  - e. biosida anti insek: toksik, mudah terbakar
  - f. herbisida, pupuk: toksik
  - g. aerosol: mudah terbakar, mudah meledak

Bahan tersebut dapat pula menimbulkan bahaya lain bila bercampur satu dengan yang lain, seperti timbulnya gas toksik bila pembersih mengandung senyawa amonia bercampur dengan pengelantang yang mengandung khlor, atau menimbulkan ledakan bila tabung sisa aerosol terbakar di bak sampah.

Data mengenai timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah merupakan hal yang sangat menunjang dalam menyusun sistem pengelolaan persampahan di suatu wilayah. Jumlah timbulan sampah ini biasanya akan berhubungan dengan elemen-elemen pengelolaan seperti:

1. Pemilihan peralatan, misalnya wadah, alat
2. pengumpulan, dan pengangkutan
3. Perencanaan rute pengangkutan
4. Fasilitas untuk daur ulang Luas dan jenis TPA.

Bagi negara berkembang dan beriklim tropis seperti Indonesia, faktor musim sangat besar pengaruhnya terhadap berat sampah. Dalam hal ini, musim yang dimaksud adalah musim hujan dan kemarau, tetapi dapat juga berarti musim buah-buahan tertentu. Di samping itu, berat sampah juga sangat dipengaruhi oleh faktor sosial budaya lainnya. Oleh karenanya, sebaiknya evaluasi timbulan sampah dilakukan beberapa kali dalam satu tahun. Timbulan sampah dapat diperoleh dengan sampling (estimasi) berdasarkan standar yang sudah tersedia.

Timbulan sampah bisa dinyatakan dengan satuan volume atau satuan berat. Jika digunakan satuan volume, derajat pepadatan (densitas sampah) harus dicantumkan. Oleh karena itu, lebih baik digunakan satuan berat karena ketelitiannya lebih tinggi dan tidak perlu memperhatikan derajat pepadatan. Timbulan sampah ini dinyatakan sebagai:

1. Satuan berat: kg/o/hari, kg/m<sup>2</sup>/hari, kg/bed/hari, dan sebagainya
2. Satuan volume: L/o/hari, L/m<sup>2</sup>/hari, L/bed/hari, dan sebagainya.

Di Indonesia umumnya menerapkan satuan volume. Penggunaan satuan volume dapat menimbulkan kesalahan dalam interpretasi karena terdapat faktor kompaksi yang harus diperhitungkan. Sebagai ilustrasi, 10 unit wadah yang berisi air masing-masing 100 liter, bila air tersebut disatukan dalam wadah yang besar, maka akan tetap berisi 1000 liter air. Namun 10 unit wadah yang berisi sampah 100 liter, bila sampah tersebut disatukan dalam sebuah

wadah, maka volume sampah akan berkurang karena mengalami kompaksi. Berat sampah akan tetap. Terdapat faktor kompaksi yaitu densitas.

Prakiraan timbulan sampah baik untuk saat sekarang maupun di masa mendatang merupakan dasar dari perencanaan, perancangan, dan pengkajian sistem pengelolaan persampahan. Prakiraan timbulan sampah akan merupakan langkah awal yang biasa dilakukan dalam pengelolaan persampahan. Bagi kota-kota di negara berkembang, dalam hal mengkaji besaran timbulan sampah, perlu diperhitungkan adanya faktor pendaurulangan sampah mulai dari sumbernya sampai di TPA.

### C. METODE PENGUKURAN TIMBULAN KOMPOSISI SAMPAH KOTA

Prinsip:

1. Timbulan
2. Komposisi
3. Karakteristik
4. 8 hari berturut-turut dan 2 musim

Peralatan:

1. Timbangan Pegas
2. Timbangan kue
3. Sarung Tangan
4. Trashbag
5. sampling box
6. masker



Timbangan Kue



Timbangan pegas 25kg



Sampling box



Sarung tangan



Masker



Trashbag

**1. Pemilihan dan jumlah sampel**

a. Prinsip:

- 1) acak (random): setiap anggota populasi berkesempatan sama untuk menjadi sampel
- 2) sesuai strata – stratified: geografi, administratif, social – ekonomi, dsb
- 3) proporsional terhadap strata yang ditentukan

b. Jumlah sampel: 10% dari populasi (kalau bisa)

- 1) metode sampling  $n = \sigma^2 / \sigma x^2$
- 2) menggunakan metode SNI Indonesia, paling sering digunakan:  $n = Cd.Cj \sqrt{V}$  populasi
- 3) dari “jiwa” jadikan KK (rumah)

**2. Titik sampel:**

- a. Sumber: Rumah tangga (RT) dan non-RT
- b. TPS, atau titik transfer dari gerobak ke truk pengangkut
- c. Pengolahan atau di TPA

**3. Pengukuran timbulan di TPS**

- a. Menentukan lokasi TPS yang akan dijadikan titik sampel dengan pendekatan yang sama seperti di atas: acak, terstratifikasi dan proporsional
- b. Jumlah sampel gerobak dari sebuah TPS juga ditentukan seperti di atas
- c. Ukur volume sampah dalam gerobak demikian juga beratnya
- d. Bila sulit mengukur semua sampah dalam gerobak, maka ukur sebagian saja, misalnya  $\frac{1}{4}$ -nya, dengan catatan berat sampah yang akan diukur adalah benar – benar mempunyai volume  $\frac{1}{4}$  gerobak
- e. Dapatkan data KK yang dilayani oleh gerobak tersebut. Mungkin gerobak yang sama melayani KK yang berbeda setiap harinya
- f. Dapatkan rata-rata jiwa per-KK
- g. Dari sana akan diperoleh data rata-rata timbulan sampah: liter atau kg/orang/hari
- h. Hal yang sama dilakukan pada gerobak atau mobil pengumpul lainnya yang melayani sumber non-RT
- i. Jumlah timbulan sampah kota atau rata-rata MSW dihitung dengan cara seperti di atas

**4. Pengambilan sampel untuk komposisi dan karakteristik**

- a. Sampel untuk timbulan dan atau karakteristik biasanya dilakukan di TPS atau di TPA
- b. Bila metodenya adalah sampling dari rumah ke rumah, maka seluruh sampel terkumpul diangkut dengan gerobak ke TPS, lalu sampah tsb dituang di pelataran datar dengan alas plastik, diaduk agar merata
- c. Bila metodenya adalah sampling dari gerobak, maka sampah dalam gerobak setelah tiba di TPS kemudian dituang di pelataran datar dengan alas plastik

- d. Timbunan sampah tsb kemudian secara metode kuadran, diambil sebagian membentuk timbunan baru, aduk, lalu bentuk kuadran lagi, ambil sampel sampai terkumpul sekitar 500 liter (200 kg-an), lalu bentuk kuadran lagi, aduk, ambil sampel sekitar 10-15 liter (3-5 kg), masukkan dalam kantong plastic berlabel keterangan, tanggal, nomor, dsb, untuk dibawa ke laboratorium guna analisa karakteristik
- e. Sampel sampah semula (500 liter setelah diambil sampel untuk karakteristik), lalu timbang (misalnya X kg)
- f. Lalu dipilah berdasarkan komponen (komposisi) penyusunnya: sisa makanan, kertas, plastik dsb. Kalau perlu masing-masing jenis komponen tsb dipilah lagi lebih detail, kalau perlu dipilah mana bagian plastik yang bisa didaur-ulang. Biasanya ini melibatkan pemulung yang sudah terbiasa.
- g. Masing-masing komponen komposisi tsb kemudian ditimbang. Akan ada bagian yang sulit teridentifikasi, misalnya abu dan bagian hilang lainnya. Maka komponen terakhir dari komposisi biasanya dinyatakan sebagai "dan lain-lain", dengan total semua tetap = X kg
- h. Berat masing-masing komposisi tsb kemudian ditimbang, atau bila akan diukur volume-nya, gunakan metode SNI wadah 40 liter. Nyatakan hasilnya dalam: % berat basah, atau % volume (densitas sumber).

## Latihan

- 1) Secara praktis sumber sampah dibagi menjadi berapa kelompok, sebutkan!
- 2) Timbulan sampah yang dihasilkan dari sebuah kota dapat diperoleh dengan cara apa, sebutkan!
- 3) Apa upaya penerapan dalam penanganan sampah ditingkat sumber?
- 4) Apa yang dimaksud dengan metode Material balance analysis ?
- 5) Apa yang dimaksud dengan solid waste (MSW)?

### ***Petunjuk Jawaban Latihan 1***

- 1) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga saudara harus membaca dan memahami pada topik 2 sub.1 tentang kelembagaan dan organisasi.
- 2) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga saudara harus membaca dan memahami pada topik 2 sub.2 tentang kelembagaan dan organisasi.
- 3) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga saudara harus membaca dan memahami pada topik 2 sub.4 tentang kelembagaan dan organisasi.

- 4) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga saudara harus membaca dan memahami pada topik 2 sub.2 tentang kelembagaan dan organisasi.
- 5) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga saudara harus membaca dan memahami pada topik 2 sub.1 tentang kelembagaan dan organisasi.

## Ringkasan

Secara praktis sumber sampah dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu:

- 1) Sampah dari pemukiman, atau sampah rumah tangga.
- 2) Sampah dari non-pemukiman yang sejenis sampah rumah tangga, seperti dari pasar, daerah komersial dan sebagainya.

Sampah dari kedua jenis sumber ini dikenal sebagai sampah domestik. Sedang sampah non-domestik adalah sampah atau limbah yang bukan sejenis sampah rumah tangga, misalnya limbah dari proses industri. Bila sampah domestic ini berasal dari lingkungan perkotaan, dalam bahasa Inggris dikenal sebagai municipal solid waste (MSW).

Berdasarkan sumber sampah perlu dikelola, dalam pengelolaan sampah kota di Indonesia, dibagi menjadi:

- 1) Pemukiman atau rumah tangga dan sejenisnya.
- 2) Pasar dan kegiatan komersial seperti pertokoan.
- 3) Kegiatan perkantoran, hotel dan restoran.
- 4) Kegiatan dari institusi seperti industri, rumah sakit, untuk sampah yang sejenis sampah pemukiman.
- 5) Penyapuan jalan, dan taman-taman.

Timbulan sampah bisa dinyatakan dengan satuan volume atau satuan berat. Jika digunakan satuan volume, derajat pepadatan (densitas sampah) harus dicantumkan. Oleh karena itu, lebih baik digunakan satuan berat karena ketelitiannya lebih tinggi dan tidak perlu memperhatikan derajat pemadatan.

Prakiraan timbulan sampah baik untuk saat sekarang maupun di masa mendatang merupakan dasar dari perencanaan, perancangan, dan pengkajian sistem pengelolaan persampahan. Prakiraan timbulan sampah akan merupakan langkah awal yang biasa dilakukan dalam pengelolaan persampahan. Bagi kota-kota di negara berkembang, dalam hal mengkaji besaran timbulan sampah, perlu diperhitungkan adanya faktor pendaurulangan sampah mulai dari sumbernya sampai di TPA.

Beberapa metode yang dipakai dalam mengukur timbulan sampah yang dihasilkan yaitu:

- 1) Mengukur langsung satuan timbulan sampah dari sejumlah sampel
- 2) Load-count analysis : Mengukur jumlah (berat dan atau volume) sampah yang masuk ke TPS,
- 3) Wight-volume analysis : bila tersedia jembatan timbang, maka jumlah sampah yang masuk ke fasilitas penerima sampah akan dapat diketahui dengan mudah dari waktu ke waktu.
- 4) Matrial balance analysis : merupakan analisa yang lebih mendasar, dengan menganalisa secara cermat aliran bahan masuk, aliran bahan yang hilang dalam system, dan aliaran bahan yang menjadi sampah dari sebuah system yang ditentukan batas-batasnya (system boundary).

## Tes 2

- 1) Pengukuran timbulan di sumber RT dapat dilakukan dengan cara . . . .
  - A. membagikan kantong plastik minimum 40 liter, setiap hari rutin diambil,catat jumlah jiwa/rumah
  - B. membagikan kantong plastik, setiap hari rutin diambil, catat jumlah jiwa/rumah
  - C. langsung diukur apa adanya
  - D. diukur menggunakan SNI, kotak sampling sembarang
  - E. diukur menggunakan SNI, kotak sampling 50 liter
- 2) Pengukuran timbulan di sumber non-RT dilakukan dengan prinsip . . . .
  - A. rumah tangga, tetapi dengan kantong plastik yang sesuai kebutuhan.
  - B. rumah tangga, tetapi dengan kantong plastik yang sesuai kebutuhan, timbulan sampah dapat dinyatakan sebagai: liter atau kg per-unit-satuan perhari
  - C. rumah tangga, timbulan sampah dapat dinyatakan sebagai: liter atau kg per-unit-satuan perhari
  - D. rumah tangga, tetapi dengan kantong plastik yang sesuai kebutuhan, timbulan sampah dapat dinyatakan sebagai: liter atau kg per-unit-satuan perkeluarga.
  - E. rumah tangga, tetapi dengan kantong plastik yang sesuai kebutuhan, timbulan sampah dapat dinyatakan sebagai: liter atau kg per-unit-satuan orang.
- 3) Dalam melakukan prakiraan timbulan sampah, langkah awal yang biasa dilakukan dalam terkait dengan hal . . . .
  - A. pengelolaan lingkungan pemukiman
  - B. pengelolaan dan sanitasi sampah.
  - C. pengelolaan persampahan
  - D. pengelolaan dan penanganan persampahan.
  - E. Pengelolaan sampah perumahan.

- 4) Yang dimaksud dengan Load-count analysis adalah . . . .
- A. mengukur jumlah (berat dan atau volume) yang ada di sumber perumahan
  - B. mengukur jumlah (berat dan atau volume) dibuang ke TPA
  - C. mengukur jumlah (berat dan atau volume) yang diangkut ke TPS
  - D. mengukur jumlah (berat dan atau volume) sampah yang masuk ke TPS
  - E. mengukur jumlah (berat dan atau volume) sampah yang masuk ke TPA
- 5) Cara Pengukuran timbulan di TPS biasanya dilakukan dengan cara menentukan . . . .
- A. lokasi TPS yang akan dijadikan titik sampel dengan pendekatan secara acak..
  - B. lokasi TPS yang akan dijadikan titik sampel dengan pendekatan terstratifikasi.
  - C. lokasi TPS yang akan dijadikan titik sampel dengan pendekatan secara acak, dan terstratifikasi
  - D. lokasi TPS yang akan dijadikan titik sampel dengan pendekatan proporsional.
  - E. lokasi TPS yang akan dijadikan titik sampel dengan pendekatan secara acak, terstratifikasi dan proporsional.

## Topik 3

# Jenis dan Karakteristik Sampah

### A. JENIS-JENIS SAMPAH

Jenis-jenis sampah yang ada di sekitar kita cukup beraneka ragam, ada yang berupa sampah rumah tangga, sampah industri, sampah pasar, sampah rumah sakit, sampah pertanian, sampah perkebunan, sampah peternakan, sampah institusi/kantor/sekolah, dan sebagainya.

Kalau kita berbicara sampah, sebenarnya meliputi 3 jenis sampah yakni sampah padat, sampah cair, dan sampah dalam bentuk gas (fume, smoke). Tetapi seperti telah dibuatkan batasan diatas bahwa dalam konteks ini hanya akan dibahas sampah padat. Sampah cair yang berupa antara lain air limbah akan dibahas dibagian lain. Sedangkan sampah dalam bentuk gas yang menimbulkan polusi udara seperti asap kendaraan, asap pabrik dan sebagainya tidak dibahas. Sampah padat (selanjutnya akan disebut sampah saja) dapat dibagi menjadi berbagai jenis. Berdasarkan zat kimia yang terkandung didalamnya, sampah dibagi menjadi:

1. Sampah anorganik adalah sampah yang umumnya tidak dapat membusuk, misalnya logam atau besi, pecahan gelas, plastik, dan sebagainya.
2. Sampah organik adalah sampah yang pada umumnya dapat membusuk, misalnya sisa-sisa makanan, daun-daunan, buah-buahan dan sebagainya.

Sampah organik, adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat biodegradable. Sampah ini dengan mudah dapat diuraikan melalui proses alami. Sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik. Termasuk sampah organik, misalnya sampah dari dapur, sisa-sisa makanan, pembungkus (selain kertas, karet dan plastik), tepung, sayuran, kulit buah, daun dan ranting. Selain itu, pasar tradisional juga banyak menyumbangkan sampah organik seperti sampah sayuran, buah-buahan dan lain-lain.

Sampah Anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang. Sampah anorganik dibedakan menjadi: sampah logam dan produk-produk olahannya, sampah plastik, sampah kertas, sampah kaca dan keramik, sampah detergen. Sebagian besar anorganik tidak dapat diurai oleh alam/ mikroorganisme secara keseluruhan (unbiodegradable). Sementara, sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang lama. Sampah jenis ini pada tingkat rumah tangga misalnya botol plastik, botol gelas, tas plastik, dan kaleng, (Gelbert dkk, 1996).

Berdasarkan dapat tidaknya dibakar:

1. Sampah yang mudah terbakar, misalnya kertas, karet, kayu, plastik, kain bekas, dan sebagainya.
2. Sampah yang tidak dapat terbakar, misalnya kaleng-kaleng bekas, besi atau logam bekas, pecahan gelas, kaca, dan sebagainya.

Selanjutnya, berdasarkan bentuknya dapat dibedakan menjadi sebagai berikut :

#### 1. Sampah Padat

Sampah padat adalah segala bahan buangan selain kotoran manusia, urine dan sampah cair. Dapat berupa 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-bahan organik, seperti sisa-sisa sayuran, hewan, kertas, potongan-potongan kayu dari peralatan rumah tangga, potongan-potongan ranting, rumput pada waktu pembersihan kebun dan sebagainya. Berdasarkan kemampuan diurai oleh alam (biodegradability), maka dapat dibagi lagi menjadi:

- a. Biodegradable: yaitu sampah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerob, seperti: sampah dapur, sisa-sisa hewan, sampah pertanian dan perkebunan.
- b. Non-biodegradable: yaitu sampah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi. Dapat dibagi lagi menjadi:
  - 1) Recyclable: sampah yang dapat diolah dan digunakan kembali karena memiliki nilai secara ekonomi seperti plastik, kertas, pakaian dan lain-lain.
  - 2) Non-recyclable: sampah yang tidak memiliki nilai ekonomi dan tidak dapat diolah atau diubah kembali seperti tetra packs, carbon paper, thermo coal dan lain-lain.

#### 2. Sampah Cair

Sampah cair adalah bahan cairan yang telah digunakan dan tidak diperlukan kembali dan dibuang ke tempat pembuangan sampah.

- a. Limbah hitam: sampah cair yang dihasilkan dari toilet. Sampah ini mengandung patogen yang berbahaya.
- b. Limbah rumah tangga: sampah cair yang dihasilkan dari dapur, kamar mandi dan tempat cucian. Sampah ini mungkin mengandung patogen.

Sampah dapat berada pada setiap fase materi: padat, cair, atau gas. Ketika dilepaskan dalam dua fase yang disebutkan terakhir, terutama gas, sampah dapat dikatakan sebagai emisi. Emisi biasa dikaitkan dengan polusi.

Dalam kehidupan manusia, sampah dalam jumlah besar datang dari aktivitas industri (dikenal juga dengan sebutan limbah), misalnya pertambangan, manufaktur, dan konsumsi.

Hampir semua produk industri akan menjadi sampah pada suatu waktu, dengan jumlah sampah yang kira-kira mirip dengan jumlah konsumsi.

3. Sampah Alam

Sampah yang diproduksi di kehidupan liar diintegrasikan melalui proses daur ulang alami, seperti halnya daun-daun kering di hutan yang terurai menjadi tanah. Di luar kehidupan liar, sampah-sampah ini dapat menjadi masalah, misalnya daun-daun kering di lingkungan pemukiman. Sampah manusia (Inggris: human waste) adalah istilah yang biasa digunakan terhadap hasil-hasil pencernaan manusia, seperti feses dan urin. Sampah manusia dapat menjadi bahaya serius bagi kesehatan karena dapat digunakan sebagai vektor (sarana perkembangan) penyakit yang disebabkan virus dan bakteri. Salah satu perkembangan utama pada dialektika manusia adalah pengurangan penularan penyakit melalui sampah manusia dengan cara hidup yang higienis dan sanitasi. Termasuk didalamnya adalah perkembangan teori penyaluran pipa (plumbing). Sampah manusia dapat dikurangi dan dipakai ulang misalnya melalui sistem urinoir tanpa air.

4. Sampah konsumsi

Sampah konsumsi merupakan sampah yang dihasilkan oleh (manusia) pengguna barang, dengan kata lain adalah sampah-sampah yang dibuang ke tempat sampah. Ini adalah sampah yang umum dipikirkan manusia. Meskipun demikian, jumlah sampah kategori ini pun masih jauh lebih kecil dibandingkan sampah-sampah yang dihasilkan dari proses pertambangan dan industri.

5. Sampah nuklir

Sampah nuklir merupakan hasil dari fusi nuklir dan fisi nuklir yang menghasilkan uranium dan thorium yang sangat berbahaya bagi lingkungan hidup dan juga manusia. Oleh karena itu sampah nuklir disimpan ditempat-tempat yang tidak berpotensi tinggi untuk melakukan aktivitas tempat-tempat yang dituju biasanya bekas tambang garam atau dasar laut (walau jarang namun kadang masih dilakukan).

## **B. KARAKTERISTIK SAMPAH**

Jika ditinjau berdasarkan karakteristiknya, sampah dibagi menjadi beberapa jenis antara lain:

1. Garbage yaitu jenis sampah hasil pengolahan atau pembuatan makanan, yang umumnya mudah membusuk dan berasal dari rumah tangga, restoran, hotel, dan sebagainya.
2. Rubish yaitu sampah yang berasal dari perkantoran, perdagangan, baik yang mudah terbakar seperti kertas, karton, plastik dan sebagainya maupun yang tidak mudah terbakar, seperti kaleng bekas, klip, pecahan kaca, gelas, dan sebagainya.

3. Ashes (abu) yaitu sisa pembakaran dari bahan-bahan yang mudah terbakar, termasuk abu rokok
4. Sampah jalanan (street sweeping) yaitu sampah yang berasal dari pembersihan jalan yang terdiri dari campuran bermacam-macam sampah, daun-daunan, kertas, plastik, pecahan kaca, besi, debu dan sebagainya.
5. Sampah industri yaitu sampah yang berasal dari industri atau pabrik-pabrik.
6. Bangkai binatang (dead animal) yaitu bangkai binatang yang mati karena alam, ditabrak kendaraan atau dibuang orang.
7. Bangkai kendaraan (abandoned vehicle) adalah bangkai mobil, sepeda, sepeda motor, dan sebagainya.
8. Sampah pembangunan (construction waste) yaitu sampah dari proses pembangunan gedung, rumah, dan sebagainya, yang berupa puing-puing, potongan-potongan kayu, besi, beton, bambu, dan sebagainya.

Selain jenis, maka karakteristik lain yang biasanya ditampilkan dalam penanganan sampah adalah karakteristik, fisika, dan kimia. Karakteristik tersebut sangat bervariasi, tergantung pada komponen-komponen sampah. Kekhasan sampah dari berbagai tempat/daerah serta jenisnya yang berbeda-beda memungkinkan sifat-sifat yang berbeda pula. Sampah kota di negara-negara yang sedang berkembang akan berbeda susunannya dengan sampah kota di negara-negara maju.

Karakteristik sampah dapat dikelompokkan menurut sifat-sifatnya, seperti :

1. Karakteristik fisika: yang paling penting adalah densitas, kadar air, kadar volatile, kadar abu, nilai kalor, distribusi ukuran .
2. Karakteristik kimia: khususnya yang menggambarkan susunan kimia sampah tersebut yang terdiri dari unsure C, N, O, P, H, S dan sebagainya.
3. Karakteristik Biologi: Biodegradabilitas

Faktor-faktor lain menurut Damanhuri (2004) yang dapat mempengaruhi komposisi sampah antara lain:

1. Cuaca;
2. Frekuensi pengumpulan;
3. Musim;
4. Tingkat sosial ekonomi;
5. Pendapatan perkapita;

Selanjutnya, menurut pengamatan di lapangan densitas sampah akan tergantung pada sarana pengumpul dan pengangkut yang digunakan. Biasanya untuk kebutuhan disain digunakan angka:

1. Sampah di wadah sampah rumah : 0,01 – 0,20 ton/m<sup>3</sup>
2. Sampah di gerobak sampah : 0,20 – 0,25 ton/m<sup>3</sup>
3. Sampah di truk terbuka : 0,30 – 0,40 ton/m<sup>3</sup>
4. Sampah di TPA dengan pemadatan konvensional = 0,50 – 0,60 ton/m<sup>3</sup>

Informasi mengenai komposisi dan karakteristik sampah diperlukan untuk memilih dan menentukan cara pengoperasian setiap peralatan dan fasilitas-fasilitas lainnya dan untuk memperkirakan kelayakan pemanfaatan kembali sumberdaya dan energy dalam sampah, serta untuk perencanaan fasilitas.

Tabel 3.1.  
Contoh Karakteristik sampah

No.	Komponen	Kadar air (% berat basah)	Kadar volatile (% berat kering)	Kadar abu (% berat kering)
1.	Sisa makanan	88,33	88,09	11,91
	Kertas – tissue	5,03	99,69	0,31
3.	Daun	34,62	96,92	3,08
4.	Botol kaca	1,30	0,52	99,48
5.	Botol/cup plastic	2,57	88,48	11,52
6.	Karton	6,57	94,45	5,55
7.	Kertas putih	50,65	80,00	20,00
8.	Tekstil	3,41	86,32	13,68
9.	Plastik macam-macam	68,45	96,21	1,79

Tabel 3.2.  
Contoh Karakteristik sampah di kota Bandung 1988

No.	Parameter	Persentase
1.	Kadar air (% berat basah)	64,27
2.	Ph	6,27
3.	Materi organic (% berat basah)	44,70
4.	Karbon (% berat kering)	44,70
5.	Nitrogen (% berat kering)	1,56
6.	Pospor (% berat kering)	0,241
7.	Kadar abu (% berat kering)	23,09
No.	Parameter	Persentase
8.	Nilai kalor (kkal/kg)	1197

Contoh : Karakteristik sampah di TPS di kota Bandung pada tahun 2007

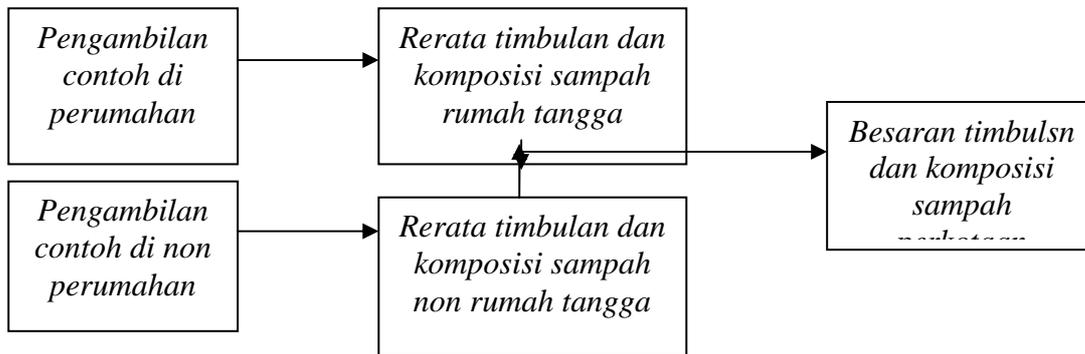
Kadar air hilang pada 105°C	     	<i>Berat basah</i>
Volatil hilang pada 550°C		<i>Berat kering</i>
Fixed carbon hilang pada 850°C		
Karbonat		<i>Abu pada 550°C</i>

### C. PENGAMBILAN SAMPEL SAMPAH

Timbulan sampah yang dihasilkan dari sebuah kota dapat diperoleh dengan survey pengukuran atau analisa langsung dilapangan, yaitu :

1. Mengukur langsung timbulan sampah dari sejumlah sampel (rumah tangga/non rumah tangga) yang ditentukan secara random proporsional disumber selama 8 hari berturut-turut. (SNI 19-3964 dan SNI M 36-1991-03).
2. Load account anaysis : mengukur jumlah berat (berat dan / atau volume) sampah yang masuk ke TPS, misalnya diangkut dengan gerobak , selama 8 hari berturut-turut. Jadi dengan melacak jumlah dan jenis penghasil sampah yang dilayani gerobak yang mengumpulkan sampah berikut sehingga akan diperoleh timbulan sampah per ekuivalensi penduduk.
3. Weigh-volume analysis : Bila tersedia jembatan timbang, maka jumlah sampah yang masuk kefasilitas penerima ke fasilitas penerima sampah akan diketahui dengan mudah dari waktu kewaktu. Jumlah sampah harian kemudian digabung dengan perkiraan area yang layanan, dimana data penduduk dan sarana umum terlayani dapat dicari, maka akan diperoleh satuan timbulan sampah per ekuivalensi penduduk.
4. Material balance analysis merupakan analisa yang lebih mendasar, dengan menganalisa secara cermat aliran bahan masuk, aliran bahan yang hilang dalam sistem dan aliran bahan yang menjadi sampah dari sebuah sistem yang ditentukan batas-batasnya (system Boundary).

Langkah-langkah pengambilan dan pengukuran timbulan sampah



Dalam survey, frekuensi pengambilan sampel sebaiknya dilakukan delapan hari berturut-turut guna menggambarkan fluktuasi harian yang ada. Dilanjutkan dengan kegiatan bulanan guna menggambarkan fluktuasi dalam tahunan. Namun di Indonesia telah disederhanakan, seperti:

1. Hanya dilakukan 1 hari saja
2. Dilakukan dalam seminggu, tetapi pengambilan sampel setiap 2 atau 3 hari
3. Dilakukan 8 hari berturut-turut

Penentuan jumlah sampel yang biasa digunakan dalam analisis timbulan sampah dilakukan dengan metode statistika:

1. Metode Stratified random sampling, didasarkan pada komposisi pendapatan penduduk setempat, dengan asumsi pendapatan berpengaruh terhadap tingkat timbulan sampah.
2. Jumlah sampel minimum, ditaksir berdasarkan beberapa perbedaan yang bisa diterima antara yang ditaksir dan penaksir, berapa derajat yang diinginkan dan berapa derajat yang diterima.
3. Pendekatan praktis, dilakukan dengan pengambilan sampah berdasarkan atas jumlah minimum sampel yang dibutuhkan untuk penentuan komposisi sampah yaitu minimum 500 liter atau sekitar 200 Kg. Biasanya sampling dilakukan di TPS atau pada gerobak yang diketahui sumber sampahnya.

#### **D. METODE PENGUKURAN**

Pengukur langsung satuan timbulan sampah dari sejumlah sampel (rumah tangga dan non rumah tangga).

Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan ini dimaksudkan sebagai pegangan bagi penyelenggaraan pembangunan dalam melakukan pengambilan keputusan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah untuk suatu kota. Yang dimaksud dengan:

1. Contoh timbulan sampah adalah sampah yang diambil dari lokasi pengambilan terpilih, untuk diukur volumenya dan ditimbang beratnya dan diukur komposisinya;
2. Komponen komposisi sampah adalah komponen fisik sampah seperti sisa-sisa makanan, kertas, kayu, kain-tekstil, karet-kulit, plastik, logam besi-non besi, kaca dan lain-lain (misalnya tanah, pasir, batu, keramik).

Persyaratan pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah meliputi:

1. Peraturan-peraturan dan petunjuk di bidang persampahan yang berlaku di daerah;
2. Lokasi dan waktu pengambilan yang dipilih harus dapat mewakili suatu kota;
3. Alat pengambil dan pengukur contoh, yaitu:
  - a. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh;
  - b. Mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya.
4. Berat jenis ampah dapat diketahui dengan cara sebagai berikut:
5. Berat jenis sampah = perbandingan berat dan volume sampah hasil pengukuran.
6. Dilihat dari perumusannya, semakin berat massa sampel maka berat jenis sampah semakin besar, sedangkan terhadap volume sampah berlaku sebaliknya, semakin kecil volume sampah maka nilai berat jenis semakin besar.

Dalam survey, frekuensi pengambilan sampel sebaiknya dilakukan delapan hari berturut-turut guna menggambarkan fluktuasi harian yang ada. Dilanjutkan dengan kegiatan bulanan guna menggambarkan fluktuasi dalam tahunan. Namun di Indonesia telah disederhanakan, seperti :

Penentuan jumlah sampel yang biasa digunakan dalam analisis timbulan sampah dilakukan dengan metode statistika :

1. Metode Stratified random sampling, didasarkan pada komposisi pendapatan penduduk setempat, dengan asumsi pendapatan berpengaruh terhadap tingkat timbulan sampah.
2. Jumlah sampel minimum, ditaksir berdasarkan beberapa perbedaan yang bisa diterima antara yang ditaksir dan penaksir, berapa derajat yang diinginkan dan berapa derajat yang diterima.
3. Pendekatan praktis, dilakukan dengan pengambilan sampah berdasarkan atas jumlah minimum sampel yang dibutuhkan untuk penentuan komposisi sampah yaitu minimum 500 liter atau sekitar 200 Kg. Biasanya sampling dilakukan di TPS atau pada gerobak yang diketahui sumber sampahnya.

**1. Metode pengambilan & pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah di Indonesia berdasarkan SNI M 36 -1991-03 (21)**

Bila jumlah penduduk  $\leq 10^6$  jiwa

$$P = Cd \cdot VPs$$

Bila jumlah penduduk  $> 10^6$  jiwa

$$P = Cd \cdot Cj \cdot VPs$$

$$Cj = \text{€ penduduk} / 10^6$$

Keterangan:

$P_s$  = Jumlah penduduk bila  $\leq 10^6$  jiwa

$C_d$  = Koefisien

$C_d = 1$  bila kepadatan penduduk normal

$C_d < 1$  bila="" jarang="" kepadatan=""  $p=""$  penduduk="">

$C_d > 1$  bila kepadatan penduduk padat

**2. Metoda Pengambilan dan Pengukuran Sampel Timbulan dan Komposisi Sampah berdasarkan SNI 19 – 3964 - 1994**

a. Maksud

Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan Dan Komposisi sampah Perkotaan ini dimaksudkan sebagai pegangan bagi penyelenggaraan pembangunan dalam melakukan pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah untuk suatu kota.

b. Tujuan

Tujuan dari metode ini adalah untuk mendapatkan besaran timbulan sampah yang digunakan dalam perencanaan dan pengelolaan sampah.

c. Ruang Lingkup

Metode ini berisi pengertian, persyaratan, ketentuan, cara pelaksanaan pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah untuk suatu kota.

d. Pengertian

Yang dimaksud dengan contoh timbulan sampah adalah sampah yang diambil dari lokasi pengambilan terpilih, untuk diukur volumenya dan ditimbang beratnya dan diukur komposisinya.

Komponen komposisi sampah adalah komponen fisik sampah seperti sisa-sisa makanan, kertas-karton, kayu, kain-tekstil, karet-kulit, plastik, logam besi-non besi, kaca dan lain-lain ( misalnya tanah, pasir, batu, keramik).

e. Persyaratan-persyaratan

Persyaratan pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah meliputi:

- 1) Peraturan-peraturan dan petunjuk di bidang persampahan yang berlaku di daerah;
- 2) Lokasi dan waktu pengambilan yang dipilih harus dapat mewakili suatu kota;
- 3) Alat pengambil dan pengukur contoh. yaitu:
- 4) Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh (tidak terbuat dari logam)
- 5) Mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya

**3. Pemeriksaan Fisik Sampah**

Pemeriksaan kualitas fisika adalah pemeriksaan yang dilakukan pada suatu sampel dengan melihat wujud secara fisik seperti berat jenis, kadar air, kadar volatile, kadar abu, nilai kalor, distribusi ukuran.

**4. Berat Jenis Sampah**

Berat jenis sampah merupakan perbandingan antara massa suatu jenis sampah dengan jumlah volume, ukuran ini dipakai bila pemakaian ukuran belum dapat terpenuhi untuk itu memang di perlukan suatu penelitian dulu berat jenis sampah untuk volume sampah tertentu.

Pengukuran berat jenis sampah bertujuan untuk mengetahui volume dari sampah, sehingga lebih mudah dalam perencanaan penampungan atau alat angkut sampah.

Perhitungan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat jenis sampah} = \frac{\text{Berat sampah (ton)}}{\text{Volume sampah (m}^3\text{)}}$$

Menurut pengamatan di lapangan, maka berat jenis sampah akan tergantung pada sarana pengumpul dan pengangkut yang digunakan, biasanya untuk kebutuhan desain yang digunakan.

- a. Sampah di wadah sampah rumah : 0,01 – 0,20 ton/m<sup>3</sup>
- b. Sampah di gerobak sampah : 0,20 – 0,25 ton/m<sup>3</sup>
- c. Sampah di truk terbuka : 0,30m – 0,40 ton/m<sup>3</sup>
- d. Sampah di TPA dengan pemadatan konvensional : 0,50 – 0,60 ton/m<sup>3</sup>

**5. Kadar Air Sampah**

Kadar air sampah merupakan salah satu sifat fisis sampah. Kadar air menunjukkan kandungan air yang ada dalam sampah. Dalam pengukuran kadar air sampah, metode yang

biasa dilakukan adalah metode pengukuran berat basah dan berat kering. Metode pengukuran berat basah menyatakan kandungan air sampah sebagai persentase berat basah material, sedangkan metode pengukuran berat kering menyatakan kandungan air sampah sebagai persentase berat kering material. Kadar air sampah domestik berbeda-beda karena beberapa faktor yang mempengaruhi, antara lain komposisi sampah, musim tahunan, kelembapan, kondisi cuaca terutama hujan. Pengukuran kadar air sampah berguna untuk penentuan desain incinerator dan operasinya, karena kadar air sampah berpengaruh terhadap nilai kalori dan karakteristik ignition sampah.

Kadar air pada sampah juga tergantung pada komposisi sampah karena masing-masing komponen sampah memiliki kemampuan mengikat air yang berbeda-beda.

Kadar air adalah persentase kandungan air yang terdapat dalam sampah. Parameter ini dapat ditentukan dengan mengeringkan sampel sampah yang telah diketahui berat basahnya dan kemudian diukur kembali perubahan beratnya. Berat yang hilang dinyatakan dalam persentase.

Kelembapan limbah padat kota umumnya berkisar antara 15 – 40 persen.

#### **Prinsip kerja:**

Sampah dikeringkan agar semua air yang terkandung didalamnya hilang.

#### **Alat dan Bahan:**

- sampel sampah dari penetapan sebelumnya.
- timbangan
- cawan petri
- oven 105<sup>o</sup> C
- penjepit

#### **Cara kerja:**

- ambil sampel sampah dari penetapan awal. .
- sampel tersebut dibagi menjadi empat bagian, dari seperempat bagian dibagi menjadi empat bagian lagi diaduk rata, dibagi empat bagian lagi dan seterusnya sampai beratnya kira-kira mencapai 100 gram.
- timbang cawan petri kosong (sudah dipanaskan dalam oven selama 2 jam) catat hasilnya.
- Masukkan sampel sampah tersebut dalam cawan petri, lalu timbang catat hasilnya (misal : a gram)
- masukkan cawan petri bersama sampah dalam oven, selama 24 jam.
- setelah itu keluarkan dan biarkan dingin, masukkan dalam desikator, kemudian timbang catat hasilnya ( misal: b gram).

Perhitungan dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ kadar air} = \frac{\text{berat cawan isi (a)} - \text{berat cawan isi (b)}}{\text{berat cawan ini (a)} - \text{berat cawan kosong}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Kadar Kering} = 100 \% - \% \text{ kadar air.}$$

## 6. Kadar Volatil Sampah

Senyawa volatil adalah senyawa-senyawa kimia organik yang mempunyai molekul yang kecil dan dapat terdistilasi dengan mudah dalam tekanan atmosfer. Senyawa volatil dalam sampah berasal dari dekomposisi zat organik yang terjadi dalam keadaan fakultatif maupun anaerobik oleh mikroorganisme. Senyawa volatil juga merupakan senyawa organik yang masih dapat dibakar dan menguap pada temperatur tinggi ( 650 C). Sehingga kadar volatil sampah menunjukkan jumlah zat organik dalam sampah yang menguap melalui pemanasan dengan temperatur tinggi. Hasil pemanasan pada suhu tinggi ini akan meninggalkan abu (ashes) dan residu. Abu dan residu merupakan material yang lembut, berbentuk bubuk, dan menunjukkan bagian sampah yang tidak volatil. Sampah yang komponennya merupakan bahan-bahan kertas, plastik, kain dan material lain yang dapat terbakar biasa memiliki kadar volatil yang tinggi. Hal ini juga dapat dibuktikan bahwa dengan proses pembakaran yang besar (Proper Incinerator) sampah yang demikian secara signifikan berkurang dalam hal volume dan berat. Senyawa volatil adalah senyawa-senyawa kimia organik yang mempunyai molekul yang kecil dan dapat terdistilasi dengan mudah dalam tekanan atmosfer.

Kadar volatil merupakan parameter kimiawi sampah. Berbeda dengan komposisi dan kadar air sampah yang merupakan parameter fisis sampah. Data mengenai kadar volatil sampah sangat penting dalam manajemen persampahan. Terutama pada proses pengolahannya. Akumulasi senyawa volatil dapat menurunkan PH sampai melebihi kapasitas buffer pada pengolahan anaerobik, sehingga dapat mengganggu proses pengolahan sampah. Sedangkan jumlah abu dan residu penting untuk diketahui dalam penentuan desain incinerator agar dapat memberikan kapasitas penampungan sampah yang sesuai.

Pengukuran kadar volatil dilakukan dengan cara menghaluskan sampah hingga diperoleh berat 4 gram dari hasil pengukuran kadar air sampah. Sampel yang sudah halus ini kemudian dimasukkan dalam oven. Kadar volatil sampah dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Volatil} = \frac{(\text{berat sampel kering} - \text{berat sampah setelah pemanasan})}{(\text{berat sampel kering})} \times 100\%.$$

Perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Kadar abu} = 100 \% - \% \text{ kadar volatil}$$

## Latihan

- 1) Sebutkan pembagian sampah berdasarkan bentuknya!
- 2) Sebutkan pembagian sampah berdasarkan sifatnya!
- 3) Beberapa faktor yang mempengaruhi komposisi sampah, sebutkan!
- 4) Karakteristik sampah dapat dikelompokkan menurut sifat-sifatnya, seperti
- 5) Sebutkan jenis sampah berdasarkan zat kimia yang terkandung didalamnya!
- 6) Hitunglah berat dan volume sampah dari lokasi pengambilan, bila hasil pengukuran didapat:
  - a) volume sampah yang diukur ( $V_s$ ) = 20 liter
  - b) berat sampah yang diukur ( $B_s$ ) = 4 kg
  - c) jumlah unit penghasil sampah ( $U$ ) = 5 jiwa

### ***Petunjuk Jawaban latihan***

- 1) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut. Selain itu, Andapun harus membaca dan memahami pada topik 3 sub.1 tentang jenis dan karakteristik sampah.
- 2) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut. Selain itu, Andapun harus membaca dan memahami pada topik 3 sub.2 tentang karakteristik sampah
- 3) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut. Selain itu, Andapun harus membaca dan memahami pada topik 3 sub.2 tentang karakteristik sampah.
- 4) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut. Selain itu, Andapun harus membaca dan memahami pada topik 3 sub.2 tentang karakteristik sampah..
- 5) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut. Selain itu, Andapun harus membaca dan memahami pada topik 2 sub.1 tentang jenis-jenis sampah
- 6) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut. Selain itu, Andapun harus harus membaca dan memahami penggunaan rumus berikut.

$$\text{Volume contoh tiimbangan sampah} = \frac{V_s}{U} = \frac{20}{5} = 4 \text{ liter/jiwa}$$

$$\text{Berat contoh tiimbangan sampah} = \frac{B_s}{U} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ kg/jiwa}$$

$$\text{Berat jenis contoh tiimbulan sampah} = \frac{Bs}{V} = \frac{0,8}{4} = 0,2 \text{ kg/liter}$$

## Ringkasan

Jenis-jenis sampah jenis sampah yang ada di sekitar kita cukup beraneka ragam, ada yang berupa sampah rumah tangga, sampah industri, sampah pasar, sampah rumah sakit, sampah pertanian, sampah perkebunan, sampah peternakan, sampah institusi/kantor/sekolah, dan sebagainya.

Berdasarkan sifat nya, sampah dapat digolongkan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

- 1) Sampah organik, adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat biodegradable. Selain itu, pasar tradisional juga banyak menyumbangkan sampah organik seperti sampah sayuran, buah-buahan dan lain-lain.
- 2) Sampah Anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang. Sementara, sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang lama. Sampah jenis ini pada tingkat rumah tangga misalnya botol plastik, botol gelas, tas plastik, dan kaleng, (Gelbert dkk, 1996).

Karakteristik sampah dapat dikelompokkan menurut sifat-sifatnya, seperti :

- 1) Karakteristik Fisika, dilihat dari :
  - a) Kadar air;
  - b) Kadar Volatil;
  - c) Kadar Abu;
  - d) Nilai karbon, dll.
- 2) Karakteristik Kimia : khususnya yang menggambarkan susunan kimia sampah tersebut yang terdiri dari unsur C, N, O, P, H, S dan sebagainya.
- 3) Karakteristik Biologi : Biodegrabilitas

Beberapa faktor yang mempengaruhi komposisi sampah antara lain.

- 1) Cuaca;
- 2) Frekuensi pengumpulan;
- 3) Musim;
- 4) Tingkat sosial ekonomi;
- 5) Pendapatan perkapita;

Bila timbulan limbah padat dinyatakan dalam satuan volume, maka perlu ditambahkan kepadatannya. Karena kepadatan limbah padat berbeda-beda sesuai dengan lokasinya.

Berat menyatakan tingkat tingkat timbulan limbah padat dalam satuan berat lebih akurat dibandingkan dalam satuan volume.

Kadar air adalah presentase kandungan air yang terdapat dalam sampah. Parameter ini dapat ditentukan dengan mengeringkan sampel sampah yang telah diketahui berat basahnya dan kemudian diukur kembali perubahan beratnya. Kelembaban limbah padat kota umumnya berkisar antara 15 – 40 persen.

Parameter kadar volatile menentukan jumlah energy panas yang dapat dihasilkan bila seluruh komponen combustable sampah dibakar. Jadi sampai berapa persen sampah hilang setelah proses pembakaran, sehingga bisa dipakai sebagai alternative pengelolaan sampah dimasa mendatang.

### Tes 3

- 1) Pembagian sampah berdasarkan zat kimia yang terkandung didalamnya berupa . . . .
  - A. Sampah organic dan anorganik
  - B. Sampah rumah sakit dan sampah industri
  - C. Sampah jalan dan sampah kantor
  - D. Sampah domestic dan sampak kota
  - E. Sampah basah, kering dan debu
  
- 2) Yang dimaksud Sampah anorganik adalah . . . .
  - A. sampah yang umumnya mudah membusuk, misalnya logam atau besi, pecahan gelas, plastik, dan sebagainya
  - B. sampah yang umumnya tidak dapat membusuk, misalnya logam atau besi, pecahan gelas, plastik, dan sebagainya
  - C. sampah yang umumnya tidak dapat terurai dengan cepat
  - D. sampah yang umumnya berbahaya dan beracun, misalnya logam atau besi, pecahan gelas, plastik, dan sebagainya
  - E. sampah yang umumnya dibuat kompos
  
- 3) Yang dimaksud dengan sampah organic adalah . . . .
  - A. sampah yang pada umumnya sampah beracun, misalnya sisa-sisa makanan, daun-daunan, buah-buahan dan sebagainya
  - B. sampah yang pada umumnya sampah berbahaya, misalnya sisa-sisa makanan, daun-daunan, buah-buahan dan sebagainya
  - C. sampah yang pada umumnya dapat membusuk, misalnya sisa-sisa makanan, daun-daunan, buah-buahan dan sebagainya

- D. sampah yang pada umumnya sampah jalan dan gedung, misalnya sisa-sisa makanan, daun-daunan, buah-buahan dan sebagainya
  - E. sampah yang pada umumnya sampah berbahaya dan beracun
- 4) Yang termasuk karakteristik fisika, antara lain . . . .
- A. Kadar karbon dan nitrogen
  - B. Kadar air, kadar volatile, C/N ratio
  - C. Kadar air, dan gas terlarut
  - D. Kadar air, kadar abu dan kadar volatile
  - E. Kadar lengas, kadar air dan kadar karbon
- 5) Manfaat dari diperlukannya informasi mengenai komposisi dan karakteristik sampah adalah untuk memilih dan menentukan . . . .
- A. biaya operasional
  - B. cara pengoperasian tenaga pengangkut
  - C. cara pengoperasian pengelola
  - D. tempat pembuangan akhir dan fasilitas-fasilitas lainnya
  - E. cara pengoperasian setiap peralatan dan fasilitas-fasilitas lainnya

## Kunci Jawaban Tes

### *Tes 1*

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

### *Tes 2*

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

### *Tes 3*

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

## Daftar Pustaka

Damanhuri Enri, 2010/2011. Pengelolaan Sampah. Insitut Teknologi Bandung.

<http://id.wikipedia.org/wiki/Material>.

<http://id.wikipedia.org/wiki/Proses>.

[http://id.wikipedia.org/wiki/Limbah hitam](http://id.wikipedia.org/wiki/Limbah_hitam).

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

<http://www.psychologymania.com/2012/09/dampak-sampah-bagi-manusia-dan.html>

<http://dimansaputra.blogspot.co.id/2014/11/contoh-kasus-amdal-di.html>

[http://www.bbc.com/indonesia/berita\\_indonesia/2015/06/150625\\_indonesia\\_sampah\\_gun](http://www.bbc.com/indonesia/berita_indonesia/2015/06/150625_indonesia_sampah_gun)  
ung

<https://jujubandung.wordpress.com/2012/05/25/822/>

<https://jujubandung.files.wordpress.com/2012/04/>

<http://laboratoriumlingkunganbywildat132.blogspot.co.id/>

Damanhuri Enri, Tri Padmi, 2011, Diklat Pengelolaan Sampah, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Insistut Teknologi Bandung

<http://www.kajianpustaka.com/2015/02/pengertian-jenis-dan-dampak-sampah.html>

<http://kumpulanpertanyaanpenting.blogspot.co.id/2014/12/jelaskan-jenis-jenis-sampah-berdasarkan-karakteristiknya.html>

<http://www.kajianpustaka.com/2015/02/pengertian-jenis-dan-dampak-sampah.html>

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

<http://ardhikhairil.blogspot.co.id/2013/03/metode-pengukuran-timbulan-sampah.html>

<https://bannuntahtoh.wordpress.com/2013/09/15/pengambilan-sampah-uji-fisik-kimia-bio/>

<http://fatmawatirahim19.blogspot.co.id/2017/04/laporan-berat-jenis-sampah-komposisi.html>

## BAB VI

# MAKANAN DAN MINUMAN KEMASAN

*Darjati*

### PENDAHULUAN

Saudara mahasiswa dalam bab 6 ini kita akan membahas tentang makanan dan minuman kemasan dan permasalahannya. Telah kita ketahui bawasannya makanan dan minuman kemasan merupakan makanan jajanan yang diolah oleh pembuat makanan di tempat penjualan dan disajikan sebagai makanan siap santap untuk dijual bagi umum. Selain yang disajikan oleh jasa boga, rumah makan/restoran, dan hotel bagian paling penting adalah dapat menunjang kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Makanan merupakan kebutuhan dasar manusia untuk melanjutkan kehidupan. Makanan yang dibutuhkan harus sehat dalam arti memiliki nilai gizi yang optimal seperti: vitamin, mineral, hidrat arang, lemak, dan lainnya. Penyelenggaraan makanan di luar lingkungan keluarga diperlukan oleh sekelompok konsumen karena berbagai hal tidak dapat makan bersama dengan keluarganya di rumah.

Makanan mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, dimana makanan memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Makanan sebagai sumber energi, yaitu makanan memberikan panas dan tenaga pada tubuh.
2. Makanan sebagai zat pembangun, yaitu membangun jaringan tubuh yang baru, memelihara dan memperbaiki jaringan tubuh yang sudah tua.
3. Makanan sebagai zat pengatur, yaitu mengatur proses alamiah, kimiawi, dan proses faal dalam tubuh.

Penyakit yang ditimbulkan karena pangan yang tercemar telah menjadi masalah di dunia. Berdasarkan analisis data yang berhasil dihimpun saat ini, kasus-kasus penyakit bawaan makanan (*foodborne disease*) atau keracunan makanan masih cukup tinggi tahun (Amelia *dkk*, 2014). Oleh sebab itu maka perlu dilakukan beberapa pemeriksaan yang menyangkut konsisi dan keadaan kemasan dari makanan minuman tersebut guna mengantisipasi terjadi hal-hal yang tidak diinginkan oleh masyarakat (misalnya keracunan makanan minuman kemasan).

Selanjutnya, ruang lingkup materi yang akan dibahas pada bab ini mencakup tentang definisi makanan minuman kemasan, jenis dan macam kemasan makanan minuman, serta teknik pengambilan sampel makanan minuman kemasan.

Pada bab ini, seluruh cakupan atau ruang lingkup materi yang telah disebutkan itu, akan disajikan ke dalam 3 (tiga) Topik.

1. Topik 1: Definisi makanan minuman kemasan
2. Topik 2: Jenis dan macam kemasan makanan dan minuman

3. Topik 3: Teknik pengambilan sampel makanan minuman kemasan

Saudara mahasiswa, setelah mempelajari materi-materi yang ada pada Bab 6 ini diharapkan Anda dapat:

1. menjelaskan tentang definisi makanan minuman kemasan dengan benar
2. menjelaskan tentang jenis dan macam kemasan makanan dan minuman dengan benar
3. teknik pengambilan sampel makanan minuman kemasan
4. cara pemeriksaan fisik kemasan makanan dan minuman.
5. pemeriksaan fisik expiration date dari makanan minuman kemasan
6. interpretasi hasil dengan standar yang ada.

Kuasailah materi yang disajikan dalam Bab ini dengan baik. Mengapa? Sebab dengan menguasai materi tersebut, tentu Saudara akan memiliki wawasan yang luas tentang materi makanan minuman kemasan dan permasalahannya yang nantinya sangat berguna dalam kehidupan keseharian Anda dan juga pada profesi Saudara sebagai fungsional sanitarian.

Selanjutnya, agar Saudara berhasil dengan baik dalam mempelajari seluruh materi yang ada pada Bab ini, ikutilah saran atau petunjuk belajar sebagai berikut:

1. Bacalah setiap uraian dengan teliti, cermat, dan tertib sampai Saudara memahami pesan, ide, dan makna yang disampaikan.
2. Lakukanlah diskusi dengan teman-teman sejawat dalam kelompok untuk mengatasi bagian-bagian yang belum Saudara pahami.
3. Kerjakan semua soal yang terdapat pada latihan dan tes dengan disiplin tinggi.
4. Perbanyak pula membaca materi yang sesuai dari sumber lainnya, seperti yang direferensikan dalam modul ini.
5. Jangan lupa, tanamkan dalam diri Saudara bahwa Saudara insya allah akan berhasil dan buktikanlah bahwa Saudara telah berhasil

## Topik 1

# Makanan dan Minuman dalam Kemasan

### A. DEFINISI MAKANAN DAN MINUMAN

Makanan memiliki arti penting dalam kehidupan manusia. Selain menyediakan zat-zat yang diperlukan untuk sumber tenaga dan pertumbuhan, makanan juga menyediakan zat-zat yang diperlukan untuk mendukung kehidupan tubuh yang sehat. Karena itu untuk meningkatkan kehidupan manusia diperlukan adanya persediaan makanan yang memadai baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Dari segi kualitas, selain mengandung semua zat yang diperlukan oleh tubuh makanan juga harus memenuhi syarat keamanan (Suryani, 2014).

Makanan yang aman merupakan faktor yang penting untuk meningkatkan derajat kesehatan. Dalam Undang-undang RI No. 7 Tahun 1996 tentang pangan, keamanan pangan didefinisikan sebagai kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, benda-benda lain yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan kesehatan manusia. Penyakit yang ditimbulkan karena pangan yang tercemar telah menjadi masalah di dunia. Berdasarkan analisis data yang berhasil dihimpun saat ini, kasus-kasus penyakit bawaan makanan (*foodborne disease*) atau keracunan makanan masih cukup tinggi tahun (Amelia dkk, 2014).

Peningkatan kesehatan lingkungan dimaksudkan untuk perbaikan mutu lingkungan hidup yang dapat menjamin kesehatan melalui kegiatan peningkatan sanitasi, dasar kondisi fisik dan biologis yang tidak baik termasuk berbagai akibat sampingan pembangunan. Sanitasi dasar meliputi penyehatan air bersih, penyehatan pembuangan kotoran, penyehatan lingkungan perumahan, penyehatan air buangan/limbah, pengawasan sanitasi tempat umum dan penyehatan makanan dan minuman (Hiswani, 2003).

Makanan merupakan kebutuhan dasar manusia untuk melanjutkan kehidupan. Makanan yang dibutuhkan harus sehat dalam arti memiliki nilai gizi yang optimal seperti: vitamin, mineral, hidrat arang, lemak, dan lainnya (Djarismawati, 2004). Penyelenggaraan makanan di luar lingkungan keluarga diperlukan oleh sekelompok konsumen karena berbagai hal tidak dapat makan bersama dengan keluarganya di rumah.

Menurut WHO, makanan adalah semua substansi yang dibutuhkan oleh tubuh tidak termasuk air, obat-obatan, dan substansi-substansi lain yang digunakan untuk pengobatan (Chandra, 2007). Makanan jajanan adalah makanan dan minuman yang diolah oleh pembuat makanan di tempat penjualan dan disajikan sebagai makanan siap santap untuk dijual bagi umum selain yang disajikan jasa boga, rumah makan/restoran, dan hotel (Depkes RI, 2003). Makanan mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, dimana makanan memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Makanan sebagai sumber energi, yaitu makanan memberikan panas dan tenaga pada tubuh.

2. Makanan sebagai zat pembangun, yaitu membangun jaringan tubuh yang baru, memelihara dan memperbaiki jaringan tubuh yang sudah tua.
3. Makanan sebagai zat pengatur, yaitu mengatur proses alamiah, kimiawi, dan proses faal dalam tubuh.

Menurut KMK No. 942 tentang pedoman persyaratan higiene sanitasi makanan, Higiene sanitasi makanan adalah upaya untuk mengendalikan faktor makanan, orang, tempat, dan perlengkapannya yang dapat menimbulkan penyakit atau gangguan kesehatan. Persyaratan higiene sanitasi adalah ketentuan-ketentuan teknis yang ditetapkan terhadap produk rumah makan dan restoran, dan perlengkapannya yang meliputi persyaratan bakteriologis, kimia, dan fisika (Depkes RI, 2003).

## **B. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI SANITASI MAKANAN.**

Makanan dapat merupakan sumber penularan penyakit apabila kebersihan dalam penyelenggaraan makanan tidak dipelihara sebagaimana mestinya. Makanan harus murni dan utuh dalam arti tidak mengandung bahan pencemar serta harus higiene. Bila salah satu faktor tersebut terganggu makanan yang dihasilkan akan menimbulkan gangguan kesehatan dan penyakit bahkan keracunan makanan (Musadad, 2009). Menurut Chandra (2007), faktor yang mempengaruhi sanitasi makanan adalah faktor makanan, manusia, dan peralatan.

### **1. Faktor makanan**

Hal-hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan faktor makanan, antara lain sumber bahan makanan, pengangkutan bahan makanan, penyimpanan bahan makanan, pengolahan makanan, penyajian makanan, penyimpanan makanan jadi.

### **2. Faktor Manusia**

Orang-orang yang bekerja pada tahapan dasar juga harus memenuhi persyaratan sanitasi seperti kesehatan dan kebersihan mulut, gigi, tangan, tidak menderita penyakit infeksi, dan bukan carrier dari suatu penyakit menular

### **3. Faktor Peralatan**

Kebersihan dan cara penyimpanan peralatan pengolah makanan harus juga memenuhi syarat sanitasi. Sanitasi makanan merupakan upaya-upaya yang ditujukan untuk kebersihan dan keamanan makanan agar tidak menimbulkan bahaya keracunan dan penyakit pada manusia (Chandra, 2007). Sedangkan menurut Oginawati (2008), sanitasi makanan adalah upaya pencegahan terhadap kemungkinan bertumbuh dan berkembangbiaknya jasad renik pembusuk dan patogen dalam makanan yang dapat merusak makanan dan membahayakan kesehatan manusia.

Tujuan dari sanitasi makanan antara lain:

1. menjamin keamanan dan kebersihan makanan, mencegah penularan wabah penyakit, mencegah beredarnya produk makanan yang merugikan masyarakat.
2. mengurangi tingkat kerusakan atau pembusukan pada makanan,
3. melindungi konsumen dari kemungkinan terkena penyakit yang disebarkan oleh perantara makanan.

Selain itu, menurut Chandra (2006) dan Oginawati (2008), di dalam upaya sanitasi makanan terdapat 6 tahapan yang harus diperhatikan yaitu:

1. Keamanan dan kebersihan produk makanan yang diproduksi.
2. Kebersihan individu dalam pengolahan produk makanan
3. Keamanan terhadap penyediaan air bersih
4. Pengelolaan pembuangan air limbah dan kotoran
5. Perlindungan makanan terhadap kontaminasi selama proses pengolahan, penyajian dan penyimpanan
6. Pencucian, pembersihan, dan penyimpanan alat-alat atau perlengkapan

### **C. PRINSIP HIGIENE SANITASI MAKANAN**

Prinsip higiene sanitasi makanan adalah pengendalian terhadap empat faktor yaitu tempat atau bangunan, peralatan, orang dan bahan makanan. Keempat faktor tersebut dikendalikan melalui 6 (enam) prinsip higiene sanitasi makanan yaitu (Depkes RI, 2003), yaitu sebagai berikut:

#### **1. Prinsip 1: Pemilihan Bahan Makanan**

Kualitas bahan makanan yang baik dapat dilihat melalui ciri-ciri fisik dan mutunya dalam hal bentuk, warna, kesegaran, bau, dan lainnya. Bahan makanan yang baik terbebas dari kerusakan dan pencemaran termasuk pencemaran oleh bahan kimia seperti pestisida (Kusmayadi, 2008). Sumber bahan makanan yang baik adalah (Depkes RI, 2004) :

- a. Pusat penjualan bahan makanan dengan sistem pengaturan suhu yang dikendalikan dengan baik misalnya swalayan.
- b. Tempat-tempat penjualan bahan makanan yang diawasi oleh pemerintah daerah dengan baik.

#### **2. Prinsip 2: Penyimpanan Bahan Makanan**

Bahan makanan yang digunakan dalam proses produksi, baik bahan baku, bahan tambahan maupun bahan penolong, harus disimpan dengan cara penyimpanan yang baik karena kesalahan dalam penyimpanan dapat berakibat penurunan mutu dan keamanan makanan (Depkes RI, 2004).

### **3. Prinsip 3: Pengolahan Makanan**

Pengolahan makanan adalah proses perubahan bentuk dari bahan mentah menjadi makanan siap santap. Pengolahan makanan yang baik adalah yang mengikuti kaidah dari prinsip-prinsip hygiene dan sanitasi. Semua kegiatan pengolahan makanan harus dilakukan dengan cara terlindung dari kontak langsung dengan tubuh. Perlindungan kontak langsung dengan makanan dilakukan dengan jalan menggunakan sarung tangan plastik, penjepit makanan (Arisman, 2009).

### **4. Prinsip 4: Penyimpanan Makanan Jadi**

Prinsip penyimpanan makanan terutama ditujukan untuk mencegah pertumbuhan dan perkembangan bakteri, mengawetkan makanan dan mengurangi pembusukan, mencegah timbulnya sarang hama

### **5. Prinsip 5: Pengangkutan Makanan**

Makanan yang berasal dari tempat pengolahan memerlukan pengangkutan untuk disimpan, kemungkinan pengotoran makanan terjadi sepanjang pengangkutan, bila cara pengangkutan kurang tepat dan alat angkutnya kurang baik dari segi kualitasnya baik/buruknya pengangkutan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tempat/alat pengangkut, tenaga pengangkut, teknik pengangkutan, syarat- syarat pengangkutan makanan memenuhi aturan sanitasi, alat/tempat pengangkutan harus bersih, cara pengangkutan makanan harus benar dan tidak terjadi kontaminasi selama pengangkutan, pengangkutan makanan yang melewati daerah kotor harus dihindari, cara pengangkutan harus dilakukan dengan mengambil jalan singkat.

### **6. Prinsip 67: Penyajian Makanan**

Penyajian makanan yang menarik akan memberikan nilai tambah dalam menarik pelanggan. Teknis penyajian makanan untuk konsumen memiliki berbagai cara asalkan memperhatikan kaidah sanitasi yang baik. Penggunaan pembungkus seperti plastik, kertas, atau boks plastik harus dalam keadaan bersih dan tidak berasal dari bahan-bahan yang menimbulkan racun.

## **D. MAKANAN DAN MINUMAN KEMASAN**

Definisi makanan kemasan memang tidak ada yang baku, sehingga setiap orang dapat mendefinisikan makanan kemasan dengan pengertian apa saja. Kamus besar Bahasa Indonesia mendefinisikan kemasan yaitu teratur, bersih dan rapi. Undang-Undang No.7 tahun 1996 tentang Pangan dalam Pasal 1 ayat (10) mendefinisikan kemasan pangan yaitu bahan yang digunakan untuk mewadahi dan atau membungkus pangan, baik yang bersentuhan langsung dengan pangan maupun tidak.

Makanan kemasan utamanya “makanan ringan” telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan masyarakat, baik di perkotaan maupun di pedesaan. Konsumsi

makanan ringan diperkirakan akan terus meningkat, mengingat makin terbatasnya waktu anggota keluarga untuk mengolah makanan sendiri. Keunggulan makanan ringan adalah murah dan mudah didapat, serta cita rasanya enak dan cocok dengan selera kebanyakan orang.

Dari beberapa definisi diatas, dapat disimpulkan bahwa makanan kemasan adalah makanan yang terbungkus dengan teratur, bersih, rapi dan mempunyai label kemasan serta masa kadaluarsa untuk dijual dalam waktu yang diperkirakan.

Berdasarkan SNI 01-3553-2006 Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) adalah air baku yang telah diproses, dikemas, dan aman diminum mencakup air mineral dan demineral/ air murni. Beberapa kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam memilih kemasan pangan, antara lain:

1. Stabilitas dari pangan misalnya penguraian secara kimia, biokimia, reaksi mikrobiologi yang dapat terjadi pada kondisi lingkungan dari pangan selama proses distribusi dan penyimpanan seperti temperature sekitar/ambient dan kelembaban yang merupakan dua factor lingkungan yang sangat penting, karena factor ini akan menentukan sifat penghalang yang diperlukan untuk kemasan.
2. Cara atau metode pengawetan pangan yang dipilih sebagai contoh proses panas sesudah dikemas, kemasan pangan harus mampu mengatasi temperature panas serta tahan terhadap temperature freezer pada saat proses penyimpanan pangan.
3. Karakteristik, komponen, bahaya dari bahan kemasan pangan serta keamanan pangan yang dikemas sebagai konsekuensi migrasi komponen dari bahan pengemas.

Secara umum, kemasan pangan mempunyai fungsi sebagai berikut, yaitu:

1. Melindungi produk terhadap pengaruh fisik, seperti pengaruh mekanik, dan cahaya.
2. Melindungi produk terhadap pengaruh kimiawi (permiasi, gas, kelembaban udara/uap air)
3. Melindungi produk terhadap pengaruh biologic (bakteri, kapang).
4. Mempertahankan keawetan dan mutu produk.
5. Memudahkan penanganan (penyimpanan, transportasi, penumpukan, pindah tempat).
6. Sebagai media informasi produk dan media promosi.
7. Memberikan informasi konsumen misalnya: penggunaan dan penyimpanan.
8. Memberikan bentuk dan daya tarik produk.

### **1. Efek Negatif Makanan Kemasan untuk Kesehatan**

Kesibukan membuat kita ingin serba praktis. Maka munculah berbagai macam produk makanan yang dikemas dalam berbagai jenis kemasan. Beberapa sumber kesehatan menyebutkan bahwa makanan kemasan dapat memiliki efek buruk bagi kesehatan tubuh manusia. Bahkan beberapa sumber menyebutkan, makanan kemasan dapat menimbulkan kanker. Hal ini disebabkan oleh bermacam bahan kimia yang terkandung didalamnya. Namun seberapa besar pengaruh ini akan sangat tergantung ketahanan kondisi fisik tubuh masing-masing orang. Ada orang yang mudah

terkena efek buruk kemasan dan ada juga yang kuat. Akan tetapi kita sendiri tidak tahu termasuk yang mana.

Jargon *mencegah lebih baik daripada mengobati* mungkin menjadi pilihan yang paling tepat bagi kita. Bukan berarti kita sama sekali tidak makan produk kemasan. Kita perlu mengaturnya agar kita tidak terlalu banyak mengonsumsi makanan kemasan. Seberapa banyak batasannya, kita belum menemukan informasi yang valid.

Beberapa informasi yang ada, misalnya mie Instan, memberi jarak waktu 3 hari setelah makan mie instan untuk makan mie instan berikutnya. Mungkin ini bisa menjadi semacam patokan, jika sekiranya bisa dilakukan.

## **2. Bahaya Mengonsumsi Makanan Kemasan Bagi Wanita Hamil**

### **a. Mengganggu hormone**

Wanita hamil yang mengonsumsi makanan hangat dalam wadah plastik, meminum minuman dari botol plastik maupun mengonsumsi makan kalengan dapat berdampak buruk bagi kesehatan sang bayi. Masalah yang paling rentan terjadi adalah masalah mental dan perilaku pada bayi, termasuk beberapa gangguan neurologis.

Bahan kimia bisphenol A (BPA) yang terkandung di dalam kemasan dapat menyebabkan ketidakseimbangan hormon pada wanita hamil.

### **b. Masalah reproduksi dan perkembangan bayi**

Bahan kimia yang terkandung dalam kemasan plastik juga dapat meningkatkan aktivitas estrogen pada sang ibu. Hal ini mempengaruhi perkembangan sang bayi dan juga menyebabkan masalah reproduksi tidak hanya bagi wanita tetapi juga pada pria. Salah satunya adalah masalah kesuburan.

### **c. Bisphenol A (BPA)**

Beberapa negara seperti Tiongkok, Prancis dan Kanada melarang penggunaan produk yang menggunakan zat berbahaya ini. Meskipun sudah dilarang, namun masih banyak produk yang menggunakan bahan ini dan beredar bebas di pasaran. Anda dapat mengecek penggunaan bahan ini dalam kemasan makanan yang Anda beli.

## **3. Penelitian Mengenai Makanan Instan**

a. Penelitian University of Bristol, Inggris ini menunjukkan, anak-anak yang makan lebih banyak chip, keripik, biskuit dan pizza sebelum usia tiga tahun memiliki IQ lebih rendah lima tahun kemudian. Mereka yang mengonsumsi makanan cepat saji, IQ-nya bisa lebih rendah lima poin IQ dibandingkan dengan anak-anak diberikan diet sehat dengan buah, sayur dan rumah-makanan yang dimasak.

b. Menurut penelitian di Kanada, kebiasaan makanan cepat saji dapat menyebabkan pikun lebih dini, seperti diutarakan laman *Shine*. Selain itu, mengonsumsi makanan cepat saji secara rutin juga meningkatkan risiko kerusakan memori otak dan

mengancam terjadinya demensia. Lemak jenuh dan tingginya kadar gula yang terkandung dalam makanan cepat saji telah ditemukan sebagai biang keladi hilangnya memori itu.

## Latihan

- 1) Makanan mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, dimana makanan memiliki fungsi. Jelaskan arti fungsi tersebut!
- 2) Jelaskan tujuan dari sanitasi makanan!
- 3) Secara umum kemasan pangan mempunyai beberapa fungsi. Jelaskanlah!
- 4) Bagaimana melakukan pengolahan makanan yang baik?
- 5) Sebutkan kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam memilih kemasan pangan!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 1 sub.1, yaitu yang terkait dengan definisi makanan dan minuman.
- 2) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 1 sub.2, yaitu yang terkait dengan faktor yang mempengaruhi sanitasi makanan.
- 3) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 1 sub.5, yaitu yang terkait dengan minuman kemasan.
- 4) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 1 sub.3, yaitu yang terkait dengan prinsip hygiene sanitasi makanan.
- 5) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 1 sub.5, yaitu yang terkait dengan minuman kemasan.

## Ringkasan

Minuman kemasan adalah minuman yang tidak mengandung alcohol, merupakan minuman olahan dalam bentuk bubuk atau cair yang mengandung bahan-bahantambahan lainnya baik alami maupun sintetis yang dikemas dalam kemasan siap untuk di konsumsi.

Makanan kemasan atau dikenal dengan sebutan snack food adalah makanan yang dikonsumsi selain atau antara waktu makan utama dalam sehari. Oleh karena itu makanan ini biasa disebut snack yang berarti sesuatu yang dapat mengobati rasa lapar dan memberikan seplai energy yang cukup untuk tubuh (Anonim, 2007).

## Tes 1

- 1) Makanan dan minuman yang dikemas harus memenuhi persyaratan . . . .
  - A. mempunyai label harus bermerk,sudah terdaftar, kemasan tidak dalam keadaan rusak atau menggelembung,ada tanda kedaluarsa,kemasan yang dipakai harus hanya sekali pakai.\*
  - B. mempunyai label harus bermerk,sudah terdaftar, kemasan tidak dalam keadaan rusak atau menggelembung,ada tanda kedaluarsa.
  - C. mempunyai label harus bermerk,sudah terdaftar, kemasan tidak dalam keadaan rusak atau menggelembung,kemasan yang dipakai harus hanya sekali pakai.
  - D. mempunyai label harus bermerk,sudah terdaftar, ada tanda kedaluarsa,kemasan yang dipakai harus hanya sekali pakai.
  - E. kemasan tidak dalam keadaan rusak atau menggelembung,ada tanda kedaluarsa,kemasan yang dipakai harus hanya sekali pakai.
  
- 2) Mengapa plastik banyak digunakan untuk kemasan makanan dan minuman?
  - A. Karena plastic mempunyai beberapa keunggulan antara lain: mudah dibentuk
  - B. Karena plastic mempunyai beberapa keunggulan antara lain: kuat dan ringan, tidak berkarat, bersifat termoplastis yaitu dapat direkat menggunakan panas
  - C. Karena plastic mempunyai beberapa keunggulan antara lain: kuat dan tidak tahan panas.
  - D. Karena plastic mempunyai beberapa keunggulan antara lain: harganya murah.
  - E. Karena plastic mempunyai beberapa keunggulan antara lain: bentuknya transparan.
  
- 3) Tujuan dari sanitasi makanan antara lain . . . .
  - A. mencegah penularan wabah penyakit, mencegah beredarnya produk makanan yang merugikan masyarakat,mengurangi tingkat kerusakan atau pembusukan pada makanan
  - B. menjamin keamanan dan kebersihan makanan, mencegah penularan wabah penyakit, mencegah beredarnya produk makanan yang merugikan masyarakat
  - C. menjamin keamanan dan kebersihan makanan, mencegah penularan wabah penyakit, mencegah beredarnya produk makanan yang merugikan masyarakat,mengurangi tingkat kerusakan atau pembusukan pada makanan
  - D. menjamin keamanan dan kebersihan makanan, mencegah penularan wabah penyakit, mengurangi tingkat kerusakan atau pembusukan pada makanan
  - E. mencegah penularan wabah penyakit, mengurangi tingkat kerusakan atau pembusukan pada makanan

- 4) Secara umum kemasan pangan mempunyai fungsi sebagai berikut, yaitu . . . .
- A. melindungi produk terhadap pengaruh fisik, seperti pengaruh mekanik
  - B. melindungi produk terhadap pengaruh fisik, (permiasi, gas, kelembaban udara/uap air)
  - C. pengaruh kimiawi (permiasi, gas, kelembaban udara/uap air)
  - D. melindungi produk terhadap pengaruh fisik, seperti pengaruh mekanik, dan cahaya.pengaruh kimiawi (permiasi, gas, kelembaban udara/uap air)\*
  - E. seperti pengaruh mekanik, dan cahaya.pengaruh kimiawi (permiasi, gas, kelembaban udara/uap air)
- 5) Bahaya Mengonsumsi Makanan Kemasan Bagi Wanita Hamil adalah . . . .
- A. mengganggu pertumbuhan janin dalam kandungan.
  - B. masalah yang kurang rentan terjadi adalah masalah mental dan perilaku pada bayi, termasuk beberapa gangguan neurologis.
  - C. meningkatkan dan mengurangi aktivitas estrogen pada sang ibu.
  - D. menghambat proses aktivitas hormone estrogen
  - E. mengganggu hormone, masalah reproduksi dan perkembangan bayi, Bisphenol A (BPA)\*

## Topik 2

### Jenis dan Macam Kemasan Makanan dan Minuman

Kesehatan merupakan salah satu komponen penting bagi kualitas hidup manusia. Agar dapat hidup baik dan sehat, manusia memerlukan pangan yang harus dikonsumsi setiap hari. Dalam hal ini, mutu pangan besar sekali penannya. ( Winarno, 1993).

Pengemasan adalah salah satu hal yang sangat penting dalam industri pangan. Kemasan memiliki fungsi utama untuk melindungi produk dari kerusakan lingkungan, menjaga kualitas produk, selain itu kemasan juga berfungsi sebagai media informasi produk kepada konsumen. Dalam kemasan dapat dicantumkan segala macam informasi tentang produk seperti komposisi, kandungan nilai gizi dan standart mutu yang digunakan, karena itu selain mempertimbangkan aspek kemasan produk juga harus diperhatikan aspek estetika dan preferensi konsumen yang berhubungan dengan kemasan produk. Kemasan makanan di masa modern sudah berkembang dengan pesat menuju kemasan praktis yang memudahkan konsumen. Berbagai kemasan yang banyak dijumpai di pasaran antara lain karton, aluminium, kaca (botol), kaleng dan plastik.

Menurut Simora (2007) fungsi kemasan adalah:

1. Fungsi Protektif  
Berkenaan dengan proteksi produk perbedaan iklim, prasarana, dan saluran distribusi yang semua berimbas pada pengemasan. Dengan pengemasan protektif, para konsumen tidak perlu harus menanggung resiko pembelian produk rusak atau cacat.
2. Fungsi Promotional  
Peran kemasan pada umumnya dibatasi pada perlindungan produk. Namun kemasan juga digunakan sebagai sarana promosional. Manyangkut promosi, perusahaan mempertimbangkan preferensi konsumen menyangkut warna, ukuran dan penampilan.

#### **A. FAKTOR PERUSAK PANGAN DAN FUNGSI KEMASAN:**

Unsur-unsur perusak yang dimaksud disini adalah semua unsur apapun adanya, bila pada kondisi tertentu:

1. dapat merusak komponen produknya
2. dapat merusak bila ada bersama-sama dengan unsure lain.
3. atau yang dirusak oleh unsure lain
4. rusak sendiri karena unsure waktu.

Semua itu dapat berakibat pada penurunan mutu produknya, maka semua itu disebut unsur perusak. Selanjutnya, unsur perusak menurut jenisnya dapat dibagi menjadi sebagai berikut:

1. Berasal dari alam.
  - a. sinar matahari, terutama komponen sinar UV-nya.
  - b. pananya suhu udara, juga panas buatan
  - c. gas-gas dari udara, terutama gas oksigen
  - d. kelembaban udara
  - e. tekanan udara, terutama penurunan tekanan
  - f. debu, air, terutama air laut.
2. Berasal dari mikroba :bakteri, ragi/kapang/jamur dan sebagainya.
3. Berasal dari produknya sendiri :
  - a. reaksi kimia yang belum berhenti
  - b. reaksi biokimia yang belum berhenti
  - c. reaksi alamiah produknya sendiri.
4. Berasal dari binatang ngengat, serangga, tikus dan lainnya.
5. Berasal dari gaya mekanis.

Tekanan, desakan, hempasan, bantingan, gesekan, puntiran, tusukan dan sebagainya, dapat ditanggulangi dengan kemasan, namun beda yang banyak harus dibantu dengan alat pendingin atau system pergudangan/transportasi.

Menurut sumber Buletin Keamanan Pangan BPOM Vol. 12/VI/2007 disebutkan jenis-jenis kemasan yang diperuntukkan sebagai wadah atau tempat membungkus makanan atau minuma, diantaranya adalah:

1. Kemasan Kertas

Merupakan jenis kemasan yang paling sering digunakan untuk membungkus pangan dan minuman. Kemasan pangan kertas jenis ini mempunyai keunggulan antara lain : ringan, relative murah dan hemat tempat. Sedangkan kelemahannya : adalah mudah robek dan terbakar, tidak dapat meresap cairan dan tidak dapat dipanaskan. Beberapa kertas non kemasan (kertas Koran dan majalah). yang sering digunakan untuk membungkus pangan, terdeteksi mengandung timbale (Pb) melebihi batas yang ditentukan. Timbal dapat terakumulasi dalam tubuhhh dan dapat menyebabkankerusakan syaraf, kerusakan ginjal, gangguan reproduksi, termasuk keguguran, berat lahir rendah dan kelahiran premature, gangguan pendengaran dan dapat menurunkan kecerdasan anak. Banyak makanan jajanan seperti gorengandibungkus dengan Koran karena pengetahuan yang kurang, padahal bahan yang panas dan berlemak mempermudah berpindahnya timbal ke makanan tersebut.
2. Kemasan Plastik

Belakangan ini, hampir semua bahan pengemas makanan terbuat dari plastic. Kemasan makanan plastik mempunyai keunggulan antara lain adalah bahan jauh lebih ringan, tidak mudah pecah, mudah dibentuk, kekuatannya dapat ditingkatkan, bahan dasarnya

banyak pilihan. Mudah diproduksi secara massal, harga relative murah dan mudah dipasang label serta dibuat dengan aneka warna. Pada saat ini kemasan pangan yang paling banyak digunakan kemasan pangan plastic.

Namun kemasan pangan plastik ini juga mempunyai kelemahan antara lain tidak tahan panas, dapat mencemari produk akibat migrasi komponen monomer pada pangan dan menimbulkan bahaya pada kesehatan. Bahan kemasan pangan plastic juga bermasalah pada lingkungan karena merupakan bahan tidak dapat dihancurkan dengan cepat dan alami (non biodegradable), sehingga dapat mencemari lingkungan dan dapat memenuhi tempat pembuangan. Selain masalah lingkungan, aspek keamanan polimer sintesis mulai dipertanyakan, karena dalam keadaan panas terjadi kontaminasi monomer ke dalam makanan. Selain itu plastic terbuat dari minyak bumi yang persediaannya semakin menipis dan tidak bisa diperbaharui. Oleh sebab itu perlu digalakkan daur ulang (recycling) plastic untuk mengatasi hal tersebut.

Sebagai lembaga yang bertanggung jawab, Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) mengeluarkan pernyataan yang cukup mengejutkan mengenai plastic kresek. BPOM meminta masyarakat dan konsumen agar berhati-hati dan tidak menggunakan kantong plastic kresek berwarna (terutama hitam) sebagai bahan pengemas primer pada makanan. Ada kemungkinan plastic tersebut adalah bekas wadah pestisida, limbah logam berat, maupun bahan berbahaya dan beracun lainnya.

### 3. Kemasan Kaleng

Makanan atau minuman kemasan kaleng adalah bahan makanan yang dibungkus menggunakan kaleng yang berguna mencegah atau mengurangi terjadinya kerusakan-kerusakan pada bahan yang dikemas atau yang dibungkus.

Di beberapa dekade belakangan ini, tuntutan untuk bermobilisasi sangatlah tinggi. Kita dituntut untuk melakukan segalanya dengan cepat atau cenderung memiliki gaya hidup praktis. Sebagai contoh, tidak jarang pembeli dapat menikmati makanan dan minuman yang baru dibelinya di tempat atau yang biasa disebut dengan *dine-in*. Muncullah sistem *take-away*, dimana pembeli dapat membawa makanan dan minuman dengan kemasan yang telah disediakan. Kemasan makanan pada dasarnya berguna sebagai alat bantu untuk mengemas makanan agar mudah dibawa kemana-mana. Setiap kemasan makanan dan minuman pun memiliki bahan yang berbedabeda.

Eightcrab mengklasifikasikan kemasan menjadi 5 bagian besar, yaitu: Kertas, Plastik, Kaleng, Styrofoam, Gelas/kaca.

#### a. Kertas

Salah satu alternatif kemasan makanan dan minuman adalah kertas. Di era modern ini, para pelaku bisnis di bidang makanan dan minuman memilih kertas sebagai bahan dasar kemasan dikarenakan terkesturnya yang mudah dibentuk dan juga ramah lingkungan. Baru-baru ini terdapat teknologi yang menggabungkan serat kertas dengan

## ✂ ■ Fisika Lingkungan ✂ ■

plastik. Hal ini akan membuat bahan kertas tidak berkontak langsung terhadap makanan sehingga makanan lebih aman dikonsumsi. Teknologi ini dinamakan kertas "FOOD GRADE".



*Pics : produced by eightcrab*

Terdapat beberapa bahan kertas yang tidak dapat dipakai sebagai wadah makanan dan minuman, yaitu kertas bekas seperti majalah dan Koran. Kertas-kertas ini mengandung tinta yang mengandung bahan Timbal yang tidak bagus untuk tubuh.

### b. Plastik

Kemasan yang paling banyak dipakai di industri makanan dan minuman adalah kemasan plastik, hal ini disebabkan oleh harganya yang murah. Jenis-jenis dari kemasan plastik dapat dilihat [disini](#)



*Pics : produced by eightcrab*

Namun demikian, kemasan plastik sangatlah tidak ramah lingkungan, karena membutuhkan waktu yang lama untuk diurai oleh bakteri pengurai. Beberapa kemasan plastik yang berasal dari *Polyetilen Polypropilen Polyvinylchlorida* sangatlah berbahaya bagi kesehatan, karena sangat beracun dan dapat menimbulkan sel kanker jika dibakar.

### c. Kaleng

Pengelompokan kemasan yang ketiga adalah kaleng. Umumnya kaleng digunakan untuk industri minuman, karena produk yang dimasukkan ke dalamnya akan berkurang kesegarannya. Nilai gizi pun akan menurun pada makanan atau minuman yang dimasukkan ke dalam kaleng. Pengalengan makanan dan minuman dapat dikategorikan proses yang sangat

## ✂ ■ Fisika Lingkungan ✂ ■

sulit karena dibutuhkan pengolahan yang sangat ketat dan tidak boleh ada lubang pori sekecil apapun.



*Pics : produced by eightcrab*

Bakteri *Clostridium botulinum* akan tumbuh pada makanan kaleng yang tidak sempurna pengolahannya, atau disebabkan karena kemasan yang bocor sehingga makanan tercampur oleh udara di luarnya.

### d. Styrofoam

*Styrofoam* termasuk kemasan yang sangat banyak dipakai di Indonesia, karena harganya yang sangat ekonomis. Styrofoam yaitu kemasan yang umumnya berwarna putih dan kakau yang sering digunakan sebagai kotak pembungkus makanan. Tadinya bahan ini dipakai untuk pengaman barang non-makanan seperti barang-barang elektronik agar tahan benturan ringan, namun pada saat ini seringkali dipakai sebagai kotak pembungkus. Kegunaannya yang mudah, praktis, enak dipandang, murah, anti bocor, tahan terhadap suhu panas dan dingin seolah membutuhkan masyarakat akan dampak dan efek bagi lingkungan serta kesehatan tubuh manusia. Bahan terbuat dari kandungan *kopolomer styrene* yang membuat styrofoam tahan dari kebocoran, ringan, dan dapat mempertahankan suhu makanan sehingga memudahkan untuk dibawa kemana-mana.



*Pics : <https://greenpassivesolar.com>*

Di tahun 2001, pemerintah Jepang mengumumkan bahwa terdapat kandungan styrofoam lain yang sangat berbahaya. Bahaya dari kemasan ini akan dibahas lebih dalam,

[disini](#). BPOM mengeluarkan pernyataan mengenai perlunya mewaspadai penggunaan kemasan Styrofoam dalam kondisi tertentu untuk mewadai makanan (BOPM, 2009).

e. Gelas/Kaca

Bahan yang terakhir adalah gelas. Kemasan gelas relatif aman dipakai, namun biaya produksinya yang cukup mahal sehingga cukup jarang ditemukan dimana-mana. Selain itu, kelemahan lain dari bahan ini adalah tidak tahan pada suhu tertentu dan rentan pecah.



## Latihan

- 1) Sebutkan beberapa unsur perusak dalam pangan!
- 2) Kemasan pangan plastik mempunyai kelemahan, sebutkan kelemahan tersebut!
- 3) Umumnya kaleng digunakan untuk industri minuman, karena produk yang dimasukkan ke dalamnya akan berpengaruh terhadap kualitas makanan, mengapa?
- 4) Sebutkan fungsi kemasan menurut Simora (2007)!
- 5) Sebutkan definisi pengemasan!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 2 sub.2, yaitu yang terkait dengan faktor perusak pangan dan fungsi kemasan.
- 2) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 2 sub.2, yaitu yang terkait dengan faktor perusak pangan dan fungsi kemasan.
- 3) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 2 sub.2, yaitu yang terkait dengan faktor perusak pangan dan fungsi kemasan.
- 4) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 2 sub.1, yaitu yang terkait dengan jenis dan macam kemasan makanan minuman.

- 5) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 2 sub.1, yaitu yang terkait dengan jenis dan macam kemasan makanan minuman.

## Ringkasan

Pengemasan adalah salah satu hal yang sangat penting dalam industri pangan. Kemasan memiliki fungsi utama untuk melindungi produk dari kerusakan lingkungan, menjaga kualitas produk, selain itu kemasan juga berfungsi sebagai media informasi produk kepada konsumen. Kemasan makanan di masa modern sudah berkembang dengan pesat menuju kemasan praktis yang memudahkan konsumen. Berbagai kemasan yang banyak dijumpai di pasaran antara lain karton, aluminium, kaca (botol), kaleng dan plastic. Kemasan dari bahan kertas tidak berkontak langsung terhadap makanan sehingga makanan lebih aman dikonsumsi. Sedangkan kemasan gelas relatif aman dipakai, namun biaya produksinya yang cukup mahal sehingga cukup jarang ditemukan dimana-mana.

Untuk Styrofoam termasuk kemasan yang sangat banyak dipakai di Indonesia, karena harganya yang sangat ekonomis. Styrofoam yaitu kemasan yang umumnya berwarna putih dan kakau yang sering digunakan sebagai kotak pembungkus makanan.

Kemasan yang paling banyak dipakai di industri makanan dan minuman adalah kemasan plastik, hal ini disebabkan oleh harganya yang murah.

Makanan atau minuman kemasan kaleng adalah bahan makanan yang dibungkus menggunakan kaleng yang berguna mencegah atau mengurangi terjadinya kerusakan-kerusakan pada bahan yang dikemas atau yang dibungkus.

## Tes 2

- 1) Berikut ini yang termasuk jenis atau macam-macam kemasan makanan dan minuman yang saudara ketahui adalah . . . .
- A. kertas, botol, kaleng, plastic, sterofom
  - B. keramik, kayu, kertas, kaca dan sterofom
  - C. kertas, kayu, kaca, plastik
  - D. keramik, kertas, kayu
  - E. keramik, kaleng, kaca, plastic
- 2) Dalam hal yang seperti apa unsur perusak pangan dapat merusak?
- A. dapat merusak isi kemasan
  - B. dapat merusak bila ada bersama-sama dengan unsur lain
  - C. atau yang dirusak oleh serangga
  - D. dirusak karena unsur kesengajaan .
  - E. dirusak karena terlalu berbahaya

- 3) Umumnya kaleng digunakan untuk industri minuman, karena produk yang dimasukkan ke dalamnya akan berpengaruh terhadap kualitas makanan, mengapa?
- A. karena meningkatkan kualitas makanan
  - B. mudah mendapatkan dan harga murah
  - C. dapat berkurang kesegarannya
  - D. dapat meningkatkan nilai gizinya
  - E. menurunkan kadar pemanis dan pewarna
- 4) Fungsi kemasan menurut Simora (2007) adalah . . . .
- A. melindungi dari gangguan serangga
  - B. menghindari dari panas dan benturan
  - C. meningkatkan daya saing produk
  - D. fungsi Protektif dan Promosional
  - E. persaingan dengan kemasan lain jenis.
- 5) Yang dimaksud dengan definisi pengemasan adalah . . . .
- A. menjaga gangguan keamanan produk
  - B. melindungi dari gangguan serangga
  - C. meningkatkan daya tarik pembeli
  - D. mudah mendapatkan dan praktis.
  - E. kemasan memiliki fungsi utama untuk melindungi produk dari kerusakan lingkungan, menjaga kualitas produk, selain itu kemasan juga berfungsi sebagai media informasi produk kepada konsumen.

## Topik 3

# Teknik Pengambilan Sampel Makanan dan Minuman

Pengambilan sampel adalah tahap awal dalam proses dimana data hasil karakteristik suatu bahan makanan yang dikumpulkan untuk pengujian. Suatu sampel makanan harus representatif (mewakili) seluruh bagian makanan. Pengambilan sampel dilakukan dalam rangka penghematan biaya, tenaga dan waktu. Cara pengambilan sampel harus ditentukan berdasarkan tujuan praktikum, kondisi bahan makanan yang akan di jadikan sampel dan lain-lain.

Teknik pengambilan sampel makanan harus dilakukan dengan benar. Tidak tepat dalam pengambilan sampel, hasil analisis kimia yang diperoleh tidak dapat menggambarkan kondisi yang representatif atau mewakili keseluruhan dari bahan yang akan dianalisis. Untuk mencapai tujuan tersebut maka dalam pengambilan sampel perlu diperhatikan beberapa parameter sebagai berikut:

### A. HOMOGENITAS SAMPEL

Efek ukuran dan berat partikel sangat berpengaruh terhadap homogenitas bahan, dimana bagian yang berukuran dan berat lebih besar cenderung akan berpisah dengan bagian yang lebih kecil dan ringan (segregasi). Oleh karena itu sebelum sampel diambil, bahan harus dicampur secara merata atau sampel diambil secara acak dari beberapa bagian baik bagian dasar, tengah maupun bagian atas sehingga diperoleh sampel yang representatif. Demikian juga pada tanaman disuatu lahan, kualitas pada tiap bagian tanaman atau lahan mempunyai kualitas yang berbeda.

#### 1. Cara Pengambilan Sampel

Sampel dari bahan dapat diambil secara non-selektif atau selektif. Non-selektif adalah pengambilan sampel secara acak dari keseluruhan bahan tanpa memperhatikan atau memisahkan bagian dari bahan tersebut.

#### 2. Jumlah Sampel

Jumlah sampel yang diambil akan sangat berpengaruh terhadap tingkat representatif sampel yang diambil. Jumlah sampel yang diambil tergantung dari kebutuhan untuk evaluasi dan jumlah bahan yang diambil sampelnya. Sebagai pedoman jumlah sampel yang diambil adalah 10 persen dari jumlah bahan.

#### 3. Penanganan Sampel

Sampel yang telah diambil harus segera diamankan agar tidak rusak atau berubah sehingga mempunyai sifat yang berbeda dari mana sampel tersebut diambil. Misalnya terjadi penguapan air, pembusukan ataupun tumbuhnya jamur. Sampel yang mempunyai kadar air rendah (kurang dari 15 persen) kemungkinan terjadinya kerusakan sampel kecil sekali.

Sampel demikian dapat langsung dimasukkan ke kantong plastik dan dibawa ke laboratorium. Sampel dengan kadar air tinggi seperti silase, maka kemungkinan terjadinya penguapan air sangat besar. Sehingga untuk mengontrol penguapan air, maka sampel yang telah diambil harus segera ditimbang, dimasukkan ke dalam kantong plastik kedap udara, dibawa ke laboratorium dan segera dianalisis kadar bahan keringnya. Jika tidak dianalisis segera maka sampel yang telah diambil segera ditimbang, dikeringkan atau dijemur sampai beratnya konstan. Kemudian baru dibawa ke laboratorium.

#### **4. Prosesing Sampel**

Untuk tujuan evaluasi terutama evaluasi secara mikroskopis, kimia dan biologis, semua sampel harus digiling sehingga diperoleh sampel yang halus.

Prosedur pengambilan makanan dan minuman dalam kemasan kaleng adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan titik lokasi pengambilan sampel.
- b. Mempersiapkan alat dan bahan pengambilan sampel.
  - 1) tool box
  - 2) labeling/e –ticket
  - 3) formulir pengambilan sampel.
- c. Menuju ke lokasi pengambilan sampel.
- d. Mengambil sampel dalam jumlah yang besar sesuai dengan ketentuan SNI 19-0428-1989.

Prosedur pengambilan makanan dan minuman dalam kemasan kertas/kardus/kanton adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan titik lokasi pengambilan sampel.
- b. Mempersiapkan alat dan bahan pengambilan sampel.
  - 1) tool box
  - 2) labeling/e –ticket
  - 3) formulir pengambilan sampel.
- c. Menuju ke lokasi pengambilan sampel.
- d. Mengambil sampel dalam jumlah yang besar sesuai dengan ketentuan SNI 19-0428-1989.

#### **5. Cara Pemeriksaan Fisik Makanan dan Minuman**

Pangan kemasan adalah makanan dan minuman yang diolah, dikemas dan telah diberi label dengan baik (BOPM, 2015). Dalam hal ini BPOM RI (Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia) memberikan beberapa panduan untuk pemeriksaan fisik makanan dan minuman dalam kemasan, antara lain:

- a. Pilih pangan dengan kemasan yang dalam keadaan baik. Dalam hal ini yaitu, kemasan tidak rusak, penyok atau menggelembung.

Ketentuan untuk makanan dan minuma adalah :

- 1) Jika kemasan yang digunakan untuk membungkus makanan dan minuman adalah plastic, jangan sampai plastic pembungkusnya sobek.
- 2) Jika pembungkus makanan dan minumannya berupa kaleng dan botol plastik, pilihlah kemasan yang masih baik, tidak penyok ataupun berkarat. Kemudian jangan memilih kemasan kaleng yang telah menggelembung karena hal tersebut menunjukkan bahwa makanan dan minuman kemasan tersebut telah membusuk. Apabila kaleng telah rusak, maka rentan terkena kontaminasi bakteri pathogen *Clostridium botulium* yang dapat menyebabkan penyakit botulisme yaitu penyakit kekakuan pada jaringan otot manusia.
- 3) Jika pembungkus makanan dan minuman tersebut adalah karton (sejenis kardus atau kertas), Styrofoam, tidak boleh ada lubang. Karena akan muncul kontaminasi dari udara, hewan (serangga) secara langsung yang dapat memunculkan bakteri pathogen dan fungi pada makanan tersebut.

- b. Cek kedaluarsa, jangan membeli pangan yang telah kedaluarsa.

- c. Makanan yang baik biasanya selalu mencantumkan tanggal kadaluarsa. Tanggal kadaluarsa adalah tanggal batas akhir makanan tersebut dapat dikonsumsi. Biasanya tertera dalam *"EXP Date/use by, Best Before Used"* dan sebagainya. *"Best Before"* adalah tanda dimana suatu produk masih layak dikonsumsi meskipun telah melewati batas tanggal yang tertera, hanya saja kandungan nutrisi akan turun setelah melewati tanggal kadaluarsa. Keadaan produk makanan tersebut sudah tidak segar atau tidak sebaik apabila dikonsumsi sebelum tanggal yang tertera. *"Expired date atau use-by"* adalah keadaan dimana suatu produk (makanan) sudah tidak boleh lagi untuk dikonsumsi. Apabila makanan tersebut dikonsumsi melewati batas expired date maka dapat menyebabkan risiko kesehatan secara langsung. Biasanya dicantumkan pada produk-produk yang tidak stabil atau mudah rusak dalam penyimpanan jangka panjang, misalnya daging dan beberapa jenis keju.

Peraturan mengenai pencantuman tanggal kadaluarsa sesuai dengan aturan BPOM RI adalah sebagai berikut:

- a. Baik digunakan sebelum....., tanggal, bulan, dan tahun.

<b>Daya Simpan</b>	<b>Penulisan</b>
≤ 3 bulan	Tanggal, bulan dan tahun
>3 bulan	Bulan dan tahun

- b. Keterangan dapat terpisah tetapi diikuti tempat pencantuman.

- c. Jika tanggal dipengaruhi cara penyimpanan, maka cara penyimpanan ditulis berdampingan dengan keterangan kadaluarsa.

d. Kode dan tanggal produksi

Kode produksi: kode mengenai riwayat produksi pangan yang bersangkutan.

Tanggal produksi: tanggal, bulan, dan tahun dimana pangan tersebut di produksi.

Pilih pangan yang sudah ada nomor ijin edar pada kemasannya, dengan adanya nomor pendaftaran. Tanda atau nomor yang merupakan persetujuan keamanan pangan berdasarkan penilaian keamanan, mutu dan gizi serta label pangan dalam rangka peredaran pangan. Nomor pendaftaran antara lain:

- a. MD (pangan yang diproduksi dalam negeri). Produk yang harus didaftarkan di BPOM RI 12 digit angka (Peraturan Kepala Badan POM No. HK.00.05.52.4040 Tahun 2006)
- b. ML (pangan yang diimport dari luar negeri). Produk yang harus didaftarkan di BPOM RI 12 digit angka (Peraturan Kepala Badan POM No. HK.00.05.52.4040 Tahun 2006)
- c. PIRT (Pedoman Pemberian Sertifikat Produksi Pangan Industri Rumah) (Peraturan Kepala Badan POM No. HK.03.1.23.04.12.2205 Tahun 2012) yaitu 15 digit angka. Untuk produk yang dapat didaftarkan Dinas Kesehatan setempat, dengan penulisan sebagai berikut : PIRT No. 1234567890123-45

## 6. Pelabelan Pangan

Selain ke tiga hal diatas menurut Direktorat Standardisasi Pangan BPOM RI, pelabelan juga masuk dalam pemeriksaan fisik makanan dan minuman dalam kemasan yang perlu diperhatikan oleh konsumen. Karena menurut Susanto, 2008 sebanyak 88,9% responden memutuskan untuk tidak jadi membeli makanan jika tidak menemukan label kemasan pangan yang dicari. Selain itu, pelabelan dalam kemasan makanan dan minuman juga menyediakan informasi segala hal tentang produk makanan dan minuman tersebut. Sehingga konsumen dapat merasa lebih aman untuk mengkonsumsi makanan dan minuman yang akan dibeli.

a. Bagian label pangan

1) Bagian utama label

Memuat keterangan paling penting, misalnya: nama produk, nama dagang, saran penyajian, nama dan alamat produsen, isi bersih, dan nomer pendaftaran.

2) Bagian lainnya.

Bagian label selain bagian utama label, misalnya : komposisi, tanggal kadaluarsa dan kode produksi.

b. Syarat pencantuman label.

1) Teratur, tidak berdesak-desakan, jelas dan mudah dibaca.

2) Penggunaan latar belakang, tidak mengaburkan atau mengganggu pesan dan tulisan.

c. Keterangan pada label

1) Nama produk/ nama pangan olahan

Nama produk merupakan identitas mengenai produk pangan yang terkait dengan karakteristik produk sehingga menunjukkan sifat dan keadaan yang sebenarnya dari suatu produk. Sesuai dengan SNI yang wajib diberlakukan.

2) Daftar bahan atau komposisi yang digunakan.

Seluruh bahan yang digunakan dicantumkan secara lengkap termasuk bahan tambahan pangan ikutan (carry over) meliputi golongan pemanis buatan, pengawet, antioksidan, pewarna dan penguat rasa. Dituliskan berurutan dimulai dari bagian yang terbanyak digunakan (bahan utama), kecuali BTP ikutan, vitamin, mineral dan zat penambah gizi lainnya : didahului tulisan “komposisi”, “daftar bahan”, “bahan yang digunakan” atau “bahan-bahan”. Menggunakan nama lazim, contoh : vitamin C.

3) Berat bersih atau isi bersih.

a) Pada bagian utama label.

b) Pangan cair dinyatakan dengan isi bersih (contoh : sari buah).

c) Pangan padat dinyatakan dengan berat bersih (contoh : kembang gula).

d) Pangan semi padat atau kental dinyatakan dengan berat atau isi bersih (contoh : es krim, mayonais).

e) Penulisan untuk menerangkan bentuk bijian atau butiran adalah seperti contoh berikut:

(1) Berat bersih 1 gram

(2) Isi 5 butir @ 200 gram.

(3) Untuk produk yang mengandung padatan dalam medium cair, seperti koktail, maka wajib dicantumkan bobot utas.

4) Nama dan alamat pihak yang memproduksi atau mengimpor.

a) Nama dan alamat produsen/ importer harus dicantumkan secara jelas termasuk nama kota, kode pos dan Indonesia. Nama dan alamat produsen diluar negeri sekurang-kurangnya nama Negara dan kota.

b) Jika alamat tidak tercantum pada direktori kota harus mencantumkan alamat yang jelas.

c) Jika pangan yang diproduksi merupakan pangan olahan lisensi atau pangan olahan yang dikemas kembali, maka harus dicantumkan informasi yang menghubungkan antara pihak yang memproduksi dengan pihak pemberi lisensi dan atau pihak yang melakukan pengemasan kembali. Pangan tidak boleh “lisensi”.

- 5) Halal bagi yang dipersyaratkan  
Dicantumkan pada pangan olahan yang mempunyai sertifikat “HALAL” dari lembaga yang berwenang di Indonesia dan telah mendapat persetujuan pencantuman tulisan “HALAL” dari Direktorat Inspeksi dan Sertifikasi Pangan, Badan POM.
- 6) Tanggal, bulan, dan tahun kadaluarsa.
- 7) Nomor pendaftaran. (MD/ ML / PIRT).
- 8) Asal usul bahan pangan tertentu.

Seperti: proses khusus, jagung rekayasa genetic, lemak babi.

Keterangan yang juga harus dicantumkan, jika perlu (sesuai persyaratan dan ketentuan) .

- a. Keterangan tentang kandungan gizi.
  - 1) Daftar kandungan zat gizi pangan pada label pangan sesuai dengan format yang dibakukan.
  - 2) Disertai pernyataan bahwa pangan mengandung vitamin, mineral, dan atau zat gizi lainnya yang ditambahkan.
  - 3) Disyaratkan berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku dibidang mutu dan gizi pangan, wajib ditambahkan vitamin, mineral, dan atau zat gizi lainnya.
- b. Keterangan tentang iradiasi pangan.
- c. Keterangan tentang pangan organik.
- d. Keterangan tentang pangan rekayasa genetika.
- e. Keterangan tentang pangan yang dibuat dari bahan baku alamiah.
- f. Petunjuk penggunaan/penyiapan.
- g. Petunjuk tentang cara penyimpanan.
- h. Keterangan tentang petunjuk atau saran penyajian.
- i. Keterangan tentang peruntukan.
- j. Keterangan lain yang perlu diketahui mengenai dampak pangan terhadap kesehatan manusia.
- k. Peringatan :
  - 1) Jelas terbaca
  - 2) Proporsional
  - 3) Ukuran huruf minimal 1,5 mm dan
  - 4) Dicantumkan pada bagian yang paling mudah dilihat.
  - 5) Semua keterangan harus ditulis dalam Bahasa Indonesia.

Cara pemeriksaan fisik makanan minuman kemasan botol plastic atau kaleng.

- a. Apabila terjadi perubahan kemasan seperti kempis, kembung, peyok, atau robek. rusak kemasannya atau labelnya rusak, sebaiknya tidak dikonsumsi.

- b. Untuk meyakinkan pemeriksaan makanan minuman kemasan/ wadah diperiksa bentuk, warna dan bau makanan.
- c. Kelayakan makanan dikonsumsi juga dapat dideteksi dari penampilan fisik makanan yang terdiri dari bentuk wadah, bau, rasa, warna, dan bentuk dari makanan.
- d. Apabila terjadi perubahan bentuk wadah, bau, rasa, warna, dan bentuk dari makanan maka dinyatakan rusak dan tidak baik untuk dikonsumsi.
- e. Terdapat Badan POM untuk mengawasi produk yang beredar di pasaran.
- f. Tidak kedaluarsa
- g. Ada label halal.
- h. Lihat nomor pendaftaran yang dikeluarkan oleh badan pengawasan obat dan makanan dan Dinas Kesehatan Kabupaten atau Kota.
- i. Label yang berisikan keterangan mengenai makanan yang bersangkutan : nama produk, daftar bahan yang digunakan, berat bersih atau isi bersih, nama dan alamat pihak yang memproduksi atau memasukkan makanan ke wilayah Indonesia, dan batas waktu kadaluarsa.

Cara pemeriksaan fisik makanan minuman kemasan karton.

Pemeriksaan Kontaminasi Dalam Kemasan Karton

Mesin pemeriksaan inline x-ray dari Safeline untuk wadah mampu mendeteksi dan menolak zat kontaminan fisik yang padat berikut ini terlepas dari ukuran, bentuk, atau lokasinya dalam kemasan.

- a. Pendeteksian pecahan kaca (termasuk pendeteksian kaca dalam kaca).
- b. Pendeteksian logam (bahkan dalam kemasan lapisan foil atau lapisan film metalisasi)
- c. Pendeteksian batu mineral.
- d. Pendeteksian beberapa senyawa plastik dan karet.
- e. Pendeteksian tulang yang terkalsifikasi (termasuk tulang ayam).

## **7. Pemeriksaan Integritas Produk**

Meningkatkan produktivitas dengan memeriksa kemasan farmasi dan makanan untuk berbagai pemeriksaan integritas. Hal ini mencakup:

- a. Pengukuran massa kotor dan massa zona.
- b. Penghitungan komponen.
- c. Mengidentifikasi produk yang hilang atau rusak.
- d. Pemantauan tingkat pengisian keseluruhan dan zona
- e. Pemeriksaan integritas segel.
- f. Memeriksa produk dan kemasan yang rusak.

Pemeriksaan x-ray otomatis terhadap makanan untuk industri berikut:

- a. Daging dan unggas
- b. Roti
- c. Olahan susu

- d. Buah dan sayuran
- e. Ikan dan makanan laut
- f. Gula-gula
- g. Makanan ringan
- h. Sereal dan biji-bijian
- i. Bumbu
- j. Makanan bayi
- k. Makanan siap saji
- l. Minuman
- m. Makanan hewan peliharaan
- n. Farmasi.

### 8. Standart Baku Mutu Makanan dan Minuman Kemasan

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 28 Tahun 2004 Tentang Keamanan, Mutu dan Gizi pangan pada Bab 1 Pasal 1 Ayat 20 Menjelaskan bahwa Kemasan pangan adalah bahan yang digunakan untuk wadah dan atau membungkus pangan, baik yang bersentuhan langsung dengan pangan maupun tidak. Pengendalian mutu pada minuman kemasan botol ada dua macam pengendalian mutu botol di industri minuman the kemasan.

Pertama adalah pengendalian mutu terhadap botol lama yang telah dipakai dan botol baru. Pemeriksaan botol lama terus-menerus untuk setiap otol yang dating pemeriksaan 100 %). Botol baru pemeriksaan dilakukan dengan memeriksa contoh botol yang mewakili lot botol ( 1 lot = 3.580 botol). Parameter mutu botol yang diuji tercantum pada tabel .

Tabel 3.1.  
Standart Mutu Botol.

Parameter Mutu	Standart
Tebal Gelas	1 - 3 mm
Tebal Dasar Botol	3 - 2 mm
Toleransi Tinggi Botol	Mm
Toleransi Diameter	Mm
Cacat Kritis	Tidak ada
Cacat Fungsional	Tidak ada
Dekorasi	SEsuai pesanan pabrik

Sumber : Dwi Riyanto, 1991

Pengendalian mutu untuk minuman kemasan kotak/kertas contohnya pada the kotak. Ada dua tahap pemeriksaan mutu the kotak yang dilakukan. Pertama dilakukan pemeriksaan terhadap contoh dari konveyor setiap 15 menit, kemudian dilakukan pengujian terhadap parameter mutu, apabila terjadi penyimpangan maka dilakukan pemilahan dengan memperkecil lot dan dilakukan pemeriksaan kembali. Apabila contoh yang diuji terdapat penyimpangan salah satu parameter mutu, maka akan langsung dilakukan penolakan parameter mutu yang diuji tercantum pada tabel berikutnya.

Tabel 3.2  
Standart Mutu The Kotak

Parameter Mutu	Standart
Kadar Gula	400 Brix
Kesadahan	00 dH
Penampakan	Jernih
Rasa dn Bau	Normal
Mikrobiologi :	
Bakteri	< 100 koloni/ 5ml
Kapang dan Kahmir	< 5 kolononi/ 5 ml
Koliform	< 0 koloni/ 100 ml
Kondisi Kemasan	Baik
Bentuk Kemasan	Normal (tidk menggebung)

Sumber : Dwi Riyanto, 1991

#### UU No. 23/1992 Tentang **KESEHATAN**

Pasal 21 ayat 2. Setiap makanan dan minuman yang dikemas wajib diberi tanda atau label yang berisi :

- a. Bahan yang dipakai
- b. Komposisi setiap bahan
- c. Tanggal, bulan dan tahun kadaluarsa
- d. Ketentuan lainnya.

#### UU No.7/ 1996 Tentang **PANGAN**

Pasal 30 ayat 1 : Setiap orang yang memproduksi atau memasukkan ke dalam wilayah Indonesia pangan yang dikemas untuk diperdagangkan wajib mencantumkan label pada, di dalam dan atau pada, di dalam, dan atau di kemasan pangan.

Pasal 30 ayat 2 : Label, sebagaimana dimaksud, memuat sekurang-kurangnya :

- a. Nama produk
- b. Daftar bahan yang digunakan.
- c. Berat bersih atau isi bersih
- d. Nama an alamat pihak yang memproduksi atau memasukkan pangan ke dalam wilayah Indonesia.
- e. Keterangan tentang halal dan
- f. Tanggal, bulan, dan tahun kadaluarsa.

#### PP NO. 69/1999 Tentang **LABEL & IKLAN PANGAN**

adalah setiap keterangan mengenai pangan yang berbentuk gambar, tulisan, kombinasi keduanya, atau bentuk lain yang disertakan pada pangan, dimasukkan ke dalam, ditempelkan pada, atau merupakan bagian kemasan pangan.

### **9. Standar Baku Mutu Makanan dan Minuman Dalam Kemasan**

Keamanan pangan adalah jaminan bahwa pangan tidak akan menyebabkan bahaya kepada konsumen jika disiapkan atau dimakan sesuai dengan maksud dan penggunaannya (FAO/WHO, 1997). Sedangkan definisi keamanan pangan menurut UU RI no. 7 tahun 1996 tentang Pangan dan PP no. 28 tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia. Keamanan mengenai keamanan pangan meliputi sanitasi pangan, bahan tambahan pangan, rekayasa genetika dan iradiasi pangan, kemasan pangan, jaminan mutu dan pemeriksaan laboratorium, dan pangan tercemar. Salah satu cara produsen untuk memenuhi ketentuan tersebut adalah mengikuti peraturan yang sudah ditetapkan oleh pemerintah, termasuk persyaratan sanitasi di setiap rantai pangan, yang meliputi proses produksi, penyimpanan, pengangkutan dan peredarannya serta penerapan cara produksi makanan yang baik.

### **10. Sistem Jaminan Mutu dan Keamanan Pangan**

Sistem jaminan mutu dan keamanan pangan adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan pengaturan, pembinaan dan atau pengawasan yang dilakukan terhadap proses produksi dan peredaran pangan, hingga pangan tersebut siap dikonsumsi, agar pangan yang beredar aman dan layak untuk dikonsumsi. Jaminan mutu dan keamanan pangan terhadap proses produksi dilakukan mulai dari penerimaan bahan baku di sarana produksi, proses produksi, pengemasan, sampai produk siap untuk didistribusikan. Sistem jaminan mutu merupakan upaya pencegahan yang perlu diperhatikan dan atau dilaksanakan dalam rangka menghasilkan pangan yang aman bagi kesehatan manusia dan bermutu yang lazimnya dilaksanakan sejak awal kegiatan produksi pangan sampai dengan siap untuk diperdagangkan. Sistem pengawasan dan pengendalian mutu yang selalu berkembang menyesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

### **11. Peraturan Perundang-Undangan**

Undang-Undang Republik Indonesia no. 7 tahun 1996 tentang Pangan.

Ketentuan-ketentuan yang terkait dengan keamanan pangan, meliputi :

- a. Sanitasi Pangan
- b. Bahan Tambahan Pangan
- c. Rekayasa genetika dan Radiasi Pangan
- d. Kemasan Pangan
- e. Jaminan Mutu Pangan dan Pemeriksaan Laboratorium.
- f. Pangan Tercemar

Undang-Undang Republik Indonesia nomor 8 tahun 1999 tentang Perlindungan Konsumen

Undang-Undang Republik Indonesia nomor 36 tahun 2009 tentang Kesehatan

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 69 tahun 1999 tentang Label dan Iklan Pangan.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 28 tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu, dan Gizi Pangan.

Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan nomor 02240/B/SK/VII/91 tentang Pedoman Persyaratan Mutu serta Label dan Periklanan Makanan

#### **Instansi yang Terkait**

- Departemen Kesehatan
- Departemen Perindustrian
- Departemen Perdagangan
- Departemen Pertanian
- Departemen Kelautan dan Perikanan

#### **Peran Serta Badan POM**

- Cara Produksi Makanan yang baik (CPMB).
- Pengawasan
- Laporan Pemeriksaan

Standar baku mutu Minuman dalam Kemasan

Istilah dan definisi

- Air minum dalam kemasan: Air baku yang telah diproses, dikemas, dan aman diminum mencakup air mineral dan demineral.
- Air baku: Air yang telah memenuhi persyaratan kualitas air bersih sesuai peraturan yang berlaku.
- Air mineral: Air minum dalam kemasan yang mengandung mineral dalam jumlah tertentu tanpa menambahkan mineral.

Air minum dalam kemasan yang diperoleh melalui proses pemurnian seperti destilasi, deionisasi, reverse osmosis, dan proses setara.

**Undang-Undang Republik Indonesia  
Nomor 18 Tahun 2012  
Tentang  
Pangan  
Bagian Ke enam**

**STANDART KEMASAN PANGAN**

**Pasal 82**

1. Kemasan Pangan berfungsi untuk mencegah terjadinya pembusukan dan kerusakan, melindungi produk dari kotoran, dan membebaskan Pangan dari jasad renik pathogen.
2. Setiap Orang yang melakukan Produksi Pangan dalam kemasan wajib menggunakan bahan Kemasan Pangan yang tidak membahayakan kesehatan manusia.

**Pasal 83**

1. Setiap Orang yang melakukan Produksi Pangan untuk diedarkan dilarang menggunakan bahan apa pun sebagai Kemasan Pangan yang dapat melepaskan cemaran yang membahayakan kesehatan manusia.
2. Pengemasan Pangan yang diedarkan dilakukan melalui tata cara yang dapat menghindarkan terjadinya kerusakan dan atau pencemaran.
3. Ketentuan mengenai Kemasan Pangan, tata cara pengemasan Pangan, dan bahan yang dilarang digunakan sebagai Kemasan Pangan diatur dalam Peraturan Pemerintah.

**Pasal 84**

1. Setiap Orang dilarang membuka kemasan akhir Pangan untuk dikemas kembali dan diperdagangkan.
2. Ketentuan larangan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tidak berlaku terhadap Pangan yang pengadaannya dalam jumlah besar dan lazim dikemas kembali dalam jumlah kecil untuk diperdagangkan lebih lanjut.

**Pasal 85**

1. Setiap Orang yang melanggar ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 82 ayat (2) Pasal 83 ayat (1) dan Pasal 84 ayat (1) dikenai sanksi administratif.
2. Sanksi administrative sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berupa :
  - a. denda
  - b. ganti rugi, dan atau
  - c. pencabutan izin.

3. Ketentuan lebih lanjut mengenai jenis, besaran denda, tata cara, dan mekanisme mengenai sanksi administrative sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) diatur dalam Peraturan Pemerintah.

## **Bagian ke Tujuh Jaminan Keamanan Pangan dan Mutu Pangan**

### **Pasal 86**

1. Pemerintah menetapkan standart Keamanan Pangan dan Mutu Pangan.
2. Setiap Orang yang memproduksi dan memperdagangkan Pangan wajib memenuhi standart Keamanan Pangan dan Mutu Pangan.
3. Pemenuhan standart Keamanan Pangan dan Mutu Pangan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan melalui penerapan system jaminan Keamanan Pangan dan Mutu Pangan.
4. Pemerintah dan atau lembaga sertifikasi yang terakreditasi oleh Pemerintah dapat memberikan sertifiikt Jaminan Keamanan Pangan dan Mutu Pangan.
5. Pemberian sertifikat sebagaimana dimaksud pada ayat (4) dilakukan secara bertahap sesuai dengan jenis Pangan dan atau skala usaha.
6. Ketentuan mengenai standart Keamanan Pangan dan Mutu Pangan diatur dalam Peraturan Pemerintah.

### **Pasal 87**

1. Pemerintah dapat menerapkan persyaratan agar Pangan diuji di laboratorium sebelum diedarkan.
2. Pengujian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan di laboratorium yang ditunjuk oleh dan atau yang telah memperoleh akreditasi dari Pemerintah.
3. Ketentuan mengenai persyaratan pengujian laboratorium diatur dalam Peraturan Pemerintah.

### **Pasal 88**

1. Petani, Nelayan, Pembudi Daya Ikan, dan Pelaku Usaha Pangan di bidang Pangan Segar harus memenuhi persyaratan Keamanan Pangan dan Mutu Pangan Segar.
2. Pemerintah dan pemerintah Daerah wajib membina, mengawasi dan memfasilitasi penganbangan uasah Pangan Segar untuk memenuhi persyaratan teknis menimal Keamanan Panagn dan Mutu Pangan.
3. Penerapan persyaratan teknis Keamanan Pangan dan Mutu Pangan Segar sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan secara bertahap sesuai dengan jenis Pangan Segar serta jenis dan atau skala usaha.
4. Ketentuan lebih lanjut mengenai persyaratan Keamanan Pangan dan Mutu Pangan Segar sebagaaimana dimaksud pada ayat (1) diatur dengan atau berdasarkan Peraturan.

### **Pasal 89**

Setiap Orang dilarang memperdagangkan Pangan yang tidak sesuai dengan Keamanan Pangan dan Mutu Pangan yang tercantum dalam label Keamanan Pangan.

### **Pasal 90**

1. Setiap Orang dilarang mengedarkan Pangan tercemar.
2. Pangan tercemar sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berupa Pangan yang :
  - a. mengandung bahan beracun, berbahaya, atau yang dapat membahayakan kesehatan atau jiwa manusia.
  - b. mengandung cemaran yang melampaui ambang batas maksimal yang ditetapkan;
  - c. mengandung bahan yang dilarang digunakan dalam kegiatan atau proses Produksi Pangan
  - d. mengandung bahan yang kotor, busuk, tengik, terurai, atau mengandung bahan nabati atau hewani yang berpenyakit atau berasal dari bangkai.
  - e. diproduksi dengan cara yang dilarang, dan atau
  - f. sudah kedaluarsa.

### **Pasal 91**

1. Dalam hal pengawasan keamanan, mutu dan gizi, setiap Pangan Olahan yang dibuat di dalam negeri atau diimport untuk diperdagangkan dalam kemasan eceran, Pelaku Usaha Pangan wajib memiliki izin edar.
2. Kewajiban memiliki izin edar sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dikecualikan terhadap Pangan Olahan tertentu yang diproduksi oleh industri rumah tangga.
3. Ketentuan mengenai kewajiban memiliki izin edar sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

### **Pasal 92**

Pemerintah dan atau pemerintah Daerah melakukan pengawasan dan pencegahan secara berkala terhadap kadar atau kandungan cemaran pada pangan.

1. Pengawasan dan pencegahan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

### **Pasal 93**

Setiap Orang yang mengimport Pangan untuk diperdagangkan wajib memenuhi standart Keamanan Pangan dan Mutu Pangan.

### **Pasal 94**

1. Setiap Orang yang melanggar ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 86 ayat (2) mengenai pemenuhan standar Mutu Pangan, Pasal 89 mengenai label Kemasan

Pangan, Pasal 90 ayat (1) mengenai Pangan Tercemar, dan Pasal 93 mengenai impor Pangan dikenai sanksi administratif.

2. Sanksi administrative sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berupa :
  - a. denda;
  - b. penghentian sementara dari kegiatan, produksi, dan atau peredaran;
  - c. penarikan Pangan dari peredaran oleh produsen;
  - d. ganti rugi; dan atau
  - e. pencabutan izin.
3. Ketentuan lebih lanjut mengenai jenis, besaran denda, dan mekanisme mengenai sanksi administrative sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) diatur dalam Peraturan Pemerintah.

## **Bagian Kedelapan**

### **Jaminan Produk Halal bagi yang Dipersyaratkan**

#### **Pasal 95**

1. Pemerintah dan Pemerintah Daerah melakukan pengawasan terhadap penerapan system jaminan produk halal bagi yang dipersyaratkan terhadap Pangan.
2. Penerapan system jaminan produk halal bagi yang dipersyaratkan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

## **BAB VIII**

### **LABEL DAN IKLAN PANGAN**

#### **Bagian Kesatu**

#### **Label Pangan**

#### **Pasal 96**

1. Pemberian label Pangan bertujuan untuk memberikan informasi yang benar dan jelas kepada masyarakat tentang setiap produk Pangan yang dikemas sebelum membeli dan atau mengkonsumsi Pangan.
2. Informasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) terkait dengan asal, keamanan, mutu, kandungan Gizi, dan keterangan lain yang diperlukan.

#### **Pasal 97**

1. Setiap Orang yang memproduksi Pangan di dalam negeri untuk diperdagangkan wajib mencantumkan label di dalam dan atau pada Kemasan Pangan.

2. Setiap orang yang mengimpor pangan untuk diperdagangkan wajib mencantumkan label di dalam dan atau pada Kemasan Pangan pada saat memasuki wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.
3. Pencantuman label di dalam dan atau pada Kemasan Pangan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) ditulis atau dicetak dengan menggunakan bahas Indonesia serta memuat paling sedikit keterangan mengenai :
  - a. nama produk;
  - b. daftar bahan yang digunakan;
  - c. berat bersih atau isi bersih;
  - d. nama dan alamat pihak yang memproduksi atau mengimpor;
  - e. halal bagi yang dipersyaratkan;
  - f. tanggal dan ode produksi;
  - g. tanggal, bulan, dan tahun kedaluarsa;
  - h. nomor izin edar bagi Pangan Olahan; dan
  - i. asal usul bahan Pangan tertentu.
4. Keterangan pada label sebagaimana dimaksud pada ayat (3) ditulis, dicetaak, atau ditampilkan cesara tegas dan jelas sehingga mudah dimengerti oleh masyarakat.

#### **Pasal 98**

1. Ketentuan mengenai label berlaku bagi Pangan yang telah melalui proses pengemasan akhir dan siap untuk diperdagangkan.
2. Ketentuan label tidak berlaku bagi Perdagangan Pangan yang dibungkus di hadapan pembeli.
3. Pemerintah dan Pemerintah Daerah melaksanakan pembinaan terhadap usaha mirko dan kecil agar secara bertahap mampu menerapkan ketentuan label sebagaimana dimaksud pada ayat (1).

#### **Pasal 99**

Setiap Orang dilarang menghapus, mencabut, menutup, mengganti label, melabel kembali, dan atau menukar tanggal, bulan, dan tahun kedalursa Pangan yang diedarkan.

#### **Pasal 100**

1. Setiap label Pangan yang diperdagangkan wajib memuat keterangan mengenai Pangan dengan benar dan tidak menyesatkan.
2. Setiap Orang dilarang memberikan keterangan atau persyaratan yang tidak benar dan atau menyesatkan pada label.

**Pasal 101**

1. Setiap Orang yang menyatakan dalam label bahwa Pangan yang diperdagangkan adalah halal sesuai dengan yang dipersyaratkan bertanggung jawab atas kebenarannya.
2. Setiap Orang yang menyatakan dalam label bahwa Pangan yang diperdagangkan adalah sesuai dengan klaim tertentu bertanggung jawab atas kebenaran klaim tersebut.
3. Label tentang Pangan Olahan tertentu yang diperdagangkan wajib memuat keterangan tentang peruntukan, cara penggunaan, dan atau keterangan lain yang perlu diketahui mengenai dampak Pangan terhadap kesehatan manusia.

**Pasal 102**

1. Setiap Orang yang melanggar ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 97 ayat (1), Pasal 99, dan Pasal 100 ayat (2) dikenai sanksi administratif.
2. Setiap Orang yang melanggar ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 97 ayat (2) wajib mengeluarkan diri dari dalam wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia atau memusnahkan Pangan yang diimpor.
3. Sanksi administrative sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berupa :
  - a. denda;
  - b. penghentian sementara dari kegiatan, produksi, dan atau peredaran;
  - c. penarikan Pangan dari peredaran oleh produsen;
  - d. ganti rugi; dan atau
  - e. pencabutan izin.
4. Ketentuan lebih lanjut mengenai jenis, besaran denda, atai cara, dan mekanisme pengenaan sanksi administrative sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (3) diatur dalam Peraturan Pemerintah.

**Pasal 103**

Ketentuan lebih lanjut mengenai label Pangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 96 sampai dengan Pasal 101 diatur dengan atau berdasarkan Peraturan Pemerintah.

## Latihan

- 1) Bagaimana cara pengambilan sampel makanan kaleng?
- 2) Bagaimana cara pengambilan sampel makanan kemasan kertas/karton?
- 3) Bagaimana cara penanganan sampel?
- 4) Bagaimana cara pengambilan sampel di lapangan?
- 5) Berapa jumlah sampel yang harus diambil untuk diperiksa?

### ***Petunjuk Jawaban Latihan***

- 1) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 3 sub, yaitu yang terkait dengan pengambilan makanan dan minuman dalam kemasan kaleng
- 2) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 3 sub, yaitu yang terkait dengan pengambilan makanan dan minuman dalam kemasan kertas/karton.
- 3) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 3 sub, yaitu yang terkait dengan penanganan sampel.
- 4) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 3 sub, yaitu yang terkait dengan pengambilan sampel.
- 5) Untuk dapat menjawab pertanyaan dari soal ini saudara harus membaca latihan tersebut dan juga membaca dan memahami pada topik 3 sub, yaitu yang terkait dengan jumlah sampel.

## Ringkasan

Cara pengambilan sampel dan pengiriman sampel di lapangan maupun pemeriksaan ke laboratorium harus dilakukan secara benar sehingga dapat menggambarkan kondisi yang representatif atau mewakili keseluruhan dari bahan yang akan dianalisis. Pengambilan sampel dan pengiriman sampel ke laboratorium berdasarkan kaidah sanitasi dan memperhatikan faktor lingkungan yang sesuai agar sampel tidak mengalami kerusakan.

Berdasarkan Undang - Undang Nomor 7 Tahun 1996 tentang Pangan dan peraturan – peraturannya, yang dimaksud dengan kemasan pangan adalah bahan yang digunakan untuk wadah dan atau membungkus pangan, baik yang bersentuhan langsung dengan pangan maupun tidak.

Kemasan ada tiga macam bentuknya, yaitu kemasan plastic, kemasan kertas, dan kemasan kaleng. Dan memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Biasanya kemasan yang paling banyak digunakan adalah kemasan plastic karena yang awet, sedangkan kemasan kertas biasanya untuk kemasan bagian luar (packing). Makanan dan minuman yang dikemas lebih awet dibandingkan makanan tanpa kemasan. Kontaminasi terhadap makanan

dan minuman mengakibatkan terganggunya kesehatan pada manusia. Kekurangan dari kemasan ni adalah menambah jumlah sampah akibat dari kemasan makanan dan minuman tersebut.

### Tes 3

- 1) Secara prosedur pengambilan makanan dan minuman dalam kemasan plastic dilakukan sebagai berikut, *kecuali* . . . .
  - A. Menentukan titik lokasi pengambilan sampel
  - B. Mempersiapkan alat dan bahan pengambilan sampel
  - C. Menuju ke lokasi pengambilan sampel
  - D. Mengambil sampel dalam jumlah yang besar sesuai dengan ketentuan SNI 19-0428-1989
  - E. Semua jawaban diatas benar
  
- 2) Sampel makanan kemasan kardus/kertas haruslah memenuhi pengambilan contoh beberapa kemasan pada . . . .
  - A. periode tertentu
  - B. periode yang sama
  - C. masa tertentu
  - D. periode waktu yang sama
  - E. beberapa kemasan pada sebelumnya
  
- 3) Panduan berikut digunakan untuk melakukan pemeriksaan fisik makanan dan minuman dalam kemasan, jika . . . .
  - A. kemasan yang digunakan untuk membungkus makanan dan minuman adalah plastic, jangan sampai plastic pembungkusnya sobek.
  - B. pembungkus makanan dan minuman berupa kaleng dan botol plastic, pilihlah kemasan yang masih baik, tidak penyok dan berkarat. Jangan memilih kemasan kaleng yang menggelembung, karena hal ini menunjukkan bahwa makanan dan minuman tersebut telah membusuk.
  - C. pembungkus makanan dan minuman tersebut adalah karton (sejenis kertas atau kardus), Styrofoam, tidak boleh ada lubang. Karena akan muncul kontaminasi dengan udara, hewan (serangga) secara langsung yang dapat memunculkan bakteri pathogen dan fungi pada makanan tersebut.
  - D. Cek kedaluarsa
  - E. Semua diatas benar

- 4) Cara praktik yang harus diperhatikan bila membeli makanan dan minuman kemasan adalah . . . .
- A. kemasan tidk rusak, penyok atau menggembung
  - B. kemasan bagus dan tidak terdapat tanggal expended
  - C. kita kita tidak menghiraukan kemasan yang penting bagus
  - D. ada expended tapi kemasan penyok dan bagus
  - E. kemasan bagus tetapi ada rusak ditutupnya
- 5) Bila membeli makanan dan minuman kemasan kita harus memperhatikan cara praktik seperti pada soal nomor 4, karena . . . .
- A. dapat mempengaruhi hygiene sanitasi makanan
  - B. dapat mempengaruhi isi dan kualitan makanan.
  - C. ditakutkan terjadi keracunan makanan, karena adanya tumbuh jamur.
  - D. dapat mempengaruhi daya tarik pembeli.
  - E. semua jawaban diatas benar.

## Kunci Jawaban Tes

### *Tes 1*

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

### *Tes 2*

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

### *Tes 3*

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

## Daftar Pustaka

<http://lifestyle.analisadaily.com/read/bahaya-mengonsumsi-makanan-kemasan-bagi-wanita-hamil/210128/2016/01/31>

<https://artikelkimiawi.wordpress.com/2015/07/01/efek-negatif-makanan-kemasan-untuk-kesehatan/>

Undang-Undang Republik Indonesia nomor 18 tahun 2002, tentang Pangan.

<http://ud-adhika.com/dnews/7/mengenal-kemasan-makanan-dan-minuman-di-pasaran.html>

<http://www.tandapagar.com/jenis-kemasan-pangan/>

Jurnal Penelitian. Nurminah, Mimi. 2002. Sifat bahan kemasan plastic dan kertas pengaruhnya terhadap bahan . Teknologi Pertanian Universitas Sumatera Utara.

Suhaebi, Anwar, 2014. Pengertian kemasan dan jenis-jenis kemasan. Jakarta :EGC.

Buletin Keamanan Pangan BPOM Vol. 12/VI/2007

Badan Standarisasi Nasional, 1999. Petunjuk Pengambilan Contoh Cairan dan Semi Padat. SNI 19-0429-1989.

Buletin Keamanan Pangan BPOM Vol.12/ tahun 2007.

Badan POM, 2009. *Petunjuk Operasional Pelaksanaan Cara Pembuatan Obat Yang Baik*, Jakarta. Hal 1 – 200.

Dwi Riyanto, Akhmad, 1991. *Sistem Penunjang Keputusan untuk Pengendalian Mutu Bahan Baku*

*Produk Industri Minuman The Kemasan*. Institut Pertanian Bogor.

Direktorat Standarisasi Produk Pangan, 2014. *Pelabelan Pangan Olahan*. Jakarta

<https://inspeksisanitasi.blogspot.co.id/2014/10/standar-pengambilan-sampel-makanan.html>

Peraturan Pemerintah RI No. 28 Tahun 2004 Tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan  
PP NO. 69/1999 Tentang **LABEL & IKLAN PANGAN**

SNI 19-0428-1989 tentang Petunjuk Pengambilan Contoh Padatan.

SNI 19-0428-1998 tentang Petunjuk Pengambilan Contoh Cairan.

UU No.7/ 1996 Tentang **PANGAN**

UU No. 23/1992 Tentang **KESEHATAN**

Winarno, FG, 1993. *Pangan Gizi Teknologi dan Konsumen*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.



# FISIKA 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](mailto:pusdiknakes@yahoo.com)