



978-602-52209-0-6

BUKU AJAR

# ANALISIS

# KUALITAS

# LINGKUNGAN

TIM PENYUSUN :  
Ahmad Faizal Rangkuti  
Dyah Suryani  
Musfirah  
Muchsin Maulana  
Surahma Asti Mulasari  
Tri Wahyuni Sukesi

 083867708263

 cv.mine7

 mine mine



Penerbit : cv. Mine  
Perum Sidorejo Bumi Indah F.153  
Rt.11 Ngestiharjo Kasihan Bantul  
Mobile : 083867708263  
email : cv.mine.7@gmail.com

ISBN 978-602-52209-0-6



9 786025 220906

# ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN

Oleh:

Ahmad Faizal Rangkuti  
Dyah Suryani  
Musfirah  
Muchsin Maulana  
Surahma Asti Mulasari  
Tri Wahyuni Sukesi



# ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN

Penulis :

Ahmad Faizal Rangkuti

Dyah Suryani

Musfirah

Muchsin Maulana

Surahma Asti Mulasari

Tri Wahyuni Sukesi

Hak Cipta © 2022, pada penulis

Hak publikasi pada Penerbit CV Mine

*Dilarang memperbanyak, memperbanyak sebagian atau seluruh isi dari buku ini dalam bentuk apapun, tanpa izin tertulis dari penerbit.*

Cetakan ke- 1 Tahun 2018

Cetakan ke- 2 Tahun 2019

Cetakan ke- 3 Tahun 2020

Cetakan ke- 4 Tahun 2021

Cetakan ke- 5 Tahun 2022

CV Mine

Perum SBI F153 Rt 11 Ngestiharjo, Kasihan, Bantul,

Yogyakarta-55182

Telp: 083867708263

Email : [cv.mine.7@gmail.com](mailto:cv.mine.7@gmail.com)

ISBN : 978-602-52209-0-6

## **KATA PENGANTAR**

### **Assalamualaikum Wr.Wb**

Puji syukur tim penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya atas perkenan dan ridho-Nya tim penulis dapat menyelesaikan naskah modul yang bermanfaat bagi mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan. Modul ini berisikan ilmu-ilmu mengenai analisis kualitas lingkungan sebagai salah satu bahan penunjang pembelajaran mata kuliah dan praktikum Analisis Kualitas Lingkungan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan.

Tim penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada teman-teman di fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan yang telah banyak membantu menyumbangkan ilmunya sehingga modul ini dapat terselesaikan, serta kepada semua pihak yang tidak dapat tim penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan untuk terbitnya modul ini. Kritik dan saran dari manapun datangnya demi kesempurnaan modul ini tim penulis terima dengan senang hati.

### **Wassalamualaikum Wr.Wb**

Yogyakarta, September 2022

Tim Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN</b>	
A. Tujuan Pembelajaran.....	1
B. Kompetensi Lulusan.....	1
C. Definisi Analisa Kualitas Lingkungan.....	1
D. Tujuan dan Manfaat Analisa Kualitas Lingkungan.....	2
E. Istilah-istilah dalam Kualitas Lingkungan.....	2
F. Nilai-nilai Standart Parameter Lingkungan.....	3
G. Ringkasan.....	10
H. Latihan Soal.....	11
<b>KINETIK BAHAN PENCEMAR LINGKUNGAN</b>	
A. Tujuan Pembelajaran.....	15
B. Kompetensi Lulusan.....	15
C. Sumber Pencemaran Lingkungan.....	15
D. Karakteristik Bahan Pencemar Lingkungan.....	17
E. Ringkasan.....	20
F. Latihan Soal.....	21
<b>ANALISIS KUALITAS AIR</b>	
A. Tujuan Pembelajaran.....	25
B. Kompetensi Lulusan.....	25
C. Deskripsi Umum.....	25
D. Parameter Analisa Kualitas Air.....	26
E. Metode dan Teknik Sampling Kualitas Air.....	28
F. Metode dan Teknik Analisa Kualitas Air.....	41
G. Ringkasan.....	81
H. Latihan Soal.....	82

## **ANALISA KUALITAS MAKANAN**

A. Tujuan Pembelajaran.....	87
B. Kompetensi Lulusan.....	87
C. Deskripsi Umum.....	87
D. Pengambilan Sampel.....	89
E. Pengiriman Sampel.....	95
F. Ringkasan.....	96
G. Latihan Soal.....	97

## **ANALISA KUALITAS PEMUKIMAN**

A. Tujuan Pembelajaran.....	115
B. Kompetensi Lulusan.....	115
C. Deskripsi Umum.....	115
D. Parameter Kualitas Pemukiman.....	116
E. Pengambilan Sampling Kualitas Pemukiman.....	120
F. Interpretasi Hasil Kualitas TTU Pemukiman.....	124
G. Ringkasan.....	134
H. Latihan Soal.....	136

## **ANALISA KUALITAS UDARA**

A. Tujuan Pembelajaran.....	140
B. kOMPETENSI IULUSAN.....	140
C. Deskripsi Umum.....	140
D. Pengukuran Kualitas Udara.....	142
E. Metode Pengukuran Kualitas Udara.....	143
F. Metode Analisis Pencemaran Udara.....	149
G. Ringkasan.....	154
H. Latihan Soal.....	155

## **ANALISA KUALITAS TANAH**

A. Tujuan Pembelajaran.....	160
B. Kompetensi Lulusan.....	160
C. Deskripsi Umum.....	160
D. Cara Mengukur pH Tanah dan Pemberian Kapur.....	164
E. Bahan Organik Tanah.....	166
F. Biota Tanah.....	169
G. Ringkasan.....	174
H. Latihan Soal.....	175

# **ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN**

## **A. TUJUAN PEMBELAJARAN**

1. Untuk memberikan pemahaman tentang analisis kualitas lingkungan.
2. Untuk memberikan pemahaman tentang tujuan dan manfaat analisis kualitas lingkungan.
3. Untuk memberikan pemahaman tentang istilah-istilah dalam kualitas lingkungan.
4. Untuk memerikan pemahaman tentang nilai-nilai standar parameter lingkungan.

## **B. KOMPETENSI LULUSAN**

1. Mahasiswa mengerti tentang analisis kualitas lingkungan.
2. Mahasiswa mengerti tentang tujuan dan manfaat analisis kualitas lingkungan.
3. Mahasiswa mengerti tentang istilah-istilah dalam kualitas lingkungan.
4. Mahasiswa mengerti tentang nilai-nilai standar parameter lingkungan.

## **C. Definisi Analisa Kualitas Lingkungan**

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

Analisis Kualitas Lingkungan adalah kegiatan yang untuk menentukan apakah suatu hal terkait lingkungan dan ekologi dalam keadaan baik atau tidak atau dampak apa yang

bisa ditimbulkan terhadap lingkungan dan ekologi serta makhluk hidup di dalamnya.

Substansi yang dianalisa bisa bermacam-macam, bisa kualitas udara, air, tanah, bangunan, tanaman, pupuk, dan sebagainya.

#### **D. Tujuan dan Manfaat Analisa Kualitas Lingkungan**

Menjaga dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup serta menekan pencemaran sehingga dampak negatifnya menjadi serendah mungkin.

#### **E. Istilah-istilah dalam Kualitas Lingkungan**

1. Baku Mutu Lingkungan: Ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan / atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya.
2. NAB (Nilai Ambang Batas): Suatu ukuran bagi lingkungan baik berupa areal lahan, daerah perairan, badan air (sungai, danau, teluk dll) serta ruang udara, yang menyatakan batas tingkat pencemaran atau gangguan yang diperbolehkan mempengaruhi lingkungan, sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku.
3. Basis Data: Kumpulan data dalam media penyimpanan yang diorganisasikan dengan cara tertentu sesuai dengan kebutuhan akan informasi.
4. Debit Optimum: volume air yang dapat dikeluarkan dalam setiap satuan waktu tertentu tanpa menimbulkan kerusakan pada akuifer yang disadap, dengan dimensi (panjang<sup>3</sup>/waktu), misal (liter/detik).

5. TLV (*Threshold Limiting Value*): Konsep adaptasi kecenderungan organisme untuk mengembangkan toleransi terhadap konsentrasi rendah bahan toksik.
6. NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*): Tingkat paparan paling tinggi yang efek biologinya tidak teramati
7. LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*): Tingkat paparan paling rendah yang efek biologinya teramati
8. DO atau *dissolve oxygen*: Kadar oksigen yang terlarut dalam air, semakin tinggi DO maka air tersebut akan semakin baik, tingkat DO maksimal ialah 9ppm.
9. BOD atau *biological oxygen demand*: Tingkat permintaan oksigen oleh makhluk hidup dalam air tersebut.
10. COD atau *chemical oxygen demand*: Tingkat kebutuhan senyawa kimia terhadap oksigen.
11. TDS atau *total dissolve solid*: Jumlah zat padat yang terlarut di dalam air, semakin rendah TDS maka akan semakin bagus kualitas air.

## F. Nilai-nilai Standart Parameter Lingkungan

Parameter adalah ukuran kuantitas lingkungan (air, udara, tanah) dikategorikan bersih, tak terpolusi tak terkontaminasi.

1. Parameter kualitas air menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 03 Tahun 2010 Tanggal : 18 Januari 2010

Tabel 1. Parameter Kualitas Air

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1.	pH	-	6-9
2.	TSS	mg/L	150
3.	BOD	mg/L	50

4.	COD	mg/L	100
5.	Sulfida	mg/L	1
6.	Amonia	mg/L	20
7.	Fenol	mg/L	1
8.	Minyak & Lemak	mg/L	15
9.	MBAS	mg/L	10
10.	Kadmium	mg/L	0,1
11.	Kromheksavalen	mg/L	0,5
12.	Krom Total	mg/L	1
13.	Tembaga	mg/L	2
14.	Timbal	mg/L	1
15.	Nikel	mg/L	0,5
16.	Seng	mg/L	10
17.	Kualitas air limbah max		1,8L/s lahan kawasan terpakai

## 2. Parameter Kualitas Udara

Saat ini Indeks Standar Kualitas Udara yang digunakan secara resmi di Indonesia adalah Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU), hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: Kep 45/MENLH/1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara.

ISPU adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. ISPU ditetapkan dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka yang tidak berdimensi.

Tabel 2. Rentang ISPU

Kategori	Rentang	Penjelasan
Baik	0-50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan atau nilai estetika.
Sedang	51-100	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika.
Tidak Sehat	101-199	Tingkat kualitas udara yang merugikan pada manusia atau kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
Sangat Tidak Sehat	200-299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen

		populasi yang terpapar.
Berbahaya	300-lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius

Data ISPU diperoleh dari pengoperasian Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien Otomatis. Parameter ISPU meliputi Partikulat (PM10), Carbon Monoksida (CO), Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>), Nitrogen Dioksia (NO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>). Perhitungan dan pelaporan ISPU ditetapkan oleh Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, memuat diantaranya adalah Parameter-parameter Dasar untuk ISPU dan Periode waktu pengukuran adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Parameter-parameter Dasar untuk ISPU dan Periode Waktu Pengukuran

No	Parameter	Waktu Pengukuran
1.	Partikulat (PM10)	24 jam (Periode pengukuran rata-rata)
2.	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	24 jam (Periode pengukuran rata-rata)
3.	Carbon Monoksida (CO)	8 jam (Periode pengukuran rata-rata)
4.	Ozon (O <sub>3</sub> )	1 jam (Periode pengukuran rata-rata)
5.	Nitrogen Dioksia (NO <sub>2</sub> )	1 jam (Periode pengukuran rata-rata)

Catatan:

1. Hasil pengukuran untuk kontinyu diambil harga rata-rata tertinggi waktu pengukuran
2. ISPU disampaikan kepada masyarakat setiap 24 jam dari data rata-rata sebelumnya (24 jam sebelumnya)
3. Waktu terakhir pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 WIB
4. ISPU yang dilaporkan kepada masyarakat berlaku 24 jam kedepan (pkl 15.00 tgl (n) sampai pkl 15.00 tgl (n+1))

Tabel 4. Batas ISPU dalam Satuan SI

ISPU	24 jam PM $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 jam $\text{SO}_2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 jam CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 jam $\text{O}_3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 jam $\text{NO}_2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
50	50	80	5	120	(2)
100	150	365	10	235	(2)
200	350	900	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57,5	1200	3750

### 3. Parameter Kualitas Tanah

Parameter atau sifat-sifat yang digunakan untuk penilaian kualitas tanah yang diorientasi pada pengelolaan, merupakan peralihan (intermediate) dari kedua faktor ekstrim tersebut. Islami dan Weil (2000) menunjukkan klasifikasi sifat-sifat tanah yang berkontribusi terhadap kualitas tanah yang didasarkan kepermanenannya dan tingkat kepekaannya.

Tabel 5. Klasifikasi Sifat-sifat Tanah yang Berkontribusi terhadap Kualitas Tanah Didasarkan Atas Kepermanenannya dan tingkat Kepekaannya terhadap Pengelolaan (Islam dan Weil, 2009)

Berubah dalam jangka harian atau rutin (ephemeral)	Ditentukan oleh manajemen dari beberapa tahun (intermediate)	Sifat bawaan (permanen)
Kadar Air Respirasi tanah pH N mineral K mineral P tersedia Kerapatan isi	Agregasi Biomassa mikroba Respirasi Basal Respirasi Spesifik Karbon aktif Kandungan karbon organik	Kedalaman tanah Lereng Iklim Restrictive layer Tekstur Batuan Mineralogi
<b>Mudah berubah</b>	<b>Sulit berubah</b>	<b>Tidak berubah</b>

Parameter sifat tanah sebagai dasar evaluasi tingkat kesuburan, secara umum adalah

a. Parameter sifat Kimia tanah

- 1) pH
- 2) Bahan organik
- 3) N-total (%)
- 4) C-organik (%)
- 5) P-tersedia (ppm)
- 6) Basa-basa Na-, K-, Ca-, Mg- dapat dipertukarkan (exchangeable bases, Cmol.Kg-1)
- 7) Kapasitas Tukar Kation (KTK, Cmol.Kg-1)
- 8) Kejenuhan Basa (%)
- 9) Tekstur (pasir, debu, liat, kelas)

b. Parameter sifat Fisika tanah:

- 1) Porositas
- 2) Berat isi
- 3) Berat jenis
- 4) Permeabilitas
- 5) Kemantapan agregat
- 6) Daya Pegang Air

c. Parameter sifat Biologi tanah:

- 1) Biomas Mikroba (mircobial biomas)
- 2) Berat moleku bahan organik
- 3) Biodiversitas
- 4) Populasi makro dan mikro organisme

d. Parameter sifat Lingkungan tanah:

- 1) Panas (warmth)
- 2) Suhu (temperature)
- 3) Kelembaban (moisture)
- 4) Erosi (erosion)
- 5) Pencemaran (pollution)

Ringkasan :

Analisis kualitas lingkungan adalah kegiatan untuk menentukan apakah suatu hal terkait lingkungan dan ekologi dalam keadaan baik atau tidak atau dampak apa yang bisa ditimbulkan terhadap lingkungan dan ekologi serta makhluk hidup di dalamnya. Istilah dalam kualitas lingkungan meliputi baku mutu lingkungan, NAB (Nilai Ambang Batas), Basis Data, Debit Optimum, TLV(Threshold Limiting Value), LOAEL(Loest Observed Adverse Effect Level), DO atau dissolve oxygen, BOD atau biological oxygen demand, COD atau chemical oxygen demand, dan TDS atau total dissolve solid. Nilai-nilai standart parameter lingkungan meliputi parameter kualitas air, parameter kualitas udara dan parameter kualitas tanah.

## LATIHAN SOAL

1. Kegiatan untuk menentukan apakah suatu hal terkait lingkungan dan ekologi dalam keadaan baik atau tidak atau dampak yang bisa ditimbulkan terhadap lingkungan dan ekologi serta makhluk hidup di dalamnya disebut...
  - a. Penilaian lingkungan
  - b. Parameter lingkungan
  - c. Analisis kualitas lingkungan
  - d. Survei lingkungan
  - e. Evaluasi lingkungan hidup
2. Suatu ukuran bagi lingkungan baik berupa areal lahan, daerah perairan, badan air (sungai, danau, teluk dll) serta ruang udara, yang menyatakan batas tingkat pencemaran yang diperbolehkan mempengaruhi lingkungan, sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku disebut...
  - a. Baku Mutu Lingkungan
  - b. Nilai Ambang Batas
  - c. COD
  - d. BOD
  - e. Basis Data
3. Tingkat kebutuhan senyawa kimia terhadap oksigen disebut...
  - a. *Chemical oxygen demand*
  - b. *Dissolve oxygen*
  - c. *Total dissolve solid*
  - d. *Biological oxygen demand*
  - e. Kebutuhan oksigen

4. Angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya disebut...
  - a. Nilai Ambang Batas Udara
  - b. Baku Muku Udara
  - c. Basis Data
  - d. ISPU
  - e. Nilai Kualitas Udara
5. Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar dapat dikategorikan dalam tingkat...
  - a. Berbahaya
  - b. Tidak sehat
  - c. Sangat tidak sehat
  - d. Baik
  - e. Sedang
6. Rentang nilai kualitas udara dikatakan tidak sehat menurut Indek Standar Pencemaran Udara adalah...
  - a. 300-lebih
  - b. 200-299
  - c. 51-100
  - d. 101-199
  - e. 0-50
7. Berikut ini yang merupakan parameter sifat fisika tanah adalah...
  - a. Kejenuhan basa
  - b. Tekstur
  - c. Permeabilitas

- d. Biodiversitas
  - e. Panas
8. Berikut ini yang merupakan parameter sifat lingkungan tanah adalah...
- a. Daya pegang air
  - b. Populasi mikroorganismen
  - c. Berat isi
  - d. Berat jenis
  - e. Kelembaban
9. Berikut ini yang merupakan parameter ISPU untuk menentukan kualitas udara adalah...
- a. CO<sub>2</sub>
  - b. O<sub>2</sub>
  - c. NO<sub>2</sub>
  - d. SO
  - e. CO<sub>3</sub>
10. Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika digolongkan dalam rentang...
- a. 0-50
  - b. 101-199
  - c. 51-100
  - d. 101-199
  - e. 200-299

## SOAL ESAY

1. Jelaskan tujuan dan manfaat analisa kualitas lingkungan!
2. Sebut dan jelaskan minimal 5 istilah-istilah dalam kualitas lingkungan!
3. Jelaskan mengenai parameter dasar ISPU dan periode waktu pengukurannya!
4. Sebutkan minimal 5 parameter sifat kimia tanah!
5. Sebutkan minimal 3 parameter sifat biologi tanah!

## REFERENSI

Ikhtiar, Muhammad. 2017. *Analisis Kualitas Lingkungan*. Makassar: : Social Politic Genius

Anryani, Hanifa. 2017. *Istilah-istilah Tentang Analisis Kualitas Lingkungan*. Diunduh tanggal 15 November 2017 dari <https://www.scribd.com/document/354975132/Istilah-Stilah-Tentang-Analisis-Kualitas-Lingkungan>

## **KINETIKA BAHAN PENCEMAR LINGKUNGAN**

### **TUJUAN PEMBELAJARAN**

1. Untuk memberikan pemahaman tentang sumber pencemaran lingkungan.
2. Untuk memberikan pemahaman tentang karakteristik bahan pencemar lingkungan.

### **KOMPETENSI LULUSAN**

1. Mahasiswa mengerti tentang sumber pencemaran lingkungan.
2. Mahasiswa mengerti tentang karakteristik bahan pencemar lingkungan.

#### **A. Sumber Pencemaran Lingkungan**

##### **1. Pencemaran Air**

Pencemaran air dapat disebabkan oleh berbagai hal dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Sampah organik seperti air comberan menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen pada air yang menerimanya yang mengarah pada berkurangnya oksigen yang dapat berdampak parah terhadap seluruh ekosistem.

Industri membuang berbagai macam polutan ke dalam air limbahnya seperti logam berat, toksin organik, minyak, nutrien dan padatan. Air limbah tersebut memiliki efek termal, terutama yang dikeluarkan oleh pembangkit listrik, yang dapat juga mengurangi oksigen dalam air. Seperti limbah pabrik yang mengalir ke sungai seperti di sungai citarum.

## 2. Pencemaran Udara

Sumber pencemaran udara dibagi menjadi 2, yaitu:

### a. Dari Alam

Letusan gunung berapi menyemburkan debu dan gas sulfur; kebakaran hutan menghasilkan CO<sub>2</sub>, CO dan sulfur; penguapan samudera berupa partikel garam, tepung sari, jamur, spora yang dibawa oleh hembusan angin

### b. Dari Manusia

Proses industri kimia, pabrik logam, pabrik semen menghasilkan gas partikulat; pembakaran bahan bakar dalam memproduksi energy panas; hasil kotoran rumah tangga berupa asap; gas yang dihasilkan kendaraan bermotor, pesawat terbang, roket; senyawa hidrokarbon dari proses destilasi petroleum, alat pendingin, alat penyemprot dan lain-lain.

## 3. Pencemaran Tanah

### a. Limbah Domestik

Jenis pencemaran ini adalah hasil dari berbagai kegiatan manusia seperti perdagangan, kelembagaan, sector wisata. Dalam kegiatan perdagangan seperti pasar, hotel dan restoran, pasti meninggalkan limbah. Begitupun kegiatan wisata, terutama para wisatawan yang tidak bertanggung jawab yang sering membuang sampah sembarangan.

Limbah domestik dibagi menjadi 2, yaitu limbah domestik padat dan limbah domestik cair. Untuk limbah domestic padat bisa berupa sampah anorganik atau sampah yang tidak dapat diurai oleh mikroorganisme,

seperti plastik. Sedangkan untuk sampah cair seperti detergen, olo, cat dan lain sebagainya. Keduanya mempunyai dampak kerusakan yang begitu besar karena tidak dapat diurai oleh mikroorganisme.

b. Limbah Industri

Limbah industri sendiri terdiri dari limbah industri padat dan limbah industri cair. Untuk limbah industri padat yang biasanya berbentuk lumpur atau bubuk mungkin kita jarang melihatnya.

Namun untuk limbah industri cair, hampir setiap industri besar maupun kecil yang kita temui akan mengeluarkan limbah ini. Sebut saja industri skala kecil seperti pabrik tahu rumahan, proses produksinya akan menghasilkan limbah cair.

c. Limbah Pertanian

Keberadaan zat-zat kimia yang awalnya ditujukan untuk membantu proses pertanian justru malah menjadi sumber polusi tanah. Sebut saja zat-zat kimia seperti pupuk urea, DDT dan pestisida, sisa-sisa dari zat tersebut. Dapat menyebabkan polusi dan dampaknya hasil tanaman yang ditanam kurang sehat.

## **B. Karakteristik Bahan Pencemar Lingkungan**

### **1. Polutan Air**

Keadaan air yang berpengaruh terhadap makhluk adalah suhu, kadargaram (salinitas), dan tingkat kesamaan (pH) air. Kualitas air yang terganggu dapat dilihat atau ditandai dengan adanya perubahan bau (menyengat), rasa (asam), dan warnanya (hitam pekat).Zat-zat pencemar (polutan) yang berada di air, antara lain:

- a. Logam berat dan senyawa kimia dari limbah pabrik yang dibuang ke sungai, kolam, dan perairan lainnya.
- b. Detergen, kaleng, plastik, sisa-sisa makanan, dan sebagainya dari limbah rumah tangga atau limbah domestik. Pestisida, pupuk buatan, dan sisa sampah pertanian dan kegiatan pertanian.
- c. Lumpur-lumpur hasil erosi dan tanah longsor.
- d. Zat asam dari hujan asam.
- e. Tumpahan minyak.

## 2. Polutan Udara

Polutan yang ada di udara umumnya berupa debu, asap, dan gas buangan hasil pembakaran bahan bakar fosil, seperti minyak dan batu bara oleh alat transportasi dan mesin-mesin pabrik. Gas buangan yang mengandung zat yang berbahaya, misalnya asap, karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), sulfur oksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), CFC, dan sebagainya.

- a. Karbon monoksida (CO) adalah suatu komponen yang bersifat tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa, yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas 192°C, mempunyai berat sebesar 96,9% dari berat air dan tidak larut dalam air.
- b. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dihasilkan dari pembakaran bahan organik, seperti minyak bumi, batu bara, kayu, dan lain-lain oleh mesin pabrik dan kendaraan. CO<sub>2</sub> terbesar dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara.
- c. CFC (Chloro fluoro carbon) CFC biasanya digunakan sebagai bahan pendingin pada AC dan kulkas, CFC

dipergunakan sebagai aerosol pada penyemprotan rambut, pengharum, dan pembasmi serangga.

- d. Sulfur oksida (SO) terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan sulfur trioksida (SO<sub>3</sub>). Keduanya disebut sebagai SO<sub>x</sub>. Sulfur oksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif.
- e. Nitrogen oksida (NO Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri atas gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen oksida (NO<sub>2</sub>). Nitrogen terdapat 78% di dalam atmosfer bumi oleh pengaruh organisme, sinar kosmik, cahaya dapat memfiksasi nitrogen bersenyawa berbagai elemen membentuk senyawa nitrogen yang berguna bagi tumbuh-tumbuhan dan hewan dalam pertumbuhan.
- f. Ozon (O<sub>3</sub>)  
Ozon merupakan oksidan yang sangat kuat sehingga sangat beracun terhadap organisme hidup.
- g. Hidrogen Sulfide (H<sub>2</sub>S)  
Berasal dari tumbuh-tumbuhan dan hewan yang mati (materi organik), letusan, muntahan gunung berapi dan limbah atau buangan industri.

### 3. Polutan Tanah

Polutan tanah adalah sebagai tempat makhluk hidup bagi organisme, sebagai hara dan air bagi tumbuhan. Pada tanah yang subur proses-proses kehidupan tumbuhan, hewan, dan mikroba tanah dapat berlangsung dengan baik.

Keadaan tanah yang memengaruhi makhluk hidup misalnya pH tanah, tekstur, kelembapan, dan kandungan unsur hara. Zat pencemar/polutan yang berada di tanah antara lain berasal dari limbah industri, limbah rumah tangga, hujan asam, tumpahan minyak, dan lain-lain. Benda-benda yang mencemari tanah berupa benda padat seperti kertas, plastik, aluminium, kaleng, botol, dan benda cair, seperti tumpahan minyak dan limbah cair pabrik.

#### Ringkasan:

Sumber pencemaran lingkungan meliputi pencemaran air, pencemaran udara dan pencemaran tanah. Pencemaran air dapat disebabkan oleh berbagai hal dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Sumber pencemaran udara dibagi yaitu dari alam dan dari manusia. Sumber Pencemaran tanah terdiri atas limbah domestik, limbah industry dan limbah pertanian. Karakteristik bahan pencemar lingkungan meliputi polutan air, polutan udara dan polutan tanah.

## LATIHAN SOAL

1. Sumber pencemaran udara salah satunya berasal dari...
  - a. Udara
  - b. Air
  - c. Lautan
  - d. Manusia
  - e. Pertanian
2. Berikut ini sumber pencemaran udara yang berasal dari alam adalah...
  - a. Penguapan samudera
  - b. Banjir bandang
  - c. Tanah longsor
  - d. Gempa bumi
  - e. Tsunami
3. Berikut ini sumber pencemaran udara yang berasal dari manusia adalah...
  - a. Letusan gunung berapi
  - b. Pembakaran sampah rumah tangga
  - c. Penggunaan pupuk organik
  - d. Kebakaran hutan
  - e. Banjir
4. Jenis pencemaran tanah yang merupakan hasil dari berbagai kegiatan manusia seperti perdagangan, kelembagaan, sector wisata disebut...
  - a. Limbah industri
  - b. Limbah rumah tangga
  - c. Limbah domestik
  - d. Limbah manusia
  - e. Limbah kegiatan manusia

5. Berikut ini yang termasuk limbah domestik cair pencemaran tanah adalah...
  - a. Plastik
  - b. Kaleng
  - c. Sampah rumah tangga
  - d. Pestisida
  - e. Cat
6. Zat-zat kimia yang awalnya ditujukan untuk membantu proses pertanian namun menjadi sumber polusi tanah disebut...
  - a. Limbah domestik
  - b. Limbah pertanian
  - c. Limbah rumah tangga
  - d. Limbah industri
  - e. Limbah kimiawi
7. Kualitas air dapat dikatakan terganggu apabila...
  - a. Tidak berasa
  - b. Berwarna putih bening
  - c. Tidak berbau
  - d. Berwarna hitam pekat
  - e. Tidak ada perubahan bau
8. Suatu komponen yang bersifat tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa, yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas  $192^{\circ}\text{C}$ , mempunyai berat sebesar 96,9% dari berat air dan tidak larut dalam air adalah...
  - a.  $\text{CO}_2$
  - b. CO
  - c. NO
  - d.  $\text{NO}_2$

- e. O<sub>2</sub>
- 9. Oksidan yang sangat kuat sehingga sangat beracun terhadap organisme hidup disebut...
  - a. O<sub>2</sub>
  - b. O<sub>3</sub>
  - c. CO
  - d. CO<sub>2</sub>
  - e. H<sub>2</sub>S
- 10. Polutan udara yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan hewan yang mati (materi organik), letusan, muntahan gunung berapi dan limbah atau buangan industri disebut...
  - a. Karbon monoksida
  - b. Ozon
  - c. Karbon dioksida
  - d. Hidrogen sulfide
  - e. Nitrogen

### **SOAL ESAY**

1. Sebut dan jelaskan sumber pencemaran udara!
2. Sebut dan jelaskan limbah domestik penyebab pencemaran tanah!
3. Sebutkan minimal 3 limbah pertanian yang menjadi penyebab pencemaran tanah!
4. Sebutkan minimal 3 polutan yang berada di air!
5. Sebut dan jelaskan minimal 3 polutan di udara!

## **REFERENSI**

Ikhtiar, Muhammad. 2017. *Analisis Kualitas Lingkungan*.  
Makassar: : Social Politic Genius

## ANALISIS KUALITAS AIR

### **Tujuan Pembelajaran**

1. Mahasiswa dapat menjelaskan konsep teoritis analisis kualitas air berdasarkan parameter fisik, kimia dan biologi
2. Mahasiswa dapat memahami sampling dan pengujian kualitas air
3. Mahasiswa dapat menganalisis permasalahan kualitas lingkungan kompartemen air

### **Kompetensi Lulusan**

1. Mahasiswa mampu mengkaji dan menganalisis teknik pengambilan sampel dan pengujian parameter kualitas air
2. Mahasiswa mampu menginterpretasi hasil pengukuran kualitas air
3. Mahasiswa mampu memecahkan masalah lingkungan berdasarkan parameter kualitas air dalam kehidupan sehari-hari

### **A. Deskripsi Umum**

Analisis Kualitas air adalah suatu kajian terhadap ukuran kondisi air dilihat dari karakteristik fisik, kimiawi, dan biologisnya. Kualitas air juga menunjukkan ukuran kondisi air relatif terhadap kebutuhan biota air dan manusia. Kualitas air seringkali menjadi ukuran standar terhadap kondisi kesehatan ekosistem air dan kesehatan manusia terhadap air minum. Berbagai lembaga negara di dunia bersandar kepada data ilmiah dan keputusan politik dalam menentukan standar kualitas air yang diizinkan untuk keperluan tertentu. Kondisi air bervariasi seiring waktu tergantung pada kondisi lingkungan setempat. Air terikat erat dengan kondisi ekologi setempat sehingga kualitas air termasuk suatu subjek yang

sangat kompleks dalam ilmu lingkungan. Aktivitas industri seperti manufaktur, pertambangan, konstruksi, dan transportasi merupakan penyebab utama pencemaran air, juga limpasan permukaan dari pertanian dan perkotaan.

Pengambilan sampel yang telah direncanakan dengan baik akan mendukung pelaksanaan yang optimal. Dengan demikian pengambilan sampel merupakan tahap awal yang dilakukan dalam penentuan kualitas air, yang akan menentukan hasil pekerjaan pada berikutnya. Secara garis besar prosedur pengambilan sampel terdiri dari perencanaan, persiapan, pelaksanaan pengambilan sampel serta Quality Assurance (QA) dan Quality Control (QC) pengambilan sampel. Hal penting bagi pengambil sampel sebelum ke lapangan adalah menyusun perencanaan dalam suatu dokumen yang membantu dalam setiap tahapan pengambilan sampel secara jelas dan sistematis.

Untuk mendapatkan sampel yang homogen dilakukan pengambilan sampel yang representatif, yaitu sampel yang dapat mewakili pada daerah purposif sekitarnya. Dengan pengambilan sampel yang representatif data hasil pengujian dapat menggambarkan kualitas lingkungan yang mendekati kondisi sesungguhnya.

## **B. Parameter Analisa Kualitas Air**

Kualitas air ditentukan oleh berbagai parameter antara lain parameter fisik (warna, suhu, total padatan tersuspensi) dan parameter kimia (pH, DO, BOD, COD), dan lain sebagainya. Jenis dan jumlah parameter yang dianalisis terhadap suatu badan air sangat tergantung pada jenis kegiatan

yang diperkirakan memberikan dampak terhadap badan air tersebut.

Menurut sifatnya, parameter kualitas air terdiri atas:

- a. Parameter fisika, meliputi (suhu, kecerahan dan turbiditas, padatan dan warna)
- b. Parameter kimia, meliputi (DO, pH, salinitas, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, bahan organik)
- c. Parameter biologi, meliputi (mikroorganisme seperti bakteri, virus), plankton, fungi, hewan benthik, ikan, tumbuhan air.

Menurut jenisnya, parameter kualitas air terdiri atas:

- a. *Masking parameter*, yaitu parameter yang menunjukkan gejala umum (pH, alkalinitas, salinitas, kekeruhan)
- b. *Controlling parameter*, yaitu parameter yang mengendalikan sifat atau modulus operasi parameter lain (suhu, intensitas cahaya, pH)
- c. *Limiting parameter*, yaitu parameter yang menjadi pembatas parameter lain, khususnya terhadap parameter biologis (DO, bahan beracun)
- d. *Derivative parameter*, yaitu parameter turunan dari parameter lain (BOD, COD, keragaman jenis).

Menurut peran fungsionalnya, parameter kualitas air terdiri atas:

- a. *Key parameter*, yaitu parameter yang relatif menentukan peruntukan air (untuk kelas 1, kelas 2, dan lain-lain).
- b. *Supplement parameter*, yaitu parameter yang menunjang fungsi parameter kunci bagi suatu peruntukan (alkalinitas terhadap pH).

- c. *Complement parameter*, yaitu parameter yang melengkapi fungsi suatu parameter lain (BOD terhadap DO bagi peruntukan perikanan).

### **C. Metode Dan Teknik Sampling Kualitas Air**

Metode pengambilan sampel/ccontoh air yang umum digunakan dalam keperluan monitoring pencemaran air. Metode pengambilan contoh ini meliputi persyaratan dan tata cara pengambilan contoh kualitas air untuk keperluan pemeriksaan kualitas air yang mencakup pemeriksaan sifat fisik, kimia, mikrobiologi, biologi dan lain-lain.

Beberapa pengertian yang dimaksud dalam metode ini meliputi :

1. Sumber air adalah air permukaan, air tanah dan air meteorik
2. Air permukaan adalah air yang terdiri dari: air sungai, air danau, air waduk, air saluran, mata air, air rawa dan air gua / air karst
3. Air tanah bebas adalah air dari akifer yang hanya sebagian terisi air dan terletak pada suatu dasar yang kedap air serta mempunyai permukaan bebas
4. Air tanah tertekan adalah air dari akifer yang sepenuhnya jenuh air dengan bagian atas dan bawahnya dibatasi oleh lapisan yang kedap air
5. Akifer adalah suatu lapisan pembawa air
6. Epilimnion adalah lapisan atas danau/waduk yang suhunya relatif sama
7. Termoklin/metalimnion adalah lapisan danau yang mengalami penurunan suhu yang cukup besar (lebih dari  $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) ke arah dasar danau

8. Hipolimnion adalah lapisan bawah danau yang mempunyai suhu relatif sama dan lebih dingin dari lapisan di atasnya, biasanya lapisan ini mengandung kadar oksigen yang rendah dan relatif stabil
9. Air meteorik adalah air meteorik dari labu ukur di stasiun meteor, air meteorik yang ditampung langsung dari hujan dan air meteorik dari bak penampungan air hujan
10. Contoh, dalam panduan ini adalah contoh uji air untuk keperluan pemeriksaan kualitas air.

## **1. Persyaratan pengambilan contoh**

### **Persyaratan alat pengambil contoh**

Alat pengambil contoh harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh (misalnya untuk keperluan pemeriksaan logam, alat pengambil contoh tidak terbuat dari logam)
2. Mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya
3. Contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampungan tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya
4. Kapasitas alat 1 - 5 L tergantung dari maksud pemeriksaan
5. Mudah dan aman dibawa.

### **Jenis alat pengambil contoh**

Beberapa jenis alat pengambil contoh yang dapat digunakan meliputi :

1. Alat pengambil contoh sederhana berupa :
  - Botol biasa atau ember plastik yang digunakan pada permukaan air secara langsung
  - Botol biasa yang diberi pemberat yang digunakan pada kedalaman tertentu

2. Alat pengambil contoh setempat secara mendatar, dipergunakan untuk mengambil contoh di sungai atau di tempat yang airnya mengalir pada kedalaman tertentu, contoh alat ini adalah tipe Wohlenberg
3. Alat pengambil contoh setempat secara tegak, dipergunakan untuk mengambil contoh pada lokasi yang airnya tenang atau alirannya sangat lambat seperti di danau, waduk, dan muara sungai pada kedalaman tertentu, contoh alat ini adalah tipe Ruttner
4. Alat pengambil contoh pada kedalaman yang terpadu, digunakan untuk pemeriksaan zat padat tersuspensi atau untuk mendapatkan contoh yang mewakili semua lapisan air, contoh alat ini adalah tipe USDH Alat Pengambil Contoh Air Tipe Kedalaman Terpadu (Integrated Depth Sampler - USHD)
5. Alat pengambil contoh secara otomatis yang dilengkapi alat pengatur waktu dan volume yang diambil, digunakan untuk contoh gabungan waktu dari air limbah atau air sungai yang tercemar, agar diperoleh kualitas air rata-rata selama periode tertentu,
6. Alat pengambil untuk pemeriksaan gas terlarut yang dilengkapi tutup, sehingga alat dapat ditutup segera setelah terisi penuh ; contoh alat ini adalah tipe Cascila
7. Alat pengambil contoh untuk pemeriksaan bakteriologi adalah botol gelas yang di tutup kapas/aluminium foil, tahan terhadap panas dan tekanan selama proses sterilisasi ;

### **Alat penyaring**

Alat ini dilengkapi dengan pompa isap atau pompa tekan agar dapat menahan kertas saring yang mempunyai ukuran pori 0,45/um.

## **Alat pendingin**

Alat ini dapat menyimpan contoh pada 4°C, dapat membekukan contoh bila diperlukan dan mudah diangkut ke Iapangan.

## **Bahan**

### 1. Bahan kimia untuk pengawet

Bahan kimia yang digunakan untuk pengawet harus memenuhi persyaratan bahan kimia untuk analisis dan tidak mengganggu atau mengubah kadar zat yang akan diperiksa.

### 2. Wadah Contoh

Wadah yang digunakan untuk menyimpan contoh harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Terbuat dari bahan gelas atau plastik
- Dapat ditutup dengan kuat dan rapat
- Mudah dicuci
- Tidak mudah pecah
- Wadah contoh untuk pemeriksaan mikrobiologi harus dapat disterilkan
- Tidak menyerap zat-zat kimia dari contoh
- Tidak melarutkan zat-zat kimia ke dalam contoh
- Tidak menimbulkan reaksi antara bahan wadah dengan contoh

## **Sarana pengambilan contoh**

Sarana yang dapat digunakan adalah:

- Sedapat mungkin menggunakan jembatan atau lintasan gantung sebagai tempat pengambilan contoh\*)
- Bila sarana \*) tersebut diatas tidak ada, maka dapat menggunakan perahu

### **Volume contoh**

Volume contoh yang diambil untuk keperluan pemeriksaan di lapangan dan laboratorium bergantung dari jenis pemeriksaan yang diperlukan sebagai berikut :

1. Untuk pemeriksaan sifat fisik air diperlukan lebih kurang 2 L
2. Untuk pemeriksaan sifat kimia air diperlukan lebih kurang 5 L
3. Untuk pemeriksaan bakteriologi diperlukan lebih kurang 100 mL
4. Untuk pemeriksaan biologi air (klorofil) diperlukan 0,5 - 20 L (bergantung pada kadar klorofil di dalam contoh).

### **Pola kerja**

Urutan pelaksanaan pengambilan contoh kualitas air adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi pengambilan contoh
2. Menentukan titik pengambilan contoh
3. Melakukan pengambilan contoh
4. Melakukan pemeriksaan kualitas air di lapangan
5. Melakukan pengolahan pendahuluan dan pengawetan contoh
6. Pengemasan contoh dan pengangkutan ke laboratorium.

### **Pengawetan contoh**

Pengawetan contoh untuk parameter tertentu diperlukan apabila pemeriksaan tidak dapat langsung dilakukan setelah pengambilan contoh. Jenis bahan pengawet yang digunakan dan lama penyimpanan berbeda-beda tergantung pada jenis parameter yang akan diperiksa.

### **Waktu**

Interval waktu pengambilan contoh diatur agar contoh diambil pada Hari dan jam yang berbeda sehingga dapat diketahui perbedaan kualitas air setiap hari maupun setiap jam. Caranya

dilakukan dengan menggeser jam dan hari pengambilan pada waktu pengambilan contoh berikutnya, misalnya pengambilan pertama hari senin jam 06.00 pengambilan berikutnya hari selasa jam 07.00 dan seterusnya. Waktu pengambilan contoh dilakukan berdasarkan keperluan sebagai berikut :

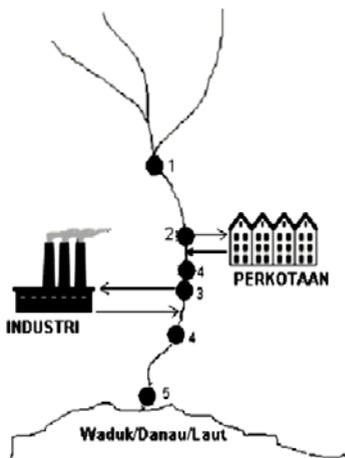
1. Untuk keperluan survei pendahuluan dalam rangka pengenalan daerah, waktu pengambilan contoh dapat dilaksanakan pada saat survey.
2. Untuk keperluan perencanaan dan pemanfaatan diperlukan data pemantauan kualitas air, yang diambil pada waktu tertentu dan periode yang tetap, tergantung pada jenis sumber air dan tingkat pencemarannya sebagai berikut :
  - Sungai/saluran yang tercemar berat, setiap dua minggu sekali selama setahun
  - Sungai/saluran yang tercemar ringan sampai sedang, sebulan sekali selama setahun
  - Sungai/saluran alami yang belum tercemar, tiga bulan sekali selama setahun
  - Danau/waduk setiap dua bulan sekali selama setahun
  - Air tanah setiap tiga bulan sekali selama setahun
  - Air meteorik sesuai dengan keperluan.
3. Untuk studi dan penelitian, disesuaikan dengan keperluan dan tujuan studi/penelitian tersebut.

## **2. Cara pelaksanaan pengambilan contoh**

Lokasi pengambilan contoh ditentukan berdasarkan pada tujuan pemeriksaan. Lokasi pengambilan contoh dilakukan pada air permukaan dan air tanah. Lokasi pengambilan contoh di air permukaan dapat berasal dari daerah pengaliran sungai dan danau/waduk, dengan penjelasan sebagai berikut :

### **Air Permukaan**

1. Pemantauan kualitas air pada suatu daerah pengaliran sungai (DPS), berdasarkan pada
  - Sumber air alamiah, yaitu lokasi pada tempat yang belum terjadi atau masih sedikit pencemaran
  - Sumber air tercernar, yaitu lokasi pada tempat yang telah mengalami perubahan atau di hilir sumber pencemar
  - Sumber air yang dimanfaatkan, yaitu lokasi pada tempat penyadapan pemanfaatan sumber air tersebut
2. Pemantauan kualitas air pada danau/waduk berdasarkan pada :
  - Tempat masuknya sungai ke danau/waduk
  - Di tengah danau/waduk
  - Lokasi penyadapan air untuk pemanfaatan
  - Tempat keluarnya air danau/waduk



Keterangan gambar:

- 1) Sumber air alamiah
- 2) Sumber air untuk perkotaan
- 3) Sumber air untuk industri
- 4) Sumber air yang sudah tercemar
- 5) Lokasi masuknya air ke danau atau waduk

**Gambar 1. Contoh Lokasi Pengambilan Sampel Air  
(Sumber :SNI 698957 : 2008)**

## **Air tanah**

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

1. Air tanah bebas (tidak tertekan) :
  - Di sebelah hulu dan hilir dari lokasi penimbunan/pembuangan sampah kota/industri
  - Di sebelah hilir daerah pertanian yang intensif menggunakan pestisida dan pupuk kimia
  - Di daerah pantai dimana terjadi penyusupan air asin
  - Tempat-tempat lain yang dianggap perlu.
2. Air tanah tertekan :
  - Di sumur produksi air tanah untuk pemenuhan kebutuhan perkotaan, pedesaan, pertanian dan industri
  - Di sumur produksi air tanah PAM maupun sarana umum
  - Di sumur-sumur pemantauan kualitas air tanah
  - Di lokasi kawasan industri
  - Di sumur observasi untuk pengawasan imbuhan
  - Pada sumur observasi air tanah di suatu cekungan air tanah artesis (misalnya : cekungan artesis Bandung)
  - Pada sumur observasi di wilayah pesisir dimana terjadi penyusupan air asin
  - Pada sumur observasi penimbunan/pengolahan limbah industri bahan berbahaya

## **Air permukaan**

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

1. Di sungai, titik pengambilan contoh di sungai dengan ketentuan :

- Sungai dengan debit kurang dari 5 m<sup>3</sup>/ detik, contoh diambil pada satu titik di tengah sungai pada 0,5 x kedalaman dari permukaan air
  - Sungai dengan debit antara 5 - 150 m<sup>3</sup>/ detik, contoh diambil pada dua titik masing-masing pada jarak 1/3 dan 2/3 lebar sungai pada 0,5 x kedalaman dari permukaan air ;
  - Sungai dengan debit lebih dari 150 m<sup>3</sup>/ detik contoh diambil minimum pada enam titik masing-masing pada jarak 1/4, 1/2 dan 3/4 lebar sungai pada 0,2 x dan 0,8 x kedalaman dari permukaan air
2. Di danau/waduk, titik pengambilan Contoh di danau /waduk dengan ketentuan :
- Danau/waduk yang kedalamannya kurang dari 1.0 m, contoh diambil pada dua titik di permukaan dan di dasar danau/waduk ;
  - Danau/waduk dengan kedalaman antara 10 - 30 m, contoh diambil pada tiga titik, yaitu : di permukaan, di lapisan termoklin dan di dasar danau/waduk ;
  - Danau/waduk dengan kedalaman antara 30 - 100 m, contoh diambil pada empat titik, yaitu : di permukaan, di lapisan termoklin (metalimnion), di atas lapisan hipolimnion dan di dasar danau/ waduk ;
  - Danau/waduk yang kedalamannya Lebih dari 100 m, titik pengambilan contoh dapat ditambah sesuai dengan keperluan.

#### Air Tanah

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

1. Air tanah bebas :

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

2. Air tanah tertekan (artesis) :

- Pada sumur bor eksplorasi contoh diambil pada titik yang telah ditentukan sesuai keperluan eksplorasi
- Pada sumur observasi contoh diambil pada dasar sumur setelah air dalam sumur bor/pipa dibuang sampai habis (dikuras) sebanyak tiga kali ;
- Pada sumur produksi contoh diambil pada kran/mulut pompa keluarnya air.

### **3. Pengambilan Contoh**

#### **Pengambilan contoh untuk pemeriksaan sifat titik dan kimia air**

Tahapan pengambilan contoh untuk keperluan ini adalah :

1. Menyiapkan alat pengambil contoh yang sesuai dengan keadaan sumber air ;
2. Membilas alat dengan 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.

#### **Pengambilan contoh untuk pemeriksaan oksigen terlarut**

Pengambilan contoh dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Cara langsung, tahapan pengambilan contoh dengan cara langsung sebagai berikut :
  - Siapkan botol KOB yang bersih dan mempunyai volume + 300 mL serta dilengkapi dengan tutup asah
  - Celupkan botol dengan hati-hati ke dalam air dengan posisi mulut botol searah dengan aliran air, sehingga air masuk ke dalam botol dengan tenang, atau dapat pula dengan menggunakan sifon
  - Isi botol sampai penuh dan hindarkan terjadinya turbulensi dan gelembung udara selama pengisian, kemudian botol ditutup
  - Contoh siap untuk dianalisis.
2. dengan alat khusus, tahapan pengambilan contoh dengan cara alat khusus sebagai berikut :
  - Siapkan botol KOB yang bersih dan mempunyai volume + 300 mL serta dilengkapi dengan tutup asah
  - Masukkan botol ke dalam alat khusus
  - Ikuti prosedur pemakaian alat tersebut.

### **Pemeriksaan mikrobiologi**

Pengambilan contoh untuk pemeriksaan mikrobiologi dapat dilakukan pada air permukaan dan air tanah dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Air permukaan secara langsung tahapan pengambilan contoh ini sebagai berikut :
  - Siapkan botol yang volumenya paling sedikit 100 mL dan telah disterilkan pada suhu 120°C selama 15 menit atau dengan cara sterilisasi lain
  - Ambil contoh dengan cara memegang botol steril bagian bawah dan celupkan botol stern + 20 cm di bawah

- permukaan air dengan posisi mulut botol berlawanan dengan arah aliran.
2. Air permukaan secara tidak langsung dari jembatan atau lintasan gantung tahapan pengambilan ini sebagai berikut :
    - Siapkan botol steril yang tutupnya terbungkus kertas aluminium
    - Ikat botol dengan tali dan pasang pemberat di bagian dasar botol
    - Buka pembungkus kertas di bagian mulut botol dan turunkan botol perlahan-lahan ke dalam permukaan air
    - Tarik tali sambil digulung
    - Buang sebagian isi botol hingga volumcnya  $\pm 3/4$  volume botol.
    - Bakar bagian mulut botol, kemudian botol ditutup kembali.
  3. Air tanah pada sumur gali, tahapan pengambilan contoh sama dengan pengambilan contoh pada air permukaan dari jembatan atau lintasan gantung;
  4. Air tanah pada kran air tahapan pengambilan contoh sebagai berikut :
    - Siapkan botol steril yang tutupnya terbungkus kertas aluminium
    - Buka kran selama 1 - 2 menit
    - Sterilkan kran dengan cara membakar mulut kran sampai keluar uap air
    - Alirkan lagi air selama 1 - 2 menit
    - Buka tutup botol steril dan isi sampai  $\pm 3/4$  volume botol
    - Bakar bagian mulut botol, kemudian botol ditutup lagi.

#### **4. Pemeriksaan di Lapangan**

Pekerjaan yang dilakukan meliputi :

1. Pemeriksaan unsur-unsur yang dapat berubah dengan cepat, dilakukan langsung setelah pengambilan contoh; unsure-unsur tersebut antara lain ; pH, suhu, daya hantar listrik, alkalinitas, asiditas dan oksigen terlarut
2. 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

#### **5. Pengawetan Contoh**

##### **a. Pengawetan cara fisika**

Pengawetan secara fisika dilakukan dengan cara pendinginan contoh pada suhu 4°C atau pembekuan.

##### **b. Pengawetan cara kimia**

Pengawetan secara kimia dilakukan tergantung pada jenis parameter yang diawetkan. Beberapa cara pengawetan adalah sebagai berikut :

1. Pengasaman, yaitu penambahan asam nitrat pekat atau asam khlorida pekat atau asam sulfat pekat ke dalam contoh sampai pH <2 ;
2. Penambahan biosida ke dalam contoh, jenis biosida dan dosisnya tertentu
3. Penambahan larutan basa (biasanya larutan natrium hidroksida, NaOH) ke dalam contoh sampai pH 10 - 11.

#### **6. Pengepakan dan pengangkutan contoh**

Contoh yang telah dimasukkan ke dalam wadah, diberi label. Pada label tersebut dicantumkan keterangan mengenai lokasi pengambilan, tanggal dan jam pengambilan, cuaca, jenis pengawet yang ditambahkan, petugas yang mengambil contoh

dan sketsa lokasi. Wadah-wadah contoh yang telah ditutup rapat dimasukkan ke dalam kotak yang telah dirancang secara khusus agar contoh tidak tertumpah selama pengangkutan ke laboratorium.

### **7. Penyajian data hasil pemeriksaan lapangan**

Hasil pemeriksaan lapangan disajikan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan pemeriksaan di lapangan dicatat dalam buku catatan lapangan
2. Diteliti kembali cara perhitungan dan satuan yang dipakai ;  
Data dari catatan lapangan dipindahkan ke formulir data yang telah disiapkan sesuai dengan kebutuhan.

## **D. Metode dan Teknik Analisa Kualitas Air**

### **1. Parameter Fisik**

Beberapa parameter fisik yang digunakan untuk menentukan kualitas air meliputi suhu, kekeruhan, warna, daya hantar listrik, jumlah zat padat terlarut, rasa, bau.

#### **a. Bau**

Air minum yang berbau, selain tidak estetik juga tidak disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberi petunjuk terhadap kualitas air, misalnya bau amis dapat disebabkan oleh adanya algae dalam air tersebut. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002, diketahui bahwa syarat air minum yang dapat dikonsumsi manusia adalah tidak berbau.

#### **b. Jumlah Zat Padat Terlarut**

Zat padat merupakan materi residu setelah pemanasan dan pengeringan pada suhu 103 oC – 105 oC. Residu atau zat padat yang tertinggal selama proses pemanasan pada

temperatur tersebut adalah materi yang ada dalam contoh air dan tidak hilang atau menguap pada 105 oC. Dimensi zat padat dinyatakan dalam mg/l atau g/l, % berat (kg zat padat/kg larutan), atau % volume (dm<sup>3</sup> zat padat/liter larutan).

Dalam air alam, ditemui dua kelompok zat yaitu zat terlarut (seperti garam dan molekul organik) serta zat padat tersuspensi dan koloidal (seperti tanah liat dan kwarts). Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikelnya.

Analisa zat padat dalam air digunakan untuk menentukan komponen-komponen air secara lengkap, proses perencanaan, serta pengawasan terhadap proses pengolahan air minum maupun air buangan. Karena bervariasi materi organik dan anorganik dalam analisa zat padat, tes yang dilakukan secara empiris tergantung pada karakteristik materi tersebut. Metode Gravimetry digunakan hampir pada semua kasus.

Jumlah dan sumber materi terlarut dan tidak terlarut yang terdapat dalam air sangat bervariasi. Pada air minum, kebanyakan merupakan materi terlarut yang terdiri dari garam anorganik, sedikit materi organik, dan gas terlarut. Total zat padat terlarut dalam air minum berada pada kisaran 20 – 1000 mg/L.

TDS terdapat di dalam air sebagai hasil reaksi dari zat padat, cair, dan gas di dalam air yang dapat berupa senyawa organik maupun anorganik. Substansi anorganik berasal dari mineral, logam, dan gas yang terbawa masuk ke dalam air setelah kontak dengan materi pada permukaan dan tanah. Materi organik dapat berasal dari

hasil penguraian vegetasi, senyawa organik, dan gas-gas anorganik yang terlarut. TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik berupa ion-ion yang terdapat di perairan. Ion-ion yang biasa terdapat di perairan ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Ion-ion yang Terdapat di Perairan

Ion Utama ( <i>Major Ion</i> ) (1,0 – 1000 mg/liter)		Ion Sekunder ( <i>Secondary Ion</i> ) (0,01 – 10 mg/liter)	
1.	Sodium (Na)	1.	Besi
2.	Kalsium (Ca)	2.	Strontium (Sr)
	Magnesium (Mg)	3.	Kalium (K)
4.	Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> )	4.	Karbonat (CO <sub>3</sub> )
5.	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	5.	Nitrat (NO <sub>3</sub> )
6.	Klorida (Cl)	6.	Fluorida (F)
		7.	Boron (B)
		8.	Silika (SiO <sub>2</sub> )

Sumber : Todd, 1970 dalam Effendi, 2003.

TDS tidak diinginkan dalam badan air karena dapat menimbulkan warna, rasa, dan bau yang tidak sedap. Beberapa senyawa kimia pembentuk TDS bersifat racun dan merupakan senyawa organik bersifat karsinogenik.

Akan tetapi, beberapa zat dapat memberi rasa segar pada air minum.

Kesadahan dan kekeruhan akan bertambah seiring dengan semakin banyaknya TDS. Analisis TDS biasanya dilakukan dengan penentuan Daya Hantar Listrik (DHL) air. TDS terdiri dari ion-ion sehingga kadar TDS sebanding dengan kadar DHL air. Penentuan jumlah materi terlarut dan tidak terlarut juga dapat dilakukan dengan membandingkan jumlah yang terfiltrasi dengan yang tidak. Analisa TDS dapat digunakan untuk menentukan derajat keasinan dan faktor koreksi, misal untuk diagram kesadahan Caldwell – Lawrence.

### **c. Kekeruhan, Rasa, Suhu**

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganismen lain.

Zat anorganik yang menyebabkan kekeruhan dapat berasal dari pelapukan batuan dan logam, sedangkan zat organik berasal dari lapukan hewan dan tumbuhan. Bakteri dapat dikategorikan sebagai materi organik tersuspensi yang menambah kekeruhan air. Padatan tersuspensi berkolerasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, semakin tinggi nilai kekeruhan. Akan tetapi, tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan. Tingginya nilai kekeruhan dapat mempersulit usaha penyaringan dan mengurangi efektivitas desinfeksi pada proses penjernihan

air. Secara optis, kekeruhan merupakan suatu kondisi yang mengakibatkan cahaya dalam air didispersikan atau diserap dalam suatu contoh air.

Salah satu metode pengukuran kekeruhan antara lain Nephelometer tidak dipengaruhi oleh perubahan kecil pada desain parameter. Satuan kekeruhan dalam pengukuran nephelometer dinyatakan dalam NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Nephelometric Method disarankan untuk metode visual karena ketepatan, sensitifitas, dan dapat digunakan dalam rentang turbiditas yang besar. Prinsip kerja dari metode ini adalah membandingkan cahaya yang didispersikan oleh contoh air pada kondisi yang sama dengan intensitas cahaya yang didispersikan oleh larutan suspensi standar (polymer formazin). Semakin tinggi intensitas yang didispersikan, semakin tinggi pula turbiditasnya. Penentuan turbiditas sebaiknya dilakukan pada saat pengambilan contoh air. Bila tidak, disimpan pada tempat yang gelap, paling lama 24 jam. Penyimpanan yang terlalu lama dapat menyebabkan kekeruhan.

Pada air yang keruh, banyak terkandung organisme berbahaya yang tersembunyi pada proses desinfeksi.

Satuan kekeruhan yang biasa digunakan sebagai berikut :

- $\text{mg/l SiO}_2$  (satuan standar) = 1 unit turbiditas.
- NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Batas maksimal yang diperbolehkan oleh US Environmental Protection Agency adalah 0,5 – 1 unit kekeruhan (NTU). Dalam batas ini, air boleh digunakan sebagai air minum.
- JTU (*Jackson Candle Turbidity Unit*).  $40 \text{ NTU} = 40 \text{ JTU}$  (Sawyer dan Mc Carthy : 1978).

- FTU (*Formazin Turbidity Unit*)

Air minum biasanya tidak memberikan rasa (tawar). Air yang berasa menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan. Efek yang dapat ditimbulkan terhadap kesehatan manusia tergantung pada penyebab timbulnya rasa. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002, diketahui bahwa syarat air minum yang dapat dikonsumsi manusia adalah tidak berasa.

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas, agar tidak terjadi pelarutan zat kimia pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan, menghambat reaksi-reaksi biokimia di dalam saluran/pipa, mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak, dan bila diminum dapat menghilangkan dahaga. Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (latitude), ketinggian dari permukaan laut (altitude), waktu, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran, serta kedalaman. Perubahan suhu mempengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan.

Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, volatilisasi, serta menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air (gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan sebagainya). Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20 oC – 30 oC.

Pada umumnya, suhu dinyatakan dengan satuan derajat Celcius (oC) atau derajat Fahrenheit (oF).

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002, diketahui bahwa temperatur maksimum yang diperbolehkan dalam air minum sebesar  $\pm 3$  oC. Pengukuran suhu pada contoh air air dapat dilakukan menggunakan termometer.

#### **d. Warna**

Air minum sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetika dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air. Warna pada air disebabkan oleh adanya partikel hasil pembusukan bahan organik, ion-ion metal alam (besi dan mangan), plankton, humus, buangan industri, dan tanaman air. Adanya oksida besi menyebabkan air berwarna kemerahan, sedangkan oksida mangan menyebabkan air berwarna kecoklatan atau kehitaman. Kadar besi sebanyak 0,3 mg/l dan kadar mangan sebanyak 0,05 mg/l sudah cukup dapat menimbulkan warna pada perairan (peavy et al., 1985 dalam Effendi, 2003). Kalsium karbonat yang berasal dari daerah berkapur menimbulkan warna kehijauan pada perairan. Bahan-bahan organik, misalnya tanin, lignin, dan asam humus yang berasal dari dekomposisi tumbuhan yang telah mati menimbulkan warna kecoklatan.

Dalam penyediaan air minum, warna sangat dikaitkan dengan segi estetika. Warna air dapat dijadikan sebagai petunjuk jenis pengolahan yang sesuai.

#### **e. Daya Hantar Listrik (DHL)**

Daya hantar listrik (DHL) merupakan kemampuan suatu cairan untuk menghantarkan arus listrik (disebut

juga *konduktivitas*). DHL pada air merupakan ekspresi numerik yang menunjukkan kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Besarnya nilai DHL bergantung kepada kehadiran ion-ion anorganik, valensi, suhu, serta konsentrasi total maupun relatifnya.

Pengukuran daya hantar listrik bertujuan mengukur kemampuan ion-ion dalam air untuk menghantarkan listrik serta memprediksi kandungan mineral dalam air. Pengukuran yang dilakukan berdasarkan kemampuan kation dan anion untuk menghantarkan arus listrik yang dialirkan dalam contoh air dapat dijadikan indikator, dimana semakin besar nilai daya hantar listrik yang ditunjukkan pada *konduktivimeter* berarti semakin besar kemampuan kation dan anion yang terdapat dalam contoh air untuk menghantarkan arus listrik. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin banyak mineral yang terkandung dalam air.

*Konduktivitas* dinyatakan dengan satuan  $\mu\text{mhos/cm}$  atau  $\text{p Siemens/cm}$ . Dalam analisa air, satuan yang biasa digunakan adalah  $\mu\text{mhos/cm}$ . Air suling (aquades) memiliki nilai DHL sekitar  $1 \mu\text{mhos/cm}$ , sedangkan perairan alami sekitar  $20 - 1500 \mu\text{mhos/cm}$  (Boyd, 1988 dalam Effendi, 2003).

Besarnya daya hantar listrik bergantung pada kandungan ion anorganik (TDS) yang disebut juga materi tersuspensi. Hubungan antara TDS dan DHL dinyatakan dalam persamaan (1) (Metcalf & Eddy : 1991 dalam Effendi, 2003).

$$\text{TDS (mg/L)} = \text{DHL (mmhos/cm atau ds/m)} \times 640$$

(1)

Nilai TDS biasanya lebih kecil daripada nilai DHL. Pada penentuan nilai TDS, bahan-bahan yang mudah menguap (volatile) tidak terukur karena melibatkan proses pemanasan. Pengukuran DHL dilakukan menggunakan konduktivimeter dengan satuan  $\mu\text{mhos/cm}$ . Prinsip kerja alat ini adalah banyaknya ion yang terlarut dalam contoh air berbanding lurus dengan daya hantar listrik. Batas waktu maksimum pengukuran yang direkomendasikan adalah 28 hari.

Menurut APHA, AWWA (1992) dalam Effendi (2003) diketahui bahwa pengukuran DHL berguna dalam hal sebagai berikut :

- Menetapkan tingkat mineralisasi dan derajat disosiasi dari air destilasi.
- Memperkirakan efek total dari konsentrasi ion.
- Mengevaluasi pengolahan yang cocok dengan kondisi mineral air.
- Memperkirakan jumlah zat padat terlarut dalam air.
- Menentukan air layak dikonsumsi atau tidak.

## 2. Parameter Kimia

### a. Besi

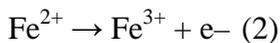
Besi atau Ferrum (Fe) merupakan metal berwarna putih keperakan, liat, dan dapat dibentuk. Pada umumnya, besi di dalam air dapat bersifat :

- Terlarut sebagai  $\text{Fe}^{2+}$  (fero) atau  $\text{Fe}^{3+}$  (feri)

- Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter < 1 μm) atau lebih besar, seperti Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, FeOOH, Fe(OH)<sub>3</sub>, dan sebagainya
- Tergabung dengan zat organik atau zat padat inorganik (seperti tanah liat)

Besi di alam dapat ditemui dalam bentuk pyrite (FeS<sub>2</sub>), hematite (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), magnetite(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), limonite [FeO(OH)], goethite (HFeO<sub>2</sub>), dan ochre [Fe(OH)<sub>3</sub>] (Cole, 1988 dan Moore, 1991). Senyawa besi pada umumnya sukar larut dan cukup banyak terdapat di dalam tanah. Kadang-kadang besi juga terdapat sebagai senyawa siderite (FeCO<sub>3</sub>) yang bersifat mudah larut dalam air (Cole, 1988 dalam Effendi, 2003).

Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut, dioksidasi menjadi ion ferri. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya, pada reduksi ferri menjadi ferro, terjadi penangkapan elektron. Proses oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan oksigen dan hidrogen (Eckenfelder, 1989; Mackereth *et al.*, 1989 dalam Effendi, 2003). Reaksi oksidasi ion ferro menjadi ion ferri ditunjukkan dalam persamaan (2).



Proses oksidasi dan reduksi besi melibatkan bakteri sebagai mediator. Bakteri kemოსintesis Thiobacillus dan Ferrobacillus memiliki sistem enzim yang dapat mentransfer elektron dari ion ferro ke oksigen, menghasilkan ion ferri, air, dan energi bebas untuk sintesis

bahan organik dari karbondioksida. Bakteri kemოსintesis bekerja optimum pada pH rendah (sekitar 5).

Metabolisme bakteri *Desulfovibrio* menghasilkan  $H_2SO_4$  yang dapat melarutkan besi (Cole, 1988 dalam Effendi, 2003).

Pada pH sekitar 7,5 – 7,7 ion ferri mengalami oksidasi dan berikatan dengan hidroksida membentuk  $Fe(OH)_3$  yang bersifat tidak larut dan mengendap (presipitasi) di dasar perairan, membentuk warna kemerahan pada substrat dasar. Oleh karena itu, besi hanya ditemukan pada perairan yang berada dalam kondisi anaerob (anoksik) dan suasana asam (Cole, 1988 dalam Effendi, 2003).

Pada perairan alami, besi berikatan dengan anion membentuk senyawa  $FeCl_2$ ,  $Fe(HCO_3)_2$ , dan  $FeSO_4$ . Pada perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik, pengendapan ion ferri dapat mengakibatkan warna kemerahan pada porselin, bak mandi, pipa air, dan pakaian. Kelarutan besi meningkat dengan menurunnya pH.

Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe yang lebih besar dari 1 mg/l, tetapi dalam air tanah, kadar Fe dapat jauh lebih tinggi. Pada air yang tidak mengandung oksigen, seperti air tanah, besi berada sebagai  $Fe^{2+}$  yang cukup padat terlarut, sedangkan pada air sungai yang mengalir dan terjadi aerasi,  $Fe^{2+}$  teroksidasi menjadi  $Fe^{3+}$  yang sulit larut pada pH 6 sampai 8 (kelarutan hanya di bawah beberapa  $\mu g/l$ ), bahkan dapat menjadi ferihidroksida  $Fe(OH)_3$  atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan bisa mengendap. Dalam air

sungai, besi berada sebagai  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  terlarut, dan  $\text{Fe}^{3+}$  dalam bentuk senyawa organik berupa koloidal. Besi merupakan sumber makanan utama bagi bakteri besi (*crenthrix*, *leptothrix*, dan *gallionella*) yang dapat menimbulkan bau, bentuknya kotor, dan memiliki rasa yang aneh.

Besi termasuk unsur yang penting bagi makhluk hidup. Pada tumbuhan, besi berperan sebagai penyusun sitokrom dan klorofil. Kadar besi yang berlebihan dapat menimbulkan warna merah, menimbulkan karat pada peralatan logam, serta dapat memudahkan bahan celupan (dyes) dan tekstil. Pada tumbuhan, besi berperan dalam sistem enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis. Besi banyak digunakan dalam kegiatan pertambangan, industri kimia, bahan celupan, tekstil, penyulingan, minyak, dan sebagainya (Eckenfelder, 1989 dalam Effendi, 2003). Pada air minum, Fe dapat menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan.

Besi dibutuhkan oleh tubuh dalam pembentukan haemoglobin. Banyaknya Fe di dalam tubuh dikendalikan pada fase absorpsi. Tubuh manusia tidak dapat mengekskresikan Fe. Oleh karena itu, manusia yang sering mendapat transfusi darah, warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe. Sekalipun Fe diperlukan oleh tubuh, dalam dosis besar dapat merusak dinding usus dan dapat menyebabkan kematian. Debu Fe juga dapat diakumulasi di dalam alveoli dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

Metode fenantrolin dapat digunakan untuk mengukur kandungan besi di dalam air, kecuali terdapat fosfat atau logam berat yang mengganggu. Metode ini dilakukan berdasarkan kemampuan 1,10-phenantrolin untuk membentuk ion kompleks setelah berikatan dengan  $\text{Fe}^{2+}$ . Warna yang dihasilkan sesuai dengan hukum Beer dan dapat diukur secara visual menggunakan spektrofotometer.

#### **b. Kesadahan**

Kesadahan (*hardness*) disebabkan adanya kandungan ion-ion logam bervalensi banyak (terutama ion-ion bervalensi dua, seperti Ca, Mg, Fe, Mn, Sr). Kation-kation logam ini dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan maupun dengan anion-anion yang terdapat di dalam air membentuk endapan/karat pada peralatan logam. Kation-kation utama penyebab kesadahan di dalam air antara lain  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , dan  $\text{Mn}^{2+}$ . Anion-anion utama penyebab kesadahan di dalam air antara lain  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan  $\text{SiO}_3^{2-}$ . Air sadah merupakan air yang dibutuhkan oleh sabun untuk membusakan dalam jumlah tertentu dan juga dapat menimbulkan kerak pada pipa air panas, pemanas, ketel uap, dan alat-alat lain yang menyebabkan temperatur air naik.

Jika dipanaskan, perairan sadah akan membentuk deposit (kerak). Pada Tabel 2 diperlihatkan klasifikasi perairan berdasarkan nilai kesadahan.

#### **Tabel 2. Klasifikasi Perairan Berdasarkan Nilai Kesadahan**

Kesadahan (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	Klasifikasi Perairan
< 50	Lunak ( <i>soft</i> )
50 – 150	Menengah ( <i>moderately hard</i> )
150 – 300	Sadah ( <i>hard</i> )
> 300	Sangat sadah ( <i>very hard</i> )

Sumber : Peavy et al, 1985 dalam Effendi, 2003

Nilai kesadahan air diperlukan dalam penilaian kelayakan perairan untuk kepentingan industri dan domestik. Tebbut (1992) dalam Effendi (2003) mengemukakan bahwa nilai kesadahan tidak memiliki pengaruh langsung terhadap kesehatan manusia. Nilai kesadahan juga digunakan sebagai dasar bagi pemilihan metode yang diterapkan dalam proses pelunakan air. Kesadahan air berkaitan erat dengan kemampuan air membentuk busa. Semakin besar kesadahan air, semakin sulit bagi sabun untuk membentuk busa karena terjadi presipitasi. Busa tidak akan terbentuk sebelum semua kation pembentuk kesadahan mengendap. Pada kondisi ini, air mengalami pelunakan atau penurunan kesadahan yang disebabkan oleh sabun. Endapan yang terbentuk dapat menyebabkan pewarnaan pada bahan yang dicuci. Pada perairan sadah (*hard*), kandungan kalsium, magnesium, karbonat, dan sulfat biasanya tinggi (Brown, 1987 dalam Effendi, 2003).

Dampak dari air sadah sebagai berikut :

### **1) Sabun sulit berbusa**

Sabun terbuat dari garam natrium dan potasium dari asam lemah. Jika terdapat ion kalsium dan magnesium, akan terbentuk Ca palmitat atau Mg palmitat dalam bentuk endapan sehingga sabun tidak berbusa.

### **2) Pembentukan kerak pada boiler**

Dalam air terdapat bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ). Dalam temperatur normal bentuk tersebut stabil, namun dalam temperatur tinggi akan menghasilkan kerak. Apabila terdapat  $\text{Mg}^{2+}$ , maka  $\text{CO}_2$  akan terlepas dan pH air akan naik. Kerak yang timbul dapat mempersempit volume boiler dan meningkatkan tekanan pada boiler sehingga memungkinkan boiler meledak.

### **3) Kerak pada pipa penyaluran air**

Pada pipa distribusi air, kerak dapat mengakibatkan pemampatan dan mempengaruhi aliran air karena kerak yang muncul akan menaikkan faktor kekasaran (c) dan mengakibatkan debit turun.

Air permukaan memiliki nilai kesadahan yang lebih kecil daripada air tanah. Perairan dengan nilai kesadahan kurang dari 120 mg/l  $\text{CaCO}_3$  dan lebih dari 500 mg/l  $\text{CaCO}_3$  kurang baik bagi peruntukkan domestik, pertanian, dan industri. Namun, air sadah lebih disukai oleh organisme daripada air lunak. Kesadahan diklasifikasikan berdasarkan dua cara, yaitu berdasarkan ion logam (metal) dan berdasarkan anion yang berasosiasi dengan ion logam. Berdasarkan ion logam (metal), kesadahan dibedakan menjadi kesadahan kalsium dan kesadahan magnesium.

Berdasarkan anion yang berasosiasi dengan ion logam, kesadahan dibedakan menjadi kesadahan karbonat dan kesadahan non-karbonat.

### 1) Kesadahan Kalsium dan Magnesium

Kalsium dan magnesium merupakan penyebab utama kesadahan air karena kandungannya dalam air lebih besar dibandingkan ion logam bervalensi dua lainnya. Kesadahan kalsium dan magnesium digunakan untuk menentukan jumlah kapur dan soda abu yang dibutuhkan dalam proses pelunakan air (lime-soda ash softening). Jika kesadahan kalsium sudah ditentukan, maka kesadahan magnesium dapat dicari dengan pengurangan kesadahan kalsium dengan kesadahan total sesuai persamaan (2.3).

### 2) Kesadahan Total – Kesadahan Kalsium = Kesadahan Magnesium

Pada penentuan nilai kesadahan, keberadaan besi dan mangan dianggap sebagai pengganggu karena dapat bereaksi dengan pereaksi yang digunakan. Untuk mendapatkan kadar ion kalsium dan ion magnesium dari nilai kesadahan, digunakan persamaan (2) dan (3) (Cole, 1988 dalam Effendi, 2003).

Kadar $\text{Ca}^{2+}$ (mg/liter) = 0,4 x kesadahan kalsium	(2)
Kadar $\text{Mg}^{2+}$ (mg/liter) = 0,243 x kesadahan magnesium	(3)

### 3) Kesadahan Karbonat dan Non-Karbonat

Pada kesadahan karbonat, kalsium dan magnesium berasosiasi dengan ion  $\text{CO}_3^{2-}$  dan  $\text{HCO}_3^-$ . Pada kesadahan non-karbonat, kalsium dan magnesium berasosiasi dengan ion  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , dan  $\text{NO}_3^-$ . Kesadahan karbonat disebut kesadahan sementara karena sangat sensitif terhadap panas dan mengendap dengan mudah pada suhu tinggi. Kesadahan non-karbonat disebut kesadahan permanen karena kalsium dan magnesium yang berikatan dengan sulfat dan klorida tidak mengendap dan nilai kesadahan tidak berubah meskipun pada suhu tinggi.

Metode Titrasi EDTA merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengukur kesadahan di dalam air menggunakan EDTA (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid) atau garam natriumnya sebagai titran. EDTA membentuk ion kompleks yang sangat stabil dengan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ , juga ion-ion logam bervalensi dua lainnya.

Indikator Eriochrome Black T (EBT) merupakan indikator yang sangat baik untuk menunjukkan bahwa ion penyebab kesadahan sudah terkompleksasi. Indikator EBT yang berwarna biru ditambahkan pada air sadah (pH 10), membentuk ion kompleks dengan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang berwarna merah anggur. Pada saat titrasi dengan EDTA, ion-ion kesadahan bebas dikompleksasi.

EDTA mengganggu ion kompleks (M.EBT) karena mampu membentuk ion kompleks yang lebih stabil dengan ion-ion kesadahan. Hal ini membebaskan indikator EBT, dimana warna wine red berubah menjadi biru, menunjukkan titik akhir titrasi.

**c. Klorida (Cl)**

Sekitar 3/4 dari klorin ( $\text{Cl}_2$ ) yang terdapat di bumi berada dalam bentuk larutan. Unsur klor dalam air terdapat dalam bentuk ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ). Ion klorida adalah salah satu anion anorganik utama yang ditemukan pada perairan alami dalam jumlah yang lebih banyak daripada anion halogen lainnya. Klorida biasanya terdapat dalam bentuk senyawa natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ), kalium klorida ( $\text{KCl}$ ), dan kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ). Selain dalam bentuk larutan, klorida dalam bentuk padatan ditemukan pada batuan mineral sodalite [ $\text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6$ ]. Pelapukan batuan dan tanah melepaskan klorida ke perairan. Sebagian besar klorida bersifat mudah larut.

Klorida terdapat di alam dengan konsentrasi yang beragam. Kadar klorida umumnya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar mineral. Kadar klorida yang tinggi, yang diikuti oleh kadar kalsium dan magnesium yang juga tinggi, dapat meningkatkan sifat korosivitas air. Hal ini mengakibatkan terjadinya perkaratan peralatan logam. Kadar klorida  $> 250$  mg/l dapat memberikan rasa asin pada air karena nilai tersebut merupakan batas klorida untuk suplai air, yaitu sebesar 250 mg/l (Rump dan Krist, 1992 dalam Effendi, 2003). Keberadaan klorida di dalam air menunjukkan bahwa air

tersebut telah mengalami pencemaran atau mendapatkan rembesan dari air laut.

Klorida tidak bersifat toksik bagi makhluk hidup, bahkan berperan dalam pengaturan tekanan osmotik sel. Klorida tidak memiliki efek fisiologis yang merugikan, tetapi seperti amonia dan nitrat, kenaikan akan terjadi secara tiba-tiba di atas baku mutu sehingga dapat menyebabkan polusi. Toleransi klorida untuk manusia bervariasi berdasarkan iklim, penggunaannya, dan klorida yang hilang melalui respirasi. Klorida dapat menimbulkan gangguan pada jantung/ginjal.

Di Indonesia, khlor digunakan sebagai desinfektan dalam penyediaan air minum untuk menghilangkan mikroorganisme yang tidak dibutuhkan. Beberapa alasan yang menyebabkan klorin sering digunakan sebagai desinfektan adalah sebagai berikut (Tebbut, 1992 dalam Effendi, 2003) :

- Dapat dikemas dalam bentuk gas, larutan, dan bubuk (powder).
- Harga relatif murah.
- Memiliki daya larut yang tinggi serta dapat larut pada kadar yang tinggi.
- Residu klorin dalam bentuk larutan tidak berbahaya bagi manusia, jika terdapat dalam kadar yang tidak berlebihan.
- Bersifat sangat toksik bagi mikroorganisme, dengan cara menghambat aktivitas metabolisme mikroorganisme tersebut.

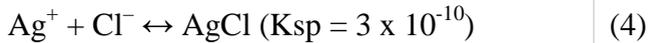
Proses penambahan klor dikenal dengan klorinasi. Klorin yang digunakan sebagai desinfektan adalah gas

klor yang berupa molekul klor ( $\text{Cl}_2$ ) atau kalsium hipoklorit [ $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ]. Penambahan klor secara kurang tepat akan menimbulkan bau dan rasa pada air. Pada kadar klor kurang dari 1.000 mg/liter, semua klor berada dalam bentuk ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) dan hipoklorit ( $\text{HOCl}$ ), atau terdisosiasi menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OCl}^-$ .

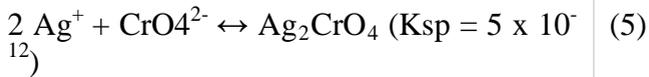
Selain bereaksi dengan air, klorin juga bereaksi dengan senyawa nitrogen membentuk mono-amines, di-amines, tri-amines, N-kloramines, N-kloramides, dan senyawa nitrogen berklor lainnya. Monokloramines ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ) adalah bentuk senyawa klor dan nitrogen yang utama di perairan. Senyawa ini bersifat stabil dan biasanya ditemukan beberapa hari setelah penambahan klorin. Klor yang berikatan dengan senyawa kimia lain dikenal sebagai klorin terikat, sedangkan klorin bebas adalah ion klorida dan ion hipoklorit yang tidak berikatan dengan senyawa lainnya.

Penentuan jumlah klorin di perairan diperlukan dalam proses pengolahan air baku untuk keperluan domestik dan pengolahan limbah cair yang menggunakan klorin sebagai desinfektan, untuk mengetahui kadar klorin yang tersisa di perairan.

Metode Mohr (Argentometric) dapat digunakan untuk pemeriksaan klorida menggunakan larutan perak nitrat (0,0141 N) untuk mentitrasi sehingga dapat bereaksi dengan larutan N/71 dimana setiap mm ekuivalen dengan 0,5 mg ion klorida. Pada titrasi, ion klorida dipresipitasi sebagai klorida putih perak berdasarkan persamaan reaksi (4).



Titik akhir dengan indikator potassium chromate dapat menunjukkan kehadiran  $\text{Ag}^+$ . Ketika ion klorida mencapai 0, konsentrasi ion perak akan meningkat dimana kelarutan produk kromat perak meningkat dan terbentuk warna merah coklat sesuai dengan persamaan reaksi (5).



Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil pemeriksaan yang akurat antara lain :

- Digunakan contoh air yang seragam, dianjurkan 100 ml, sehingga konsentrasi ion pada titik akhir titrasi konstan.
- pH berada dalam rentang 7 atau 8 karena  $\text{Ag}^+$  dipresipitasi sebagai  $\text{AgOH}$  pada pH tinggi dan  $\text{CrO}_4^{2-}$  akan berubah menjadi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  pada pH rendah.
- Jumlah indikator harus diperhatikan untuk mengukur konsentrasi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  atau  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  yang terbentuk sangat cepat atau sangat lama.

#### d. pH

pH merupakan suatu parameter penting untuk menentukan kadar asam/basa dalam air. Penentuan pH merupakan tes yang paling penting dan paling sering digunakan pada kimia air. pH digunakan pada penentuan alkalinitas,  $\text{CO}_2$ , serta dalam kesetimbangan asam basa. Pada temperatur yang diberikan, intensitas asam atau

karakter dasar suatu larutan diindikasikan oleh pH dan aktivitas ion hidrogen. Perubahan pH air dapat menyebabkan berubahnya bau, rasa, dan warna. Pada proses pengolahan air seperti koagulasi, desinfeksi, dan pelunakan air, nilai pH harus dijaga sampai rentang dimana organisme partikulat terlibat.

Skala pH berkisar antara 0 – 14. Klasifikasi nilai pH adalah sebagai berikut :

- $\text{pH} = 7$  menunjukkan keadaan netral
- $0 < \text{pH} < 7$  menunjukkan keadaan asam
- $7 < \text{pH} < 14$  menunjukkan keadaan basa (alkalis)

Air minum sebaiknya netral, tidak asam/basa, untuk mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi jaringan distribusi air minum. pH standar untuk air minum sebesar 6,5 – 8,5. Air adalah bahan pelarut yang baik sekali, maka dibantu dengan pH yang tidak netral, dapat melarutkan berbagai elemen kimia yang dilaluinya.

Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan kertas lakmus, kertas pH universal, larutan indikator universal (metode Colorimeter) dan pHmeter (metode Elektroda Potensiometri). Pengukuran pH penting untuk mengetahui keadaan larutan sehingga dapat diketahui kecenderungan reaksi kimia yang terjadi serta pengendapan materi yang menyangkut reaksi asam basa. Elektroda hidrogen merupakan absolut standard dalam penghitungan pH. Karena elektroda hidrogen mengalami kerumitan dalam penggunaannya, ditemukanlah elektroda yang dapat dibuat dari gelas yang memberikan potensial yang berhubungan dengan aktivitas ion hidrogen tanpa gangguan dari ion-ion lain.

Penggunaannya menjadi metode standard dari pengukuran pH.

Pengukuran pH diatas 10 dan pada temperatur tinggi sebaiknya menggunakan elektroda gelas spesial. Alat-alat yang digunakan pada umumnya distandarisasi dengan larutan buffer, dimana nilai pH nya diketahui dan lebih baik digunakan larutan buffer dengan pH 1 – 2 unit yang mendekati nilai pH contoh air. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Larutan yang bersifat asam (pH rendah) bersifat korosif. pH juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah.

**e. Zat Organik**

Zat organik ( $\text{KMnO}_4$ ) merupakan indikator umum bagi pencemaran. Tingginya zat organik yang dapat dioksidasi menunjukkan adanya pencemaran. Zat organik mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Oleh sebab itu, bila zat organik banyak terdapat di badan air, dapat menyebabkan jumlah oksigen di dalam air berkurang. Bila keadaan ini terus berlanjut, maka jumlah oksigen akan semakin menipis sehingga kondisi menjadi anaerob dan dapat menimbulkan bau.

Secara umum, komponen penyusun materi organik terdiri dari 6 unsur, yaitu :

- Unsur mikro : Nitrogen (N), Phosfor (P), Sulfur (S)
- Unsur makro : Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O)

Organik yang terlarut dalam air biasa ditemukan dalam dua kategori, yaitu :

### **1) Organik Biodegradable**

Materi biodegradable mengandung organik yang dapat digunakan sebagai makanan bagi mikroorganisme yang hidup di alam dalam waktu yang singkat. Dalam bentuk terlarut, materi ini mengandung zat tepung, lemak, protein, alkohol, asam, aldehyd, dan ester. Materi ini dapat menyebabkan masalah warna, rasa, bau, serta merupakan efek kedua yang dihasilkan dari aktivitas mikroorganisme pada substansi-substansi tersebut. Penggunaan organik terlarut oleh mikroba dapat terjadi melalui proses oksidasi dan reduksi. Kondisi aerob merupakan hasil akhir dekomposisi organik oleh mikroba yang bersifat stabil dan merupakan senyawa yang masih dapat diterima. Proses anaerob menghasilkan produk yang tidak stabil dan tidak dapat diterima.

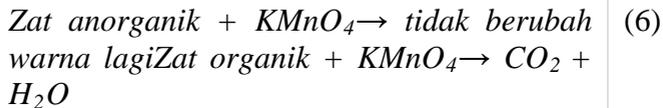
### **2) Organik Non Biodegradable**

Beberapa materi organik resisten dari degradasi biologis. Asam tannin, lignin, selulosa, dan fenol biasa ditemukan pada sistem air alami. Molekul dengan ikatan yang kuat dan struktur cincin merupakan esensi non biodegradable. Sebagai contoh senyawa detergen alkylbenzenesulfonate (ABS), dimana dengan adanya cincin benzene, senyawa tersebut tidak dapat terbiodegradasi. Sebagai

surfaktan, ABS menyebabkan busa pada IPAL dan meningkatkan kekeruhan.

Beberapa organik yang non biodegradable bersifat toksik bagi organisme. Hal ini ditemukan pada pestisida organik, beberapa industri kimia, dan campuran hidrokarbon yang berkombinasi dengan klorin. Sebagian besar pestisida bersifat toksik kumulatif dan menyebabkan beberapa masalah pada rantai makanan yang lebih tinggi.

Penetapan materi organik dapat dilakukan dengan metode Titrasi Permanganometri, yang dapat dituliskan dalam persamaan reaksi (6).



Pada penetapan zat organik dengan metode Titrasi Permanganometri, digunakan  $\text{KMnO}_4$  untuk membedakan antara zat organik dan zat anorganik.  $\text{KMnO}_4$  dapat mengoksidasi zat-zat anorganik jauh lebih cepat daripada zat organik, selain itu proses reduksi zat organik oleh  $\text{KMnO}_4$  memerlukan temperatur yang lebih tinggi.

Penetapan zat organik hanya dapat dilakukan setelah seluruh reduktor ( $\text{KMnO}_4$ ) telah habis bereaksi dengan zat anorganik. Zat organik dioksidasi oleh  $\text{KMnO}_4$  berlebih dalam suasana asam dan panas. Kelebihan  $\text{KMnO}_4$  akan direduksi oleh asam oksalat berlebih dan kelebihan asam oksalat akan dititrasi kembali oleh  $\text{KMnO}_4$ . Kandungan materi organik

dalam air dapat dijadikan indikator pencemar bila konsentrasinya cukup tinggi, karena zat organik dapat diuraikan secara alami oleh bakteri sehingga kadar DO menurun.

**f. Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)**

Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) adalah komponen normal dalam semua air alami dan merupakan gas yang mudah larut dalam air. Air permukaan pada umumnya mengandung < 10 mg CO<sub>2</sub> bebas/liter, namun beberapa air tanah mengandung lebih banyak lagi. Tidak semua CO<sub>2</sub> bersifat agresif.

CO<sub>2</sub> dapat berasal dari beberapa sumber, antara lain :

- Masuknya CO<sub>2</sub> melalui air permukaan oleh absorpsi dari atmosfer. Hal ini hanya terjadi ketika konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam air lebih kecil daripada konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam atmosfer dan mengikuti Hukum Henry, yang berbunyi "Antara konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara dengan CO<sub>2</sub> terlarut dalam air akan terjadi kesetimbangan (CO<sub>2</sub> atm ↔ CO<sub>2</sub> terlarut)."
- Proses oksidasi biologi materi organik. Hal ini terutama terjadi pada air tercemar. Oksidasi bakteri tersebut mengeluarkan CO<sub>2</sub> sebagai hasil akhir, baik aerob maupun anaerob.
- Aktivitas fotosintesis yang dibatasi. Hal ini terjadi apabila konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam air lebih besar daripada konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer.
- Perkolasi air ke dalam tanah. Air tanah mengandung 30 – 50 mg/l CO<sub>2</sub>. Hal ini disebabkan air mengalami perkolasi dalam tanah yang tidak mengandung cukup kalsium/magnesium karbonat

untuk menetralkan  $\text{CO}_2$  melalui pembentukan bikarbonat.

- Spesies karbon, misal  $\text{CaCO}_3$  (kapur).
- Proses dekomposisi materi organik.

Air yang banyak mengandung  $\text{CO}_2$  akan bersifat korosif karena dapat melarutkan logam yang terdapat pada pipa penyaluran air sehingga dapat terjadi korosi pada pipa distribusi air minum. Korosi disebabkan air mempunyai pH rendah, yang disebabkan adanya kandungan  $\text{CO}_2$  agresif yang tinggi.

Salah satu metode penentuan  $\text{CO}_2$  agresif yang dapat dilakukan yaitu metode titrasi. Metode ini dapat dilakukan baik secara potensiometri maupun dengan indikator. Beberapa hal yang menyebabkan pentingnya pemeriksaan  $\text{CO}_2$  di dalam air sebagai berikut :

- Merupakan karakteristik kualitas air yang penting, yaitu kemampuan untuk mempertahankan keseimbangan pH (buffer capacity).
- Berhubungan dengan proses pelunakan, koagulasi, dan netralisasi.
- Berhubungan dengan masalah korosi dan kesadahan dalam air.

Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk menghilangkan  $\text{CO}_2$  agresif dalam air antara lain :

- Aerasi. Metode ini dilakukan dengan cara mengeluarkan  $\text{CO}_2$  dalam air dengan memasukkan  $\text{O}_2$  agar  $\text{CO}_2$  yang ada dalam air kembali ke atmosfer.

- Penambahan zat kimia yaitu kapur (CaO) dan batu marmer (CaCO<sub>3</sub>) untuk menaikkan pH air sampai 8,3.

g. Klorida

Ber macam-macam zat kimia seperti ozon (O<sub>3</sub>), klor (Cl<sub>2</sub>), klordioksida (ClO<sub>2</sub>), dan proses fisik seperti penyinaran dengan UV dan pemanasan digunakan untuk desinfeksi air. Dari berbagai macam zat, klor merupakan zat kimia yang sering digunakan karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya (residu klor). Selain membasmi bakteri dan mikroorganisme seperti amoeba dan ganggang, klor dapat mengoksidasi ion-ion logam seperti Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup> menjadi Fe<sup>3+</sup> dan Mn<sup>4+</sup> serta memecah molekul organik seperti warna. Selama proses tersebut, klor direduksi menjadi klorida (Cl<sup>-</sup>) yang tidak mempunyai daya desinfeksi.

Klor berasal dari gas klor (Cl<sub>2</sub>), NaOCl, Ca(OCl)<sub>2</sub> (kaporit), atau larutan HOCl (asam hipoklorik). Breakpoint chlorination (klorinasi titik retak) merupakan jumlah klor yang dibutuhkan sehingga semua zat yang dioksidasi dapat teroksidasi, amoniak hilang sebagai N<sub>2</sub>, serta masih ada residu klor aktif terlarut yang konsentrasinya dianggap perlu untuk pembasmian kuman-kuman. Klorin digunakan dalam bentuk klorin bebas atau hipoklorit.

Klorindioksida merupakan agen desinfeksi yang efektif, terutama untuk air yang mempunyai pH tinggi. Selain itu, senyawa ini sangat efektif untuk

memecah fenol. Klorindioksida merupakan gas yang tidak stabil dan dihasilkan dari penggabungan senyawa sodium klorit dengan klorin kuat. Desinfeksi dengan ozon merupakan salah satu desinfektan kuat lainnya. Ozon lebih efektif bila konsentrasi air rendah.

Gas klor merupakan oksidan yang kuat sehingga bersifat racun bagi manusia. Pada konsentrasi rendah, klorin membunuh mikroorganisme dengan memasuki sel dan bereaksi dengan enzim serta protoplasma. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, oksidasi dinding sel akan memusnahkan organisme tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi hal ini antara lain bentuk klor, pH, konsentrasi, waktu kontak, tipe organisme, dan temperatur.

Dampak penambahan klorin bagi kesehatan secara langsung sebenarnya tidak ada, tetapi penambahan klorin berlebih menyebabkan air menjadi payau. Fungsi lain dari klorin adalah sebagai tracer, detektor kontaminasi pada air tanah, kontrol pemompaan air tanah pada lokasi dimana ada intrusi air laut.

#### **h. Alkalinitas**

Alkalinitas adalah kapasitas air untuk menetralkan tambahan asam tanpa menurunkan pH larutan atau dikenal dengan sebutan acid-neutralizing capacity (ANC) atau kuantitas anion di dalam air yang dapat menetralkan kation hidrogen. Alkalinitas merupakan hasil reaksi terpisah dalam larutan dan merupakan analisa makro yang menggabungkan beberapa reaksi. Alkalinitas merupakan kemampuan

air untuk mengikat ion positif hingga mencapai pH 4,5.

Alkalinitas dalam air disebabkan oleh ion-ion karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), hidroksida ( $\text{OH}^-$ ), borat ( $\text{BO}_3^{2-}$ ), fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), silikat ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ), ammonia, asam organik, garam yang terbentuk dari asam organik yang resisten terhadap oksidasi biologis. Dalam air alami, alkalinitas sebagian besar disebabkan adanya bikarbonat, karbonat, dan hidroksida. Pada keadaan tertentu, keberadaan ganggang dan lumut dalam air menyebabkan turunnya kadar  $\text{CO}_2$  dan  $\text{HCO}_3^-$  sehingga kadar  $\text{CO}_3^{2-}$  dan  $\text{OH}^-$  naik dan pH larutan menjadi naik.. Kelarutan kalsium karbonat menurun dengan meningkatnya suhu dan meningkat dengan keberadaan karbondioksida. Kalsium karbonat bereaksi dengan karbondioksida membentuk kalsium bikarbonat [ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ] yang memiliki daya larut lebih tinggi dibandingkan dengan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) (Cole, 1983 dalam Effendi 2003).

Akumulasi hidroksida menyebabkan perairan yang banyak ditumbuhi algae memiliki nilai pH yang tinggi, sekitar 9 – 10. Nilai alkalinitas sangat dipengaruhi oleh pH. Dengan kata lain, alkalinitas berperan sebagai sistem penyangga (buffer) agar perubahan pH tidak terlalu besar.

Alkalinitas ditetapkan melalui titrasi asam basa. Asam kuat seperti asam sulfat dan asam klorida dapat menetralkan zat-zat alkalinitas yang bersifat basa sampai titik akhir titrasi (titik ekuivalensi) kira-kira

pada pH 8,3 dan 4,5. Titik akhir ini dapat ditentukan oleh jenis indikator yang dipilih dan perubahan nilai pH pada pHmeter waktu titrasi asam basa. Reaksi yang terjadi ditunjukkan dalam persamaan reaksi (7) sampai (9).

$\text{OH}^- + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{H}_2\text{O}$	(pH = 8,3)	(7)
$\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{HCO}_3^-$	(pH = 8,3)	(8)
$\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	(pH = 4,5)	(9)

Air ledeng memerlukan ion alkalinitas dalam konsentrasi tertentu. Jika kadar alkalinitas terlalu tinggi dibandingkan kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ , air menjadi agresif dan menyebabkan karat pada pipa. Alkalinitas yang rendah dan tidak seimbang dengan kesadahan dapat menyebabkan timbulnya kerak  $\text{CaCO}_3$  pada dinding pipa yang memperkecil diameter/penampang basah pipa.

Satuan alkalinitas dinyatakan dengan mg/liter kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) atau mili-ekuivalen/liter. Selain bergantung pada pH, alkalinitas juga dipengaruhi oleh komposisi mineral, suhu, dan kekuatan ion. Nilai alkalinitas perairan alami hampir tidak pernah melebihi 500 mg/liter  $\text{CaCO}_3$ . Perairan dengan nilai alkalinitas yang terlalu tinggi tidak terlalu disukai oleh organisme akuatik karena biasanya diikuti dengan nilai kesadahan yang tinggi atau kadar garam natrium yang tinggi.

Nilai alkalinitas berkaitan erat dengan korosivitas logam dan dapat menimbulkan permasalahan pada kesehatan manusia, terutama yang berhubungan dengan iritasi pada sistem pencernaan (gastro intestinal). Nilai alkalinitas yang baik berkisar antara 30 – 500 mg/liter  $\text{CaCO}_3$ . Perairan dengan nilai alkalinitas  $> 40$  mg/liter  $\text{CaCO}_3$  disebut perairan sadah (hard water), sedangkan perairan dengan nilai alkalinitas  $< 40$  mg/liter disebut perairan lunak (soft water). Untuk kepentingan pengolahan air, sebaiknya nilai alkalinitas tidak terlalu bervariasi

Alkalinitas berperan dalam pelunakan air (water softening). Alkalinitas adalah parameter kualitas air yang harus dipertimbangkan dalam menentukan jumlah soda abu dan kapur yang diperlukan dalam proses pelunakan (softening) dengan metode presipitasi yang bertujuan untuk menurunkan kesadahan. Perubahan pH yang terjadi pada perairan yang memiliki nilai alkalinitas rendah cukup besar, sedangkan perubahan pH yang terjadi pada perairan yang memiliki nilai alkalinitas sedang relatif rendah. Hal ini menunjukkan bahwa alkalinitas yang lebih tinggi memiliki sistem penyangga yang lebih baik. Alkalinitas biasanya dinyatakan sebagai :

1) Alkalinitas phenophtalein

Alkalinitas phenophtalein dapat diketahui dengan titrasi asam sampai mencapai pH dimana  $\text{HCO}_3^-$  merupakan spesies karbonat dominan (pH = 8,3).

## 2) Alkalinitas total

Alkalinitas total dapat diketahui dengan titrasi asam untuk mencapai titik akhir metil orange (pH = 4,5) dimana spesies karbonat dan bikarbonat telah dikonversi menjadi CO<sub>2</sub>.

Alkalinitas pada air memberikan sedikit masalah kesehatan. Alkalinitas yang tinggi menyebabkan rasa air yang tidak enak (pahit). Pengukuran asiditas-alkalinitas harus dilakukan sesegera mungkin dan biasanya dilakukan di tempat pengambilan contoh. Batas waktu yang dianjurkan adalah 14 hari.

## 3. Parameter Biologi

Pemeriksaan air secara biologis sangat penting untuk mengetahui keberadaan mikroorganisme yang terdapat dalam air. Berbagai jenis bakteri patogen dapat ditemukan dalam sistem penyediaan air bersih, walaupun dalam konsentrasi yang rendah. Analisa mikrobiologi untuk bakteri-bakteri tersebut dilakukan berdasarkan organisme petunjuk (indicator organism). Bakteri-bakteri ini menunjukkan adanya pencemaran oleh tinja manusia dan hewan berdarah panas lainnya, serta mudah dideteksi. Bila organisme petunjuk ini ditemui dalam contoh air, berarti air tersebut tercemar oleh bakteri tinja serta ada kemungkinan mengandung bakteri patogen. Bila contoh air tidak mengandung organisme petunjuk berarti tidak ada

pencemaran oleh tinja dan air tidak mengandung bakteri patogen.

Tes dengan organisme petunjuk merupakan cara yang paling mudah untuk menentukan pencemaran air oleh bakteri patogen dan dapat dilakukan secara rutin.

### 1) **Coliform**

*Coliform* termasuk dalam keluarga *Enterobacteriaceae* dan genus *Escherichia* dengan karakteristik bakteri yang mempunyai bentuk batang, gram negatif, sangat motil, tidak berspora, dan bersifat aerobik fakultatif dengan memanfaatkan oksigen pada kondisi aerob dan melakukan fermentasi pada kondisi anaerob.

### 2) ***Escheria coli***

*Escheria Coli* dengan nama aslinya *Bacterium coli*, diidentifikasi pertama kali pada tahun 1885 oleh seorang dokter anak dari Jerman, Theodor Escherich. *E.coliter* distribusi sebagian besar pada usus besar manusia dan hewan berdarah panas serta merupakan bakteri fakultatif anaerob yang sangat dominan pada usus besar. Bakteri ini digunakan sebagai indikator dalam menganalisa bakteri fecal coliform dalam air karena mampu bertahan hidup di luar sistem pencernaan. Kehadiran bakteri ini di dalam air tidak berbahaya, tetapi menandakan keberadaan bakteri patogen lain. Terdapat beberapa strain dari *E.coli* yang jika masuk ke sistem pencernaan akan mengakibatkan penyakit perut seperti diare.

### 3) *Enterobacter aerogenes*

*Enterobacter aerogenes* merupakan salah satu *coliform* yang bersifat *non-fecal coliform*. Bakteri ini berasal dari tanah dan beberapa sumber selain dari saluran pencernaan mamalia dan hewan berdarah panas. Karakteristik fermentasi daribakteri ini yang membedakan dengan *E.coli* adalah kemampuannya untuk merubah piruvat menjadi asetonin dan 2,3-butanediol serta tidak mampu membentuk Succinate. Walaupun termasuk dalam golongan *fecal coliform*, *E.coli* tidak selalu bersifat patogen. Salah satu strain *E.coli* yang berbahaya adalah *E. coli* O157:H7. *E.coli* jenis ini menghasilkan racun berbahaya jika hidup dan berkembang biak pada makanan. Jika makanan tidak dimasak secara benar maka racun dari jenis *E.coli* ini akan mengakibatkan timbulnya gangguan pencernaan yang cukup berbahaya seperti diare hingga berak darah yang akan menyebabkan kematian jika tidak ditangani secepatnya. *Fecal coliform* tidak dapat digunakan sebagai indikator adanya pencemaran oleh bakteri fecal, yang dapat digunakan sebagai indikator pencemaran oleh bakteri fecal hanyalah *E.coli*.

#### **Metode Analisa**

Analisa coliform merupakan tes untuk mendeteksi keberadaan dan memperkirakan jumlah bakteri coliform dalam air yang diteliti. Terdapat 3 metoda yang dapat digunakan dalam menganalisa coliform yaitu *Standard Plate Count* (SPC), metoda

tabung fermentasi atau sering disebut *Most Probable Number* (MPN), dan metode penyaringan dengan membran.

Prinsip analisa SPC dan penyaringan dengan membran adalah berdasarkan sifat bakteri yang berkembang biak dalam waktu 24 sampai 72 jam pada suhu tertentu dan dalam suasana yang cocok yaitu pada media yang terdiri dari agar-agar (dari bahan yang netral) yang mengandung beberapa jenis zat kimia yang merupakan gizi bagi bakteri tertentu serta dapat mengatur nilai pH.

Prinsip Analisa MPN hampir sama dengan prinsip analisa SPC, tetapi bakteri tidak berkembang pada media agar-agar, melainkan dalam media tersuspensi pada kaldu (broth) yang mengandung gizi untuk pertumbuhannya. Bakteri-bakteri tersebut dapat dideteksi karena mampu memfermentasikan laktosa yang kemudian menghasilkan gas serta menyebabkan terjadinya perubahan pH.

Metoda SPC digunakan untuk tes bakteri total , sedangkan metoda penyaringan dengan membran dan MPN lebih cocok untuk untuk analisa total coliform dan fecal coliform. Analisa total coliform dan fecal coliform menggunakan metoda penyaringan dengan membran lebih baik dibandingkan dengan metode MPN karena beberapa hal sebagai berikut :

- Hanya membutuhkan satu kali analisa sedangkan metoda MPN membutuhkan 2 – 3 kali analisa.
- Waktu inkubasi lebih cepat.

- Hasil analisisnya memberikan angka konsentrasi dengan ketelitian yang cukup tinggi sedangkan metoda MPN hanya memberikan angka konsentrasi secara statistik yang paling memungkinkan.

Walaupun mempunyai kekurangan dibandingkan metoda penyaringan dengan membran, pada banyak sumber literatur dan daftar analisa baku metoda MPN masih banyak digunakan.

Gangguan yang dapat menyebabkan ketidakakuratan hasil analisa coliform dalam air minum adalah adanya konsentrasi sisa klor dalam air. Klor dapat membunuh bakteri sehingga dapat mengganggu analisa coliform.

Jumlah Perkiraan Terdekat (JPT) bakteri Coliform/100 cc air digunakan sebagai indikator kelompok mikrobiologis. Suatu bakteri dapat dijadikan indikator bagi kelompok lain yang patogen didasarkan atas beberapa hal sebagai berikut :

- Bakteri tersebut harus tidak patogen.
- Harus berada di air apabila kuman patogen juga ada atau mungkin sekali ada, dan terdapat dalam jumlah yang jauh lebih besar.
- Jumlah kuman indikator harus dapat dikorelasikan dengan probabilitas adanya kuman patogen.
- Mudah dan cepat dapat dikenali dengan cara laboratoris yang murah.
- Harus dapat dikuantifikasi dalam tes laboratoris.
- Tidak berkembang biak apabila kuman patogen tidak berkembang biak.

- Dapat bertahan lebih lama daripada kuman patogen di dalam dingkungan yang tdk menguntungkan.

Untuk mencegah kontaminasi pada contoh air, dilakukan sterilisasi terhadap semua peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan Coliform. Beberapa cara sterilisasi adalah sebagai berikut :

### 1) Autoclave

Sterilisasi terjadi setelah suhu mencapai 120 oC atau tekanan uap mencapai 1,2 kg/cm<sup>2</sup> selama 20 menit. Sebelum dimasukkan, benda-benda yang akan disterilisasi dibungkus dengan kertas koran atau kertas kraft sulfat yang berwarna coklat. Cara meletakkan benda-benda dalam autoklave harus diatur sehingga semua permukaan dan ujung yang akan disterilisasikan tercapai oleh suhu dan tutup harus dilepaskan dari botol yang akan disterilisasikan, namun air kondensasi tidak boleh tertinggal di dalam botol, gelas, atau beker.

### 2) Oven

Bakteri dapat dibasmi oleh panas dalam oven. Efisiensi akan tercapai dengan baik setelah suhu mencapai 150 oC dalam waktu 8 jam.

Metoda *Most Probable Number* merupakan metoda statistik untuk mengetahui kandungan Coliform pada air dengan melalui beberapa tahap pengujian yaitu :

#### a) Uji penduga (*presumptive test*)

Dalam uji ini, 3 tabung medium kaldu laktosa diinokulasi dengan 0,1 ml contoh air, 3 tabung medium kaldu laktosa diinokulasi dengan 1 ml

contoh air, dan 3 tabung medium kaldu laktosa ganda diinokulasi dengan 10 ml contoh air. Setelah itu, semua biakan diinkubasi selama 1-3 hari pada suhu 37 oC, kemudian ditentukan tabung yang menandakan reaksi positif atas keberadaan coliform. Reaksi positif coliform ditandai dengan difermentasinya laktosa sehingga terjadi perubahan warna dari ungu menjadi kuning dan juga ditandai dengan dihasilkannya gas CO<sub>2</sub>.

b) Uji ketetapan (*confirmed test*)

Uji ketetapan dilakukan untuk memperoleh hasil yang lebih pasti dari uji penduga bahwa bakteri yang ada memang merupakan bakteri coliform. Reaksi positif dari keberadaan coliform ditunjukkan dengan adanya pembentukan gas pada tabung durham. Untuk penghitungan jumlah fecal coliform, suspensi tabung reaksi positif pada uji penduga diinokulasikan pada tabung berisi medium EC kemudian diinkubasi pada suhu 44,5 oC selama 2 hari. Reaksi positif keberadaan fecal coliform ditunjukkan dengan keruhnya medium EC dan juga adanya pembentukan gas pada tabung durham.

c) Uji kelengkapan (*completed test*)

Tes ini dilakukan untuk menghitung jumlah E.coli yang ada dengan cara menggoreskan (streak plate) suspensi yang menunjukkan reaksi positif pada uji ketetapan pada medium EMB

Agar kemudian diinokulasikan selama 18-24 jam pada suhu 37 oC. Pewarnaan gram dilakukan pada koloni yang dicurigai merupakan E.coli (koloni berwarna gelap dan rata dengan atau tanpa kilatan metalik). Reaksi positif keberadaan bakteri E.coli ditunjukkan dengan :

- Fermentasi laktosa dengan pembentukan gas selama 2 hari (suhu 35 oC).
- Tampil sebagai bakteri gram negatif berbentuk batang bulat, berwarna metah muda, dan tidak membentuk spora.

Jumlah total bakteri dapat dihitung menggunakan tabel MPN. Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah bakteri adalah sebagai berikut :

### **Jumlah total coliform**

Pembacaan pada tabel MPN berdasarkan jumlah reaksi positif pada uji ketetapan. Perhitungan jumlah total *coliform* dilakukan menggunakan persamaan (10).

$\text{Jumlah total coliform} = \text{Angka pada table} \times \text{rasio pengenceran}$	(10)
--	------

### **Jumlah fecal coliform**

Pembacaan pada tabel MPN berdasarkan jumlah reaksi positif pada medium EC (pada uji ketetapan) Perhitungan jumlah *fecal coliform*

dilakukan dengan menggunakan persamaan (11).

$\text{Jumlah fecal coliform} = \text{Angka pada table} \times \text{rasio pengenceran}$	(11)
--	------

**Jumlah bakteri *E.coli***

Pembacaan pada tabel MPN dilakukan berdasarkan jumlah reaksi positif pada uji kelengkapan. Perhitungan jumlah bakteri *E. coli* dilakukan menggunakan persamaan (12).

$\text{Jumlah E.coli} = \text{Angka pada table} \times \text{rasio pengenceran}$	(12)
--	------

**Ringkasan:**

Analisis kualitas air adalah suatu kajian terhadap ukuran kondisi air dilihat dari karakteristik fisik, kimia dan biologisnya. Metode pengambilan sampel/ccontoh air yang umum digunakan dalam keperluan monitoring pencemaran air. Metode dan teknik analisa kualitas air terdiri atas parameter fisik, parameter kimia dan biologi. Parameter fisik meliputi bau, jumlah Zat Padat Terlarut, Kekeruhan, rasa, suhu, warna dan daya hantar listrik. Parameter kimia meliputi besi, kesadahan, Klorida (Cl), pH, zat organik, dan alkalinitas. Parameter biologi meliputi *coliform*, *escheria coli*, dan *Enterobacter aerogene*

## LATIHAN SOAL

1. Analisis kualitas air adalah ....
  - a. suatu kajian tentang pengambilan sampel yang representatif
  - b. suatu kajian terhadap ukuran kondisi air dilihat dari karakteristik fisik, kimiawi, dan biologisnya
  - c. suatu ukuran kondisi air relatif terhadap kebutuhan biota air dan manusia
  - d. jawaban b dan c benar semua
2. Parameter kualitas air berdasarkan fisiknya ...
  - a. *masking parameter*
  - b. *controlling parameter*
  - c. *limitting parameter*
  - d. suhu, kecerahan dan turbiditas, padatan dan warna
3. Air permukaan yaitu ...
  - a. air dari akuifer yang hanya sebagian terisi air
  - b. air yang terletak ada suatu dasar yang kedap air
  - c. air dari akuifer yang sepenuhnya jenuh air dengan dasar dibatasi oleh lapisan kedap air
  - d. air yang terdiri dari air sungai, air danau, air waduk, air saluran, mata air, air rawa, dan air gua/air karst
4. Alat pengambil sampel air dari lingkungan harus memenuhi persyaratan yaitu :
  - a. Kapasitas alatnya sesuai kemauan peneliti
  - b. Terbuat dari bahan yang sama dengan sampel
  - c. Sampel mudah dipindahkan ke dalam botol penampungan tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya
  - d. Sulit untuk dicuci dari bekas sampel sebelumnya
5. Urutan pelaksanaan pengambilan contoh kualitas air yang benar adalah sebagai berikut

- a. menentukan titik pengambilan sampel, lokasi pengambilan sampel, pengawetan sampel
  - b. menentukan lokasi pengambilan sampel, titik pengambilan sampel, pengawetan sampel, pengujian laboratorium
  - c. menentukan lokasi pengambilan sampel, titik pengambilan sampel, pengujian laboratorium, pengawetan sampel
  - d. pemeriksaan kualitas air di lapangan, pengambilan sampel, pengangkutan ke laboratorium
6. Metode pengujian *fenantroline* dapat digunakan untuk mengukur kandungan.... dalam air berdasarkan kemampuan 1,10-phenantroline untuk membentuk ion kompleks setelah berikatan dengan bahan kimia tersebut.
- a. Mg
  - b. Mn
  - c. Sr
  - d. Fe
7. Nilai kesadahan di perairan dapat diklasifikasikan dalam kategori sadah (*Hard*), jika kesadahan sebesar .....
- a. < 50 mg/l  $\text{CaCO}_3$
  - b. 150-300 mg/l  $\text{CaCO}_3$
  - c. 50-150 mg/l  $\text{CaCO}_3$
  - d. > 300 mg/l  $\text{CaCO}_3$
8. Penentuan jumlah klorin di perairan diperlukan dalam proses pengolahan air baku. Salah satu penerapan klorin dalam aktivitas sehari-hari yaitu yaitu
- a. Air PDAM untuk kebutuhan air bersih dan air minum warga
  - b. Air Sungai untuk kebutuhan irigasi
  - c. Air Waduk untuk kebutuhan budidaya
  - d. Air Laut untuk kebutuhan budidaya

9. Pemeriksaan air secara biologis sangat penting untuk mengetahui keberadaan mikroorganisme yang terdapat dalam air. Berbagai jenis bakteri patogen dapat ditemukan dalam sistem penyediaan air bersih, yang paling benar yaitu

....

- a. *Coliform, Escherichia Coli, dan Enterobacter aerogenes*
  - b. *Salmonella sp., Escherichia Coli, taenia saginata*
  - c. *Coliform, Staphylococcus, Salmonella sp.*
  - d. *Escherichia Coli, Mycobacterium sp., Sargassum sp.*
10. Prinsip analisa kualitas mikrobiologi dengan metode MPN (*Most Probable Number*)

yaitu...

- a. Bakteri tumbuh pada media agar-agar sebagai nutrisinya dan mampu menghasilkan gas
- b. Bakteri tumbuh pada media tersuspensi pada kaldu (broth) yang mengandung nutrisi sebab mampu memfermentasikan laktosa yang menghasilkan gas dan perubahan pH
- c. Analisa membutuhkan satu kali saja dan inkubasi bakteri lebih cepat
- d. Analisa ini menyebabkan bakteri total coliform dan fecal coliform sangat sulit terdeteksi, namun menghasilkan gas dan perubahan pH

## SOAL ESAY

1. Jelaskan parameter kualitas air menurut sifatnya !
2. Jelaskan perbedaan teknik pengambilan sampel air untuk kebutuhan uji kimia dan mikrobiologis !
3. Jelaskan prinsip dasar dalam penetapan kualitas air untuk parameter klorida dan zat organik dalam sampel air !

4. Jelaskan dampak kesehatan dan lingkungan akibat meningkatnya kualitas Fe, CO<sub>2</sub>, dan Kesadahan pada air tanah maupun pada air permukaan !

## REFERENSI

Alaerts, G., S.S. Santika. 1987. *Metode Penelitian Air*. Surabaya : Usaha Nasional.

Clair N. Sawyer, Perry L. McCarty. 1978. *Chemistry for Environmental Engineering (4th ed.)*. New York : McGraw-Hill.

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : PT.Kanisius.

Hadi, 2005. *Prinsip Pengelolaan dan Pengambilan Sampel Lingkungan*. PT. Gramedia Pustaka Utama

Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.

Lifepatch. 2014. Metode Pengambilan Sampel Air. (Online). [http://lifepatch.org/Metode\\_Pengambilan\\_Sampel\\_Air](http://lifepatch.org/Metode_Pengambilan_Sampel_Air). diakses tanggal 14 Desember 2017 Pukul 12.55 di Yogyakarta.

Mukono. 2006. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Airlangga University Press: Surabaya.

Pemerintah Republik Indonesia Tahun 2001 Tentang Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Sumantri, A., 2010. *Kesehatan Lingkungan Edisi Ketiga*. Jakarta : Penerbit Kencana.

SNI 6989.57:2008. Air dan Air Limbah – Bagian 57: Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. ICS 13.060.50 Badan Standardisasi Nasional.

## ANALISIS KUALITAS MAKANAN

### **Tujuan Pembelajaran :**

1. Mahasiswa dapat melakukan pengambilan sampel makanan secara aseptis
2. Mahasiswa dapat melakukan uji mikrobiologis sampel makanan
3. Mahasiswa dapat mengevaluasi kualitas mikrobiologis pada sampel makanan dibandingkan dengan aturan yang berlaku
4. Mahasiswa dapat menjelaskan dampak tingginya kontaminasi mikrobiologis dalam makanan terhadap kesehatan

### **Kompetensi Umum**

1. Menjelaskan cara pengambilan sampel makanan secara aseptis
2. Melakukan uji mikrobiologis pada sampel makanan dalam lingkup laboratorium
3. Melakukan evaluasi hasil uji mikrobiologi dengan aturan yang berlaku

### **A. Deskripsi Umum**

Menurut Depkes RI (2003), makanan jajanan adalah makanan dan minuman yang diolah oleh pengrajin makanan di tempat penjualan dan atau disajikan sebagai makanan siap santap untuk dijual bagi umum selain yang disajikan jasa boga, rumah makan/restoran, dan hotel. Peraturan Pemerintah RI No. 28 Tahun 2004 tentang keamanan, mutu dan gizi pangan pasal 9 menjelaskan bahwa cara produksi pangan siap saji yang baik harus memperhatikan aspek keamanan pangan dengan cara mencegah tercemarnya pangan siap saji oleh cemaran biologis yang mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan. Namun pada kenyataannya hanya sedikit yang mematuhi aturan-aturan tersebut dan biasanya hanya dilaksanakan oleh penjual makanan yang dikelola dengan baik (Supraptini,dkk, 2003).

Umumnya minuman jajanan relatif tinggi kandungan bakterinya yaitu rata-rata  $10^5$  CFU/ml (*colony forming unit*) dan di antaranya mengandung  $10^3$  coliform MPN/ml dan  $10^3$  faecal coliform MPN/ml. Tingginya kontaminasi tersebut menunjukkan penggunaan air yang tidak bersih dan tidak adanya perlakuan pemanasan sebelumnya (Winarno, 2003).

Bukti di lapangan menunjukkan bahwa bakteri patogen sering ditemukan pada makanan dan minuman yang dijual di lingkungan perkantoran maupun di pasar, diantaranya *Salmonella group E*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas sp*, *E. coli*, dan *Bacillus*. Tingkat kontaminasi bervariasi hingga mencapai 24 – 48 % (Pracoyo, 2006). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa bakteri patogen lebih sering ditemukan pada makanan atau minuman dengan bahan yang tidak dimasak dan beberapa jenis bakteri berkaitan erat dengan jenis makanan atau bahan makanan yang digunakan (Burnett, 2001). Sementara itu untuk makanan atau minuman yang telah dimasak, kontaminasi dapat berasal dari penjamah makanan, peralatan makan, sumber air bersih yang digunakan, dan kondisi lingkungan.

Kontaminasi bakteri patogen pada makanan dan minuman dapat menyebabkan berbagai macam penyakit diantaranya typhoid, diare, keracunan makanan dan lain sebagainya (Siagian, 2002). Penyakit-penyakit ini akan lebih mudah menjangkiti orang yang mengalami penurunan daya tahan tubuh karena faktor dari dalam (intrinsik) maupun dari luar (ekstrinsik). Oleh karena itu, untuk menjamin kesehatan dan keselamatan konsumen, harus dilakukan pemeriksaan laboratorium bakteriologi secara berkala (Lesmana, 2003).

## B. Pengambilan Sampel

Syarat kondisi sampel pangan layak uji yaitu sampel tidak busuk dan jumlah sampel mencukupi. Berikut adalah tahapan pengambilan sampel pangan (Direktorat Surveilan dan Penyuluhan Keamanan Pangan Deputi III-Badan POM RI., 2003) :

### 1. Persiapan peralatan

Semua peralatan pengambilan sampel pangan harus dalam kondisi steril. Peralatan yang digunakan dalam pengambilan sampel pangan adalah sebagai berikut:

- a. Sendok, spatula, dan pisau steril.
- b. Pengaduk steril.
- c. Swab steril.
- d. Pengait steril.
- e. Pipet steril.
- f. Scalper siap disterilkan dan scalper steril.
- g. Sarung tangan steril (sarung tangan *disposable* atau sekali pakai)
- h. Kantung plastik
- i. Wadah gelas atau botol bermulut lebar (dalam kondisi steril)
- j. Es batu
- k. Dunting steril dan gunding siap disterilkan.
- l. Media pengkaya steril.
- m. Larutan pengencer steril.
- n. Larutan buffer atau 0,1% larutan pepton atau 0,85% larutan garam fisiologis (kondisi steril)
- o. Wadah gelas kapasitas 200 ml steril berisi 20 mg Nattosulfat.
- p. Larutan pengencer steril
- q. Balok es kering
- r. Pellet es kering

- s. Lembaran es kering
- t. *Box* pendingin
- u. Absorban (misalnya silica gel)

Peralatan dan prasarana pendukung berupa sterilisasi peralatan untuk uji mutu mikrobiologi pangan. Persiapan peralatan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Disiapkan peralatan yang bersih dan siap untuk disterilkan
- b. Disediakan perangkat untuk sterilisasi kering (oven) dan sterilisasi basah, misalnya :
  - 1) Autoclave dengan energi listrik dan Autoclave dengan energi gas  
Sterilisasi dengan menggunakan autoclave khusus untuk peralatan gelas atau logam yang tahan panas seperti cawan petri, pipet, botol sampel, sterilisasi gelas untuk analisis, botol sampel, peralatan, media, dan pengencer yang steril harus selalu terjaga sterilitasnya,
  - 2) Alkohol dan lampu Bunsen  
Sterilisasi dengan menggunakan alkohol hanya dilakukan pada kondisi tertentu, misalnya beberapa peralatan kecil namun jumlahnya kurang mencukupi, misalnya sendok, pengaduk, pinset, scalpel. Semua pekerjaan harus dilakukan secara aseptis. Cara sterilisasi ini tidak boleh dilakukan terhadap peralatan utama untuk analisis mikrobiologi, misalnya cawan petri
  - 3) Panci perebus

## 2. Jenis sampel

Identifikasi jenis sampel pangan dibagi menjadi empat yaitu:

### a. Pangan siap santap

Prosedur pengambilan sampel makanan siap santap yaitu:

- 1) Ambil sampel dengan sendok/ spatula, atau jika perlu potong sampel dengan pisau steril sebanyak  $\pm 200$  g]
- 2) Masukkan sampel ke dalam kantung plastik atau wadah gelas bermulut lebar steril
- 3) Tutup rapat
- 4) Beri label

### b. Makanan Kaleng

- 1) Makanan kaleng yang masih tertutup, diambil dengan tidak membuka kemasannya.
- 2) Jika makanan kaleng sudah terbuka:
  - a) Usap bagian pinggir kaleng dengan alkohol
  - b) Ambil sampel secara aseptis
  - c) masukkan sampel ke dalam kantung plastik atau wadah gelas steril

### c. Bahan Pangan Mentah

#### 1) Metode 1 :

- a) Siapkan media pengkaya dan Bunsen
- b) Masukkan 50-100 g sampel ke dalam kantung plastik besar steril
- c) Tambahkan 100-300 ml media pengkaya ke dalam kantong plastik, kemudian kocok
- d) Keluarkan sampel dari kantung plastik, kelip kantung plastik tersebut, atau pindahkan isinya ke dalam wadah steril
- e) Beri label

#### 2) Metode 2 :

- a) Basahi swab steril dengan larutan buffer, larutan garam fisiologis atau 0.1% larutan pepton.
  - b) Oleskan swab tersebut pada permukaan sampel.
  - c) Bilas swab tersebut ke dalam media pengkaya.
  - d) Masukkan hasil bilasan tersebut ke dalam tabung / wadah gelas steril.
  - e) Tutup rapat tabung / wadah gelas.
  - f) Beri label
- 3) Metode 3 :
- a) Ambil sampel (daging, kulit, dll) sebanyak  $\pm 200$  gram dari beberapa bagian karkas
  - b) Atau : Ambil salah satu bagian karkas sebanyak  $\pm 200$  g
  - c) Masukkan ke dalam kantong plastik atau wadah gelas steril
  - d) Kelim kantong plastik atau tutup rapat wadah gelas
  - e) Beri label
- d. Bahan Makanan Kering, Tepung/Bubuk
- 1) Metode 1
- a) Ambilsampel $\pm 200$  g dengan sendok atau spatula steril
  - b) Masukkan sampel kedalam wadah steril
  - c) Tutup rapat kantong plastik
  - d) Berilabel
- 2) Metode 2 (Jika sampel dalam jumlah banyak)
- a) Siapkan alat seperti selongsong atau tabung berongga steril.
  - b) Masukkan alat tersebut ketumpukan sampel dalam wadah dan ambil sampelnya
  - c) Masukkan sampel kedalam wadah steril kedap udara atau kantong plastik

- d) Ulangi beberapakali pada beberapa bagian wadah secara acak hingga diperoleh  $\pm 200$  g sampel
  - e) Tutup rapat wadah gelas atau kelim kantung plastik
  - f) Berilabel
- e. Sampel Cair
- 1) Makanan cair atau minuman, sampel harus dikocok terlebih dahulu hingga homogen. Ada dua metode pengambilan sampel cair makanan atau minuman yaitu metode tuang dan metode pipet. Metode tuang dilakukan dengan cara:
    - a) Tuangkan sampel langsung dari wadahnya ( $\pm 200$  ml) kedalam kantung plastik atau wadah gelas bertutup
    - b) Ikat kantung plastik
 Metode pipet dilakukan dengan cara:
    - a) Siapkan pipet steril
    - b) Ambil pipet secara aseptis
    - c) Ambil sampel secara aseptis
    - d) Tuangkan sampel ke dalam wadah gelas atau kantung plastik
    - e) Ulangi kembali pengambilan sampel hingga diperoleh  $\pm 200$  ml sampel
    - f) Tutup rapat wadah atau kelim kantung plastik
    - g) Berilabel
  - 2) Minuman Kaleng
    - a) Basahi kapas dengan alkohol
    - b) Usapkan kapas beralkohol pada permukaan kaleng
    - c) Buka kaleng
    - d) Ambil sampel secara aseptis

- e) Masukkan sampel kedalam wadah gelas steril atau kantung plastik
  - f) Tutup rapat wadah gelas
  - g) Berilabel
- 3) Air sumur yang keluar melalui keran
- a) Buka keran
  - b) Biarkan air mengalir secara deras selama 10 menit
  - c) Tampung air dalam wadah gelas steril (volume air maks.  $\frac{3}{4}$  bagian wadah atau  $\pm 2.5$  cm dari tutup wadah)
  - d) Tutup rapat wadah gelas
  - e) Berilabel
- 4) Air PDAM :
- Jika air diklorinasi, maka klorin harus dinon-aktifkan (digunakan natrium tiosulfat) agar tidak bereaksi dengan mikroorganisme dalam sampel.
- Prosedur:
- a) Siapkan wadah gelas steril (kapasitas 200 ml, terdapat tandatera) yang berisi 20 mg natrium tiosulfat
  - b) Buka keran
  - c) Biarkan air mengalir secara deras selama 10 menit
  - d) Tampung air dalam wadah gelas steril (berisi Natisulfat) hingga tandatera, artinya volume airnya 200 ml
  - e) Tutup rapat wadah gelas
  - f) Kocok sebentar
  - g) Berilabel
- 5) Air dari Sumber Mata Air
- a) Biarkan air mengalir mengalir
  - b) Ambil wadah gelas steril bermulut lebar

- c) Letakkan wadah gelas dibawah aliran air
- d) Tampung air ke dalam wadah gelas (volume maksimal  $\frac{3}{4}$  bagian wadah atau  $\pm 2,5$  cm dari tutup wadah)
- e) Tutup rapat wadah gelas tersebut
- f) Beri label

### **C. Pengiriman Sampel**

Prosedur pengiriman sampel meliputi:

1. Persiapkan perlengkapan untuk pengiriman sampel seperti boks pendingin, es batu, dan es kering.
2. Perhatikan cara penanganan sampel
  - a. Es batu
    - 1) Masukkan es batu pada boks pendingin.
    - 2) Masukkan sampel kedalam boks pendingin
    - 3) Sebarkan es batu disekeliling sampel agar suhunya tetap dingin
    - 4) Tutup rapat.
  - b. Es kering
    - 1) Jangan masukkan es kering dalam wadah yang terbuat dari logam, gelas, plastik atau sejenisnya yang tertutup rapat dan tidak dapat dilewati udara karena dapat menimbulkan risiko yaitu berupa ledakkan.
    - 2) Jika menggunakan kemasan, maka harus diberi lubang secukupnya agar tekanan tidak berlebihan.
    - 3) Jika sampel dikemas dalam plastik, maka es kering harus dibungkus dengan kertas. Hal ini dilakukan agar mencegah kontak langsung dengan plastik sehingga plastik tidak rapuh atau pecah\

- c. Penanganan terhadap sampel beku
  - 1) Siapkan boks pendingin (sebaiknya yang sedikit berlubang untuk keluarnya gas CO<sub>2</sub>).
  - 2) Siapkan es kering, lalu masukkan kedalam boks pendingin
  - 3) Sebarkan eskering (usahakan es kering dibungkus kertas) disekeliling sampel agar kondisi sampel tetap beku
  - 4) Cantumkan keterangan “BERISI ES KERING” pada boks atau karton pengiriman
- d. Penanganan terhadap sampel kering/tepung/bubuk
  - 1) Siapkan wadah untuk bahan pangan kering
  - 2) Siapkan adsorben(dalam kantong kertas)
  - 3) Simpan sampel dalam boks suhu ruang(25-30°C)
  - 4) Letakkan adsorben (penyerap uap air, misalnya silica gel dalam kantong kertas) kedalam boks agar kondisi tetap kering
  - 5) Tutup rapat (Hindari penyimpanan sampel pada suhu diatas 45°C)
- 3. Tahapan Pengiriman Sampel
  - a. Isi formulir pengiriman sampel pangan
  - b. Segera antarkan sampel pangan ke laboratorium

Ringkasan :

Kontaminasi bakteri pathogen pada makanan dan minuman dapat menyebabkan berbagai macam penyakit seperti typhoid, diare, keracunan makanan dan lain sebagainya. Oleh karena itu, untuk menjamin kesehatan dan keselamatan konsumen, harus dilakukan pemeriksaan laboratorium

bakteriologik secara berkala. Syarat kondisi sampel pangan layak uji yaitu sampel tidak busuk dan jumlah sampel mencukupi. Tahapan pengambilan sampel pangan meliputi persiapan peralatan dan jenis sampel. Pada persiapan peralatan, disiapkan peralatan yang bersih dan siap untuk disterilkan, disediakan perangkat untuk sterilisasi kering (oven) dan sterilisasi basah misalnya autoclave, alcohol dan lampu bunsen serta panci perebus. Identifikasi sample pangan dibagi menjadi empat yaitu pangan siap santap, makanan kaleng, bahan pangan mentah, bahan makanan kering dan sampel cair. Prosedur pengiriman sampel meliputi persiapan perlengkapan, cara penanganan sampel dan tahapan pengiriman sampel.

### **SOAL ESAY**

1. Jelaskan tujuan pengambilan sampel makanan ?
2. Mengapa pengambilan sampel harus dilakukan secara septis? jelaskan tujuannya?
3. Sebutkan apa saja jenis-jenis mikrobiologis yang dapat mengkontaminasi makanan? Jelaskan juga sumber kontaminasinya?
4. Jelaskan dampak terhadap kesehatan apabila sampel makanan yang diperiksa melebihi aturan/baku mutu?
5. Bagaimana cara mencegah agar makanan tidak terkontaminasi mikroorganismenya?

## REFERENSI

Burnett SL & Beuchat LR. 2001. Food-Borne Pathogens Human Pathogens Associated With Raw Produce and Unpasteurized Juices, and Difficulties in Decontamination. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*. Vol 1. No.27. Hal 104-110

Departemen Kesehatan RI. 2003. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 942/MENKES/SK/VII/2003 Tentang Pedoman Persyaratan Higene Sanitasi Makanan Jajanan. Jakarta. Departemen Kesehatan RI.

Direktorat Surveilans dan Penyuluhan Keamanan Pangan Deputi III-Badan POM RI. 2003. Penanganan Sampel KLB Keracunan Pangan

Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor Hk.00.06.1.52.4011 PENETAPAN BATAS MAKSIMUM CEMARAN MIKROBA DAN KIMIA DALAM MAKANAN

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1096/Menkes/Per/Vi/2011 Tentang Higiene Sanitasi Jasaboga  
Lesmana M. 2003. *Enterobacteriaceae: Salmonella & Shigella*. Jakarta: FK Universitas Trisakti.

Pracoyo NE, Damayanti, Parwati D. 2006. *Analisis Mikrobiologik Beberapa Jenis Makanan Jajanan (Moko) di DKI Jakarta*. Jakarta : CDK.

Siagian A. Mikroba Patogen pada Makanan dan Sumber Pencemarannya. USU digital library.2002: 1-18.

Supraptini, dkk. 2003. *Penelitian Pengembangan Pola Kemitraan Dalam Peningkatan Sanitasi Pengelolaan Makanan Di Daerah Obyek Wisata Bali Tahun 2003*. Bali: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan.

## Lampiran 1 Jenis dan Batas Maksimal Cemaran Mikroba dalam Makanan

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
<b>Produk-produk susu dan analognya</b>			
1	Susu pasteurisasi ( <i>plain</i> atau berperisa)	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>4</sup> koloni/ml
		APM Koliform	10/ml *
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/ml
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 ml
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/ml
		<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25 ml
2	Susu steril dan susu UHT ( <i>plain</i> atau berperisa)	ALT (30°C, 72 jam) setelah inkubasi selama 15 hari	< 10 koloni/0,1 ml
3	Susu fermentasi (yogurt) ( <i>plain</i> atau berperisa)	APM Koliform	10/ml *
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 ml
		<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25 ml
4	Susu evaporasi dan susu skim evaporasi	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/ml
		APM Koliform	10/ml *
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 ml
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/ml
5	Susu kental manis dan susu skim kental manis ( <i>plain</i> atau berperisa)	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	10/g *
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif / 25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	2 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
6	Krim nabati bubuk	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	10/g *
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
7	Krim pasteurisasi	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	10 /g *
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25 g
8	Susu bubuk dan susu skim bubuk	ALT (30°C, 72 jam)	5 x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	10/g *

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
9	Bubuk buttermilk	ALT (30°C, 72 jam)	2x10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM Koliform	10/g *
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25g
10	Keju (semua jenis)	APM <i>Escherichia coli</i>	10 /g
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25 g
11	Es krim	ALT (30°C, 72 jam)	5 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	< 3/g *
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25 g
12	Tepung es krim	ALT (30°C, 72 jam)	5 x 10 <sup>4</sup> koloni /g
		APM Koliform	< 3/g *
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>1</sup> koloni/g
13	Puding matang, dingin dan beku	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3/g *
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif / 25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
14	Bubuk whey	APM Koliform	<3/g *
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25g
<b>Lemak, minyak dan emulsi minyak</b>			
15	Lemak roti	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM Koliform	10/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
16	Mentega	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/g
		Koliform	1x10 <sup>1</sup> koloni/g
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25g
17	Margarin	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM Koliform	10/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
<b>Es untuk dimakan (edible ice)</b>			
18	Es batu, es lilin, es berperisa	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	< 3/g
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25 g

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
<b>Buah dan sayur</b>			
19	Buah kering (kismis, sale pisang, mangga, dll)	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3/g
		kapang/khamir	5x10 <sup>1</sup> koloni/g
20	Manisan buah basah	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM Koliform	10 /g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /g
		Kapang dan khamir	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
21	Manisan buah kering	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM Koliform	10 /g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /g
		kapang	5x10 <sup>1</sup> koloni/g
22	Buah dalam kaleng	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		Koliform	<3 APM/g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/g
23	Jem, jeli buah dan marmalad	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3/g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Clostridium sp</i>	<1x10 <sup>1</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
24	Jeli agar	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3/g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
25	Santan cair, pasta kelapa, krim kelapa	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>6</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
26	Kelapa parut kering	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM Koliform	100/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		Kapang dan khamir	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
27	Nata dalam kemasan	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3 /g
		Kapang dan khamir	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
28	Lempok dan analognya yang berbasis buah	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	20 /g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	< 1x10 <sup>1</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	1x10 <sup>2</sup> koloni/g

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
29	Keripik berbasis buah	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang	5x10 <sup>1</sup> koloni/g
30	Sayuran beku	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>3</sup> koloni/g
		Koliform	5x10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		Kapang	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
31	Sayuran kering	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/g
		Koliform	5x10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	Negatif/25 g
		Kapang	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
32	Acar dan sayuran asin	APM Koliform	<3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
33	Sayuran dalam kaleng	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3/g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/g
		<i>Clostridium perfringens</i>	negatif/g
34	Keripik berbasis sayur, umbi-umbian dan kacang-kacangan (gadung, singkong, talas, kentang, ubi jalar, jamur)	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang	5x10 <sup>1</sup> koloni/g
35	Kue berbasis sayur, umbi-umbian dan kacang-kacangan (gadung, singkong, talas, kentang, ubi jalar, jamur)	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3 /g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
<b>Kembang gula/permen dan cokelat</b>			
36	Kakao bubuk, kakao massa	ALT (30°C, 72 jam)	3x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		Kapang dan khamir	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
37	Produk kakao dan cokelat	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		Kapang dan khamir	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
38	Kembang gula keras	ALT (30°C, 72 jam)	5 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM Koliform	20 /g
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
39	Kembang gula lunak bukan jeli	Kapang dan khamir	2 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		ALT (30°C, 72 jam)	5 x 10 <sup>2</sup> koloni/g

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
		APM Koliform	20/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	2 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
40	Kembang gula lunak jeli	ALT (30°C, 72 jam)	5 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	20/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	2 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
41	Kembang gula karet, kembang gula nirkula	ALT (30°C, 72 jam)	5 x 10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM Koliform	20/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	2 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
<b>Serealia dan produk serealia</b>			
42	Tepung tapioka, tepung hunkwee, tepung kacang hijau, tepung singkong, tepung sagu, tepung garut, tepung jagung, tepung gandum, tepung beras, tepung siap pakai untuk kue, tepung aren	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	10/ g
		<i>Bacillus cereus</i>	< 1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		Kapang	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
43	Tepung pisang	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	10 /g
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/ g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	2x10 <sup>2</sup> koloni/g
44	Sereal untuk sarapan tanpa susu	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		Kapang	5x10 <sup>1</sup> koloni/g
45	Susu sereal bubuk	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	100 /g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /g
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang	5x10 <sup>1</sup> koloni/g
46	Bihun, spagetti, mi kering, sohun, mi instan, makaroni, pasta kering produk akhir	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	10/ g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>3</sup> koloni/g

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
47	serealia yang masih perlu pengolahan lebih lanjut	<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		Kapang	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
47	Mi basah, pasta mentah	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>8</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	10 <sup>1</sup> /g
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		Kapang	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
48	Tepung bumbu	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>8</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	2x10 <sup>4</sup> koloni/g
49	Dodol, wingko, yangko berbasis tepung beras ketan dan wajik	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	20 /g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /g
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	10 koloni/g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	2x10 <sup>2</sup> koloni/g
50	Tauco	APM Koliform	10/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	negatif/g
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		Kapang	< 10 koloni /g
51	Produk olahan tempe	APM Koliform	10/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
52	Sari kedelai	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>4</sup> koloni/ml
		APM Koliform	20/ml
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /ml
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 ml
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/ml
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>3</sup> koloni/ml
		Kapang	5x10 <sup>1</sup> koloni/ml
53	Bakpia kacang hijau	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
<b>Produk bakeri</b>			
54	Roti dan produk bakeri tawar dan premiks (termasuk tepung panir)	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	10/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
55	Produk bakeri istimewa (manis, asin, gurih)	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	20 /g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
	Kapang dan khamir	2x10 <sup>2</sup> koloni/g	
<b>Daging dan produk daging</b>			
56	Dendeng sapi, daging asap yang diolah dengan panas	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
57	Produk daging kering (termasuk abon); kerupuk kulit, kerupuk paru, keripik usus ayam	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
58	Daging olahan dan daging ayam olahan (bakso, sosis, naget, burger)	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM Koliform	10/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Clostridium perfringens</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
59	Sosis masak (tidak dikalengkan, siap konsumsi)	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Clostridium perfringens</i>	10 koloni/g
		<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25g
60	Corned dalam kaleng, sosis dalam kaleng	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Clostridium perfringens</i>	negatif/g
<b>Ikan dan produk perikanan</b>			
61	Ikan, filet ikan dan produk perikanan meliputi moluska, krustase dan ekinodermata yang dibekukan	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Vibrio cholerae</i>	negatif/25 g
62	Ikan, filet ikan dan hasil perikanan termasuk moluska, krustase dan ekinodermata berlapis tepung yang dibekukan	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Vibrio cholerae</i>	negatif/25 g
63	Hancuran dan sari ikan termasuk moluska, krustase dan ekinodermata yang dibekukan	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Vibrio cholerae</i>	negatif/25 g

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
64	Ikan dan produk perikanan termasuk moluska, krustase dan ekinodermata yang dikukus atau rebus dan atau goreng	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
65	Ikan olahan yang diasap dengan atau tanpa garam	<i>Vibrio cholerae</i>	negatif/25g
		ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g
66	Ikan olahan yang dikeringkan dengan atau tanpa garam	<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		Kapang	<1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
67	Ikan olahan yang difermentasi dengan atau tanpa garam	<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Vibrio cholerae</i>	negatif/25g
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
68	Ikan dan produk perikanan awet, meliputi ikan dan produk perikanan yang dikalengkan atau difermentasi, termasuk moluska, krustase dan ekinodermata	<i>Vibrio cholerae</i>	negatif/25g
		ALT aerob termofilik (30°C, 72 jam)	<1x10 <sup>1</sup> koloni/g
		ALT anaerob (30°C, 72 jam)	<1x10 <sup>1</sup> koloni/g
		<i>Clostridium sp</i>	negatif/g
<b>Telur dan produk-produk telur</b>			
69	Telur cair, putih telur cair dan kuning telur cair (dengan pasteurisasi), telur beku, telur tepung/kering	ALT (30°C, 72 jam)	5x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	50/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
70	Telur asin	<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	<1x10 <sup>1</sup> koloni/g
71	Makanan pencuci mulut berbahan dasar telur (misalnya <i>custard</i> )	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	< 3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
<b>Pemanis, termasuk madu</b>			
72	Pemanis selain madu	ALT (30°C, 72 jam)	3x10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3 /g
		kapang dan khamir	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
73	Madu	ALT	<5x10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM Koliform	< 3 /g
		kapang dan khamir	<1x10 <sup>1</sup> koloni/g
<b>Garam, rempah, sup, saus, salad, produk protein</b>			
74	Herba dan rempah-rempah	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/g
		Koliform	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		<i>Clostridium perfringens</i>	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		Kapang dan khamir	2 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
75	Bumbu mi instan	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>6</sup> koloni/g
		Koliform	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		kapang/khamir	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
76	Kondimen dan bumbu lainnya	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		Koliform	1x 10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Clostridium perfringens</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
77	Mustard	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		Kapang	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
78	Sup dan kaldu dalam kaleng	ALT aerob (30°C, 72 jam)	<1x10 <sup>1</sup> koloni/g
		ALT anaerob (30°C, 72 jam)	<1x10 <sup>1</sup> koloni/g
		<i>Clostridium sp</i>	negatif/g
79	Sup instan bubuk (termasuk sup krim instan bubuk)	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM Koliform	20 /g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /g
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		<i>Clostridium perfringens</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
80	Bumbu rasa sapi, bumbu rasa ayam	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3/g
		Kapang dan khamir	2x10 <sup>2</sup> koloni/g
81	Saus teremulsi (misal: <i>mayonnaise, salad dressing</i> )	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	10/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
82	Sambal terasi	APM Koliform	<3/g
		Kapang	5x10 <sup>1</sup> koloni/g
83	Kecap kedelai, kecap ikan, kecap air kelapa, saus tiram	APM koliform	<3/g
		Kapang	5x10 <sup>1</sup> koloni/g
84	Saus tomat, saus cabe dan saus non emulsi lainnya	ALT (30°C, 72 jam)	1X 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	100/g

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		Kapang	5x10 <sup>1</sup> koloni/g
85	Produk oles untuk salad (misalnya salad makaroni, salad kentang) dan sandwich, tidak mencakup produk oles berbasis coklat dan kacang	APM Koliform	<3/g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	5x10 <sup>2</sup> koloni/g
86	Ragi	APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
<b>Makanan untuk keperluan gizi khusus</b>			
87	Formula bayi dan formula untuk keperluan medis khusus bagi bayi	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		<i>Enterobacteriaceae</i>	negatif/10 g <sup>1</sup>
		<i>Enterobacter sakazakii</i>	negatif/10 g <sup>1</sup>
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>1</sup> koloni/g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
88	Formula lanjutan	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3/g <sup>3</sup>
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>1</sup> koloni/g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
89	MP-ASI biskuit	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<20/g *
		APM <i>Escherichia coli</i>	negatif/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
90	MP-ASI siap masak	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/g
		APM Koliform	<1x10 <sup>2</sup> /g *
		APM <i>Escherichia coli</i>	negatif/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
91	MP-ASI siap santap	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM Koliform	< 3 /g *
		APM <i>Escherichia coli</i>	negatif/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/g
92	MP-ASI bubuk instan	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<20/g *

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
		APM <i>Escherichia coli</i>	negatif/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
93	Makanan diet khusus untuk keperluan kesehatan, termasuk untuk bayi dan anak-anak berbasis susu	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<3/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>1</sup> koloni/g
		<i>Bacillus cereus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
94	Makanan diet khusus untuk keperluan kesehatan, termasuk untuk bayi dan anak-anak berbentuk biskuit	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<20/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	negatif/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
95	Makanan diet khusus untuk keperluan kesehatan, termasuk untuk bayi dan anak-anak berbentuk siap masak	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM Koliform	<1x10 <sup>2</sup> /g
		APM <i>Escherichia coli</i>	negatif/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
96	Makanan diet khusus untuk keperluan kesehatan, termasuk untuk bayi dan anak-anak berbentuk siap santap	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		APM Koliform	< 3 /g
		APM <i>Escherichia coli</i>	negatif/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/g
97	Makanan diet khusus untuk keperluan kesehatan, termasuk untuk bayi dan anak-anak berbentuk bubuk instan	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>4</sup> koloni/g
		APM Koliform	<20/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	negatif/g
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
98	Pangan diet untuk pelangsing dan penurunan berat badan	ALT (30°C, 72 jam)	5 x10 <sup>4</sup> koloni /g
		APM Koliform	10 <sup>2</sup> /g
		<i>E. coli</i>	negatif
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif / 25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25g
99	Minuman khusus ibu hamil dan atau ibu menyusui berbentuk bubuk	ALT (30°C, 72 jam)	5 x10 <sup>4</sup> koloni /g
		APM Koliform	10 <sup>2</sup> /g
		<i>E. coli</i>	negatif
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif / 25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/g
		<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25g
100	Minuman khusus ibu hamil dan	ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>5</sup> koloni/ml

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
	atau ibu menyusui berbentuk cair (pasteurisasi)	APM Koliform	10/ml
		<i>E. coli</i>	negatif
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif /25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	1x10 <sup>2</sup> koloni/ml
		<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25 ml
101	Minuman khusus ibu hamil dan atau ibu menyusui berbentuk cair (steril atau UHT)	ALT (30°C, 72 jam)	0 koloni/ml
<b>Minuman, tidak termasuk produk susu</b>			
102	Air minum dalam kemasan	ALT awal (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>2</sup> koloni/ml
		ALT akhir (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>3</sup> koloni/ml
		APM Koliform	< 2/100 ml
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/100 ml
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	negatif/ml
103	Sari buah dan sari sayuran	ALT (30°C, 72 jam)	1x 10 <sup>4</sup> koloni/ml
		Koliform	2x10 <sup>1</sup> koloni /ml
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/ml
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 ml
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/ml
104	Minuman berkarbonat (air soda, limun dll)	Kapang dan khamir	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/ml
		ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>2</sup> koloni/ml
		Koliform	1 koloni/100 ml
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/100 ml
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif / ml
105	Minuman isotonik	Kapang dan khamir	1x10 <sup>2</sup> koloni/ml
		ALT (30°C, 72 jam)	1x10 <sup>2</sup> koloni/ml
		Koliform	1 koloni/100 ml
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/100 ml
		Kapang dan khamir	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/ml
106	Sirup	ALT (30°C, 72 jam)	5 x 10 <sup>2</sup> koloni/ml
		APM Koliform	20/ml
		APM <i>Escherichia coli</i>	< 3/ml
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25ml
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/ml
107	Serbuk minuman (berperisa atau tidak berperisa, tradisional, dll)	Kapang dan khamir	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/ml
		ALT (30°C, 72 jam)	3 x 10 <sup>3</sup> koloni/g
		APM Koliform	< 3/g
		Kapang dan khamir	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/g
108	Minuman squash	ALT (30°C, 72 jam)	4x10 <sup>2</sup> koloni/ml
		APM Koliform	20 /ml
		<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 ml
		Kapang dan khamir	1 x 10 <sup>2</sup> koloni/ml
109	Minuman tidak berkarbonat berperisa	ALT (30°C, 72 jam)	2x10 <sup>2</sup> koloni/ml
		APM Koliform	20/ml

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
		<i>Salmonella</i> sp	negatif/25 ml
		<i>Staphylococcus aureus</i>	0 koloni/ml
		<i>Vibrio</i> sp	negatif/ml
		Kapang dan Khamir	$1 \times 10^2$ koloni/ml
110	Teh kering dalam kemasan	ALT (30°C, 72 jam)	$3 \times 10^3$ koloni/g
		APM Koliform	< 3/g
		Kapang	$5 \times 10^2$ koloni/g
111	Teh celup	ALT (30°C, 72 jam)	$3 \times 10^2$ koloni/g
		Kapang	$5 \times 10^2$ koloni/g
112	Minuman teh dalam kemasan	ALT (30°C, 72 jam)	$1 \times 10^2$ koloni/ml
		APM Koliform	<2 /100 ml
		APM <i>Escherichia coli</i>	negatif/100 ml
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/100 ml
113	Kopi bubuk dalam kemasan	ALT (30°C, 72 jam)	$1 \times 10^2$ koloni/g
		Kapang	$1 \times 10^4$ koloni/g
114	Kopi celup, kopi instan	ALT (30°C, 72 jam)	< $3 \times 10^2$ koloni/g
		Kapang	$5 \times 10^1$ koloni/g
115	Kopi campur	ALT (30°C, 72 jam)	$5 \times 10^5$ koloni/g
		APM Koliform	20/g
		<i>Salmonella</i> sp	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	$1 \times 10^2$ koloni/25 g
		Kapang dan khamir	$1 \times 10^2$ koloni/g
116	Minuman kopi dalam kemasan	ALT (30°C, 72 jam)	$1 \times 10^2$ koloni/ml
		APM Koliform	<2 /100 ml
		<i>Clostridium perfringens</i>	negatif/100 ml
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/100 ml
117	Anggur, anggur buah	ALT (30°C, 72 jam)	$2 \times 10^2$ koloni/ml
		APM Koliform	20 /ml
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /ml
		<i>Salmonella</i> sp.	negatif/25 ml
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/ml
		Kapang dan khamir	$1 \times 10^2$ koloni/ml
<b>Makanan ringan siap santap</b>			
118	Makanan ringan ekstrudat	ALT (30°C, 72 jam)	$1 \times 10^4$ koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3/g
		<i>Salmonella</i> sp	negatif/25 g
		<i>Staphylococcus aureus</i>	$1 \times 10^2$ koloni/g
119	Kacang garing, kacang sukro, kacang bawang, kacang telur, kacang bali, kacang goyang	ALT (30°C, 72 jam)	$1 \times 10^1$ koloni/g
		APM <i>Escherichia coli</i>	<3 /g
		Kapang	$5 \times 10^2$ koloni/g
120	Makanan dan minuman	ALT (30°C, 72 jam)	<10 koloni/ 0,1 ml

No.	Jenis makanan	Jenis cemaran mikroba	Batas maksimum
	sterilisasi dalam kemasan secara aseptis		atau <10 koloni/ 0,1 g
121	Pangan olahan lainnya	ALT (30°C, 72 jam)	1 x 10 <sup>4</sup> koloni/g atau ml
		APM Koliform	<3/g atau / ml
		<i>Salmonella sp</i>	negatif/25 g atau negatif/25 ml
		<i>Staphylococcus aureus</i>	negatif/g atau negatif/ml

## Lampiran 2 Form Pengambilan/Pengiriman Sampel Makanan dan Specimen Jasa Boga

### CONTOH : FORM PENGAMBILAN/PENGIRIMAN SAMPEL MAKANAN DAN SPECIMEN JASABOGA

Nama Perusahaan : .....  
 Golongan : .....  
 Tanggal pengambilan : .....  
 Petugas yang mengambil : .....  
 Uraian contoh yang diambil : .....

No	Nama contoh / specimen	Kode	Banyaknya	Untuk diperiksa	Catatan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

PENGUSAHA,

....., 20 .....

PETUGAS

(.....)

(.....)

Tanggal diterima .....  
 Petugas Laboratorium

(.....)

## ANALISIS KUALITAS PEMUKIMAN

### **Tujuan Pembelajaran**

Mempersiapkan mahasiswa agar mampu melakukan metode dan analisis kualitas TTU (Pemukiman)

### **Kompetensi Lulusan**

1. Mahasiswa memahami Parameter Kualitas Pemukiman
2. Mahasiswa memahami Tujuan Pengukuran Kualitas pemukiman
3. Mahasiswa mampu mempraktekkan cara Pengambilan sampling kualitas pemukiman
4. Mahasiswa mampu melakukan Interpretasi hasil kualitas TTU Pemukiman

### **A. Deskripsi Umum**

Permukiman menurut UU No. 4 Tahun 1992 adalah bagian dari lingkungan hidup di luar dari kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan.

Dalam mempelajari permukiman ada dua hal yang harus diperhatikan, yaitu kondisi bangunan rumah itu sendiri dan juga lingkungan permukiman. Lingkungan permukiman merupakan suatu ruang yang digunakan untuk kegiatan sehari-hari yang meliputi bangunan rumah permukiman beserta halaman dan pekarangannya, jaring-jaring jalan, dan perangkat lain yang mendukung kelancaran hidup, sedangkan kualitas lingkungan permukiman adalah keadaan khususnya permukiman dengan segala benda, keadaan dan makhluk hidup beserta perilakunya

yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan makhluk hidup di dalam permukiman tersebut (Kurniadi, 2014).

Yang dimaksud dengan "lingkungan permukiman" antara lain:

- a. rumah dan perumahan;
- b. lembaga pemasyarakatan dan rumah tahanan negara;
- c. kawasan militer; dan
- d. panti dan rumah singgah (*Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*, 2014).

## **B. Parameter Kualitas Permukiman**

### **1. Parameter Kepadatan Permukiman**

Klas penentu kepadatan permukiman pada penelitian ini dibagi menjadi tiga yaitu kepadatan jarang, sedang, padat. Penentuan kepadatan permukiman dilihat dengan keberadaan bangunan yang saling berdekatan. Bangunan yang padat membuat ruang gerak atau akses jalan menjadi sempit, ruang untuk resapan air juga berkurang sehingga permukiman dengan kepadatan yang tinggi rawan akan terjadinya genangan air jika saluran air tidak begitu baik. Selain itu, padatnya suatu permukiman juga mengakibatkan sirkulasi di udara tersebut kurang baik karena kurangnya pepohonan dan tumbuhan hijau disekitarnya. Permukiman yang padat juga membuat berkurangnya sinar matahari yang masuk ke daerah tersebut. Kawasan dengan permukiman padat mempunyai kualitas permukiman yang buruk.

### **2. Parameter Tata Letak Bangunan**

Tata letak bangunan merupakan salah satu parameter penentu kualitas permukiman yang berpengaruh besar, karena semakin baik letak bangunan di suatu permukiman

akan memberi nilai indah dan rapi secara visual, selain itu letak bangunan yang baik akan mempermudah jalur masuk keluarnya suatu permukiman. Penentuan nilai pada parameter tata letak bangunan dapat dilakukan dengan menginterpretasi dari citra penginderaan jauh. Tata letak bangunan dilihat dari citra dengan memperhatikan karakteristik dari susunan atau letak objek permukiman melalui pola dari permukiman tersebut. Pola keteraturan suatu permukiman ditinjau dari bangunan satu dengan bangunan lainnya pada satu blok permukiman. Tata letak bangunan dibedakan menjadi tiga pola yaitu baik diberi skor tiga (3), sedang diberi skor dua (2) dan buruk diberi skor satu (1). Pada citra dapat dilihat dengan mudah letak bangunan permukiman dengan bentuk dan pola dari bangunan tersebut. Rumah mukim yang mempunyai pola baik ditinjau dari kondisi bangunan satu dengan lainnya sama terutama yang menghadap arah ke jalan, dan luas tiap bangunan juga relatif sama. Pola sedang dapat ditinjau dari kondisi bangunan dan luas tiap bangunan relatif tidak seragam namun masih ada kemiripan bangunan satu dengan lainnya. Pola buruk dilihat dari ukuran, bentuk atap bangunan yang tidak beraturan antara satu dengan lainnya.

### **3. Parameter Lebar Jalan Masuk**

Lebar jalan masuk merupakan lebar jalan masuk yang menghubungkan jalan permukiman dengan jalan utama pada daerah permukiman tersebut. Penentuan parameter lebar jalan masuk di pilih karena dari lebar jalan ini dapat diketahui mudah tidaknya kendaraan atau transportasi untuk masuk dan keluar ke permukiman tersebut. Pemberian nilai dilakukan dengan cara mengidentifikasi penampakan obyek dari citra resolusi tinggi (Google Earth) kemudian dibagi menjadi kelas lebar  $> 6$  m dengan asumsi dapat dilalui dua atau tiga mobil dalam kriteria baik dengan harkat tiga. Lebar jalan 4-6 m

dikategorikan kriteria sedang dengan harkat dua, dan lebar jalan < 4 m dikategorikan dalam kriteria buruk dengan harkat satu. Dari hasil identifikasi tersebut, dapat diketahui persebaran blok permukiman berdasarkan lebar jalan masuk permukiman.

#### **4. Parameter Kondisi Jalan Masuk**

Kondisi jalan masuk suatu permukiman merupakan keadaan jalan masuk pada permukiman. Kondisi jalan masuk dibagi menjadi tiga kelas yang terdiri dari baik, sedang dan buruk. Dasar penilaian kondisi jalan ialah pengeras jalan, apakah jalan tersebut sudah di perkeras dengan aspal dan semen atau belum. Pada lokasi penelitian, seluruh jalan memiliki kondisi yang baik, hanya beberapa bagian blok yang jalannya belum diperkeras dengan aspal dan semen.

#### **5. Parameter Lokasi Permukiman**

Lokasi suatu permukiman diklasifikasikan menjadi 3 kelas, yaitu: baik, sedang, dan buruk. Parameter ini didasarkan pada letak suatu permukiman terhadap sumber polusi, seperti pabrik, tempat pembuangan sampah akhir, jalan besar (arteri) serta dari daerah rawan banjir dan longsor. Penilaian parameter ini dilakukan dengan meninjau kedekatan permukiman dengan sumber polusi. Kelas baik yaitu permukiman yang lokasinya jauh dari (pabrik, jalan arteri, limbah, dll). Kelas sedang yaitu permukiman yang tidak terpengaruh secara langsung dengan sumber polusi. Sedangkan kelas buruk yaitu permukiman yang berada di daerah sumber polusi. Asumsi yang digunakan adalah jika permukiman dekat dengan sumber polusi maka mempunyai kualitas buruk dan sebaliknya. Sumber polusi yang ada di daerah penelitian berupa polusi udara dari asap kendaraan bermotor, lokasi ini berada di sepanjang jalan arteri atau jalan raya.

## **6. Parameter Pohon Pelindung**

Pohon pelindung jalan mempunyai pengaruh terhadap kenyamanan pada udara disekitar permukiman. Karena dengan ada banyaknya pohon maka udara di permukiman tersebut dan suhu di permukiman tersebut tidak begitu panas. Dalam penelitian ini pohon pelindung selain sebagai memberi nilai keindahan juga berfungsi sebagai penyaring udara disekitar permukiman sehingga udara akan terasa lebih segar. Selain itu, pohon juga berfungsi sebagai alat peneduh di sepanjang jalan. Parameter pohon pelindung hanya dibagi menjadi dua yaitu baik dan buruk, pohon pelindung dikategorikan baik jika di blok permukiman tersebut terdapat pohon, sedangkan buruk jika di blok permukiman tidak ada sama sekali pohon pelindung (Farizki dan Anurogo, 2017).

### **Tujuan Pengukuran Pemukiman**

1. Mengidentifikasi kondisi fisik
2. Menentukan variabel/parameter kualitas permukiman diantaranya yaitu pola kepadatan bangunan, pola tata letak bangunan, pohon pelindung lingkungan permukiman, lebar jalan masuk permukiman, kondisi jalan masuk, lokasi permukiman, banjir yang terjadi, kualitas air minum, sanitasi permukiman, tempat pembuangan sampah, saluran air hujan dan limbah.
3. Menganalisis pola kepadatan bangunan, pola tata letak bangunan, pohon pelindung lingkungan permukiman, lebar jalan masuk permukiman, kondisi jalan masuk, dan lokasi permukiman, melalui interpretasi citra Quickbird.
4. Menganalisis banjir yang terjadi, kualitas air minum, sanitasi permukiman, tempat pembuangan sampah, saluran air hujan dan limbah melalui survei lapangan dan survei sekunder.

5. Menganalisis kualitas permukiman berdasarkan variabel-variabel tersebut (Farizki dan Anurogo, 2017).

### **C. Pengambilan sampling kualitas permukiman**

Secara umum cara untuk menilai kualitas lingkungan permukiman ada dua, yaitu cara *terrestrial* dan menggunakan teknik penginderaan jauh. Penilaian secara *terrestrial* dilakukan dengan melakukan survei langsung di lapangan untuk memperoleh informasi, sedangkan teknik penginderaan jauh yaitu dengan memanfaatkan citra satelit. Teknik penginderaan jauh dimanfaatkan karena perolehan data lebih cepat dan dapat menghemat waktu dibandingkan bila dilakukan secara *terrestrial*. Citra penginderaan jauh merupakan gambaran yang terekam oleh kamera atau sensor lainnya. Citra penginderaan jauh dapat digolongkan menjadi citra foto dan *non* foto.

Penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk studi kajian kota. Wilayah perkotaan memiliki wujud yang rumit, tidak teratur dan dimensi yang *heterogen*. Lahan kota pada umumnya sempit, bangunan padat dan fungsi bangunannya beraneka ragam. Oleh karena itu sistem penginderaan jauh yang diperlukan untuk menyusun tata ruang disesuaikan dengan resolusi spasial yang sepadan. Resolusi spasial yang tinggi dari suatu citra mampu menyajikan data spasial secara rinci. Pengumpulan data dalam penginderaan jauh dilakukan dengan jarak jauh. Proses analisis data meliputi pengujian data dengan menggunakan alat interpretasi dan alat pengamatan untuk menganalisis data piktorial, penyajian data dan memanfaatkannya untuk pengambilan keputusan (Kurniadi, 2014).

### **Interpretasi Citra**

Intepretasi citra merupakan perbuatan mengkaji foto udara atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Intepretasi data dalam penginderaan jauh dilakukan secara digital bagi data numerik dan secara manual bagi data visual. Intepretasi data penginderaan jauh dilakukan untuk mengubah data numerik atau data visual menjadi informasi bagi keperluan tertentu. Di dalam pengenalan objek yang tergambar pada citra, ada tiga rangkaian kegiatan yang diperlukan, yaitu deteksi, identifikasi, dan analisis. Deteksi adalah pengamatan atas adanya suatu objek pada citra. Identifikasi adalah upaya mencirikan objek yang telah dideteksi dengan menggunakan keterangan yang cukup. Pada tahap analisis dikumpulkan keterangan lebih lanjut. Untuk mengintepretasi suatu objek pada citra harus memperhatikan unsur-unsurnya.

## Citra Quickbird

Data penginderaan jauh dapat berupa data digital atau data numerik untuk dianalisis menggunakan komputer. Data penginderaan jauh dapat pula berupa data visual yang pada umumnya dianalisis secara manual. Berdasarkan sensornya, citra dibedakan atas dasar citra foto (*photographic image*) atau foto udara dan citra *non-foto* (*non-photographic image*) Penelitian ini menggunakan citra penginderaan jauh *non* foto yaitu citra Quickbird. Citra Quickbird diluncurkan pertama kali di Vandenberg Air Force Base, California tahun 2001 Citra Quickbird memiliki resolusi spasial tinggi, yaitu pada saluran pankromatik 0,61 m dan pada saluran multispektral 2,44m. Resolusi spasial merupakan ukuran terkecil objek yang masih dapat dideteksi oleh suatu sistem pencitraan. Oleh karena mempunyai resolusi spasial yang tinggi, citra ini mendukung interpretasi dengan objek-objek kekotaan seperti pola permukiman dan perubahan penggunaan lahan. Menurut Prahasta, 2008 citra penginderaan jauh mempunyai level pemrosesan sebagai berikut :

### 1. *Basic imagery*

*Basic imagery* merupakan citra Quickbird yang mempunyai jumlah pengkilan yang paling sedikit (masih mentah). Produk ini baru mengalami koreksi terhadap sensor satelit dan koreksi radiometrik.

### 2. *Standar imagery*

*Standard imagery* merupakan citra Quickbird yang sudah mengalami koreksi radiometrik, koreksi geometrik dan koreksi distorsi terhadap sensor dan sudah diproyeksikan ke dalam proyeksi peta.

### 3. *Orthorectified imagery*

*Orthorectified imagery* merupakan citra Quickbird yang mempunyai jumlah pengolahan paling lengkap yaitu telah mengalami koreksi radiometrik, geometrik dan topografis serta sudah diproyeksikan ke dalam suatu proyeksi peta.

Citra Quickbird memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan citra lain. Satelit yang dimiliki dan dioperasikan oleh *Digitalglobe* ini diluncurkan dengan periode orbit 93.5 menit, *sun-synchronous* pada ketinggian 450km, sudut inklinasi 97,2 derajat, *revisit time* 1 hingga 4 hari, dan menghasilkan *scene* dengan ukuran sekitar 16km x 16km. Merujuk pada pilihan produknya, citra digital Quickbird terdiri dari beberapa jenis:

- a. **Panchromatic**, citra hitam-putih yang sangat baik untuk analisis visual.
- b. **Multispectral**, beberapa band citra yang mencakup spektrum VNIR yang sangat baik untuk analisis *multispektral*.
- c. **Bundled**, gabungan produk-produk *panchromatik* dan *multispektral*.
- d. **Color**, citra 3 *band natural color* atau *color infrared* yang mengkombinasikan informasi visual 3-*band* multispektral dengan informasi spasial milik band pankromatik.
- e. **Pan-sharpened**, 4-*band* citra yang mengkombinasikan informasi spasial keempat *band* multispektral (VNIR) dengan informasi spasial milik *band* pankromatik-kombinasi sedemikian rupa sehingga citra (*bands*) digital multispektral akan berada dalam resolusi tinggi (pankromatik).

## **D. Interpretasi hasil Kualitas TTU Pemukiman**

Parameter kualitas permukiman diinterpretasi dari citra dan beberapa dari survei lapangan,

### **1. Interpretasi Visual**

Untuk dapat melakukan interpretasi, penafsir memerlukan unsur-unsur pengenal pada obyek atau gejala yang terekam pada citra. Unsur-unsur pengenal ini secara individual maupun secara kolektif mampu membimbing penafsir kearah pengenalan yang benar.

Adapun unsur-unsur interpretasi, antara lain:

#### **a. Rona dan warna**

Rona yaitu tingkat kegelapan atau tingkat kecerahan objek pada citra. Pada foto udara hitam putih rona dapat diartikan sebagai tingkatan dari hitam ke putih atau sebaliknya. Warna merupakan ujud yang tampak oleh mata dengan menggunakan spektrum, lebih sempit dari spektrum tampak. Warna menunjukkan tingkat kegelapan yang beraneka ragam.

#### **b. Bentuk**

Bentuk merupakan variabel kualitatif yang memberikan konfigurasi atau kerangka suatu objek. Bentuk merupakan atribut yang jelas sehingga banyak objek yang dikenali berdasarkan bentuk saja.

#### **c. Ukuran**

Ukuran ialah atribut objek yang antara lain berupa jarak, luas, tinggi, lereng dan volume. Oleh karena ukuran objek pada citra merupakan fungsi skala, maka dalam memanfaatkan ukuran sebagai unsur intepretasi citra harus selalu diingat skalanya.

#### **d. Tekstur**

Tekstur adalah frekuensi perubahan atau pengolahan rona pada citra. Tekstur dibedakan menjadi tiga tingkatan, yaitu tekstur halus, sedang dan kasar.

e. Pola

Pola adalah kecenderungan bentuk suatu objek, misal pola aliran sungai, jaringan jalan dan pemukiman penduduk. Pola merupakan karakteristik *makro* yang digunakan untuk mendiskripsikan tata ruang pada kenampakan di citra. Pola atau susunan keruangan merupakan ciri yang menandai bagi banyak objek bentukan manusia dan beberapa objek alamiah. Hal ini membuat unsur pola penting untuk membedakan pola alami dan hasil budidaya manusia.

f. Bayangan

Bayangan bersifat menyembunyikan detail atau objek yang berada pada daerah gelap. Objek yang berada pada daerah gelap biasanya tidak terlihat atau hanya samar-samar. Meskipun demikian bayangan sering menjadi kunci penting pada pengenalan beberapa objek yang justru lebih tampak pada bayangannya.

g. Situs

Situs merupakan tempat kedudukan suatu objek terhadap objek lain di sekitarnya. Situs bukan merupakan ciri objek secara langsung, melainkan dalam kaitannya dengan lingkungan sekitarnya.

h. Asosiasi

Asosiasi adalah keterkaitan antara objek yang satu dengan objek yang lain. Oleh karena adanya keterkaitan ini maka terlihatnya suatu objek pada citra sering merupakan petunjuk bagi adanya objek lain (Sutanto, 1994:7 dalam (Kurniadi, 2014)).

Parameter yang digunakan dalam interpretasi visual antara lain :

1. Pola Kepadatan Bangunan

Data kerapatan bangunan dapat dengan mudah diketahui melalui citra beresolusi tinggi yaitu *Quickbird*. Dalam menentukan satuan unit-unit pemetaan (blok bangunan), diukur secara kualitatif berdasarkan tingkat keseragaman. Area yang memiliki tingkat kepadatan yang relatif homogen akan dimasukkan pada satuan unit pemetaan yang sama. Untuk perhitungan kepadatan permukiman di setiap unit permukiman dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kepadatan Rumah} = \frac{\sum \text{Seluruh Luas Atap}}{\sum \text{Luas Blok Permukiman Dalam Satuan Unit Permukiman}} \times 100\%$$

*Tabel 1. Variabel Kepadatan Bangunan*

<b>Kepadatan Bangunan</b>	<b>Skor</b>
< 40 % ; Jarang	1
40 % - 60 % ; Sedang	2
> 60 % ; Padat	3

Sumber : (Karya, 2006)

2. Pola Tata Letak Bangunan

Penilaian tingkat keteraturan bangunan terkait dengan kualitas permukiman dapat dilihat dari keteraturan letak, dan besar/kecilnya bangunan. Bangunan yang dimiliki ukuran relatif sama dan letaknya mengikuti pola tertentu, maka bangunan tersebut akan dikelompokkan pada satuan unit pemetaan yang.

Tabel 2 Variabel Tata Letak

Bangunan Tata Letak	Skor
> 50 % ditata secara teratur	1
25 % - 50 % ditata secara teratur	2
< 25 % ditata secara teratur	3

Sumber : (Karya, 2006)

3. Pohon Pelindung

Pohon pelindung ini dimaksudkan sebagai peneduh jalan masuk ke lingkungan permukiman. Selain itu juga dapat berfungsi untuk mengurangi polusi yang disebabkan oleh asap kendaraan bermotor. Untuk perhitungan pohon pelindung di setiap unit permukiman dihitung dengan menggunakan rumus :

Pohon Pelindung =

$$\frac{\sum \text{Seluruh Luas Tutupan Pohon Pelindung}}{\sum \text{Luas Blok Permukiman}} \times 100\%$$

Tabel 3. Variabel Pohon Pelindung

Pohon Pelindung	Skor
> 50 %	1
25 % - 50 %	2
< 25 %	3

Sumber : (Karya, 2006)

4. Lebar Jalan Masuk

Dengan resolusi spasial yang dimiliki citra *Quickbird*, perbedaan lebar jalan antara ruas satu dengan yang lain dapat dengan mudah dibedakan. Untuk memperoleh peta

jarak jalan terhadap jalan, ketentuan klasifikasi pada table di bawah ini :

*Tabel 4. Variabel Lebar Jalan*

<b>Masuk Lebar Jalan Masuk</b>	<b>Skor</b>
> 6 m ; dapat dilalui 2-3 mobil	1
4 m – 6 m ; dapat dilalui 1-2 mobil	2
< 4 m	3

Sumber : (Karya, 2006)

#### 5. Kondisi Jalan Masuk

Kondisi permukaan jalan masuk adalah pengerasan permukaan badan jalan dengan aspal atau konblok yang dibedakan atas bahan pengeras jalan tersebut dengan memperhatikan rona pada obyek yang diamati, cara penilaian kondisi permukaan jalan masuk dibedakan atas :

*Tabel 5. Variabel Kondisi Jalan Masuk*

<b>Kondisi Jalan Masuk</b>	<b>Skor</b>
> 50 % diperkeras	1
25 % - 50 % diperkeras	2
< 25 % diperkeras	3

Sumber : (Karya, 2006)

#### 6. Lokasi

Dasar dari penilaian parameter ini adalah atas dasar jauh dekatnya suatu unit permukiman terhadap pusat atau inti kota, dimana yang pada umumnya menjadi pusat keramaian adalah jalan utama, kawasan perdagangan dan jasa. Kategori untuk parameter ini adalah :

*Tabel 6. Variabel Lokasi Permukiman*

<b>Lokasi</b>	<b>Skor</b>
Baik, bila lokasi permukiman jauh dari sumber polusi ( terminal, stasiun, pabrik, dll ) dan masih dekat dengan kota.	1
Sedang, bila lokasi permukiman tidak terpengaruh secara langsung dengan kegiatan sumber polusi.	2
Buruk, bila lokasi permukiman dekat dengan sumber polusi udara maupun suara atau bencana alam ( sungai, gunung, dll )	3

Sumber : (Karya, 2006)

### **Bobot Paramater Kualitas Permukiman dari Citra**

Cara penilaian setiap variabel baik untuk analisis data secara terrestrial maupun analisa data yang diperoleh dari hasil interpretasi citra penginderaan jauh digunakan faktor penimbang atau bobot pada masing–masing variabel yang nantinya akan dikalikan dengan besarnya variabel itu sendiri. Besar kecilnya nilai bobot atau faktor penimbang akan sangat berpengaruh terhadap penilaian kualitas permukiman. Variabel yang digunakan sebagai parameter dalam penilaian kualitas permukiman bersumber dari variabel yang telah disusun oleh Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum.

*Tabel 7 Bobot Parameter – Parameter Kualitas Permukiman*

<b>No.</b>	<b>Parameter</b>	<b>Bobot</b>
1	Kepadatan Permukiman	11
2	Tata Letak Permukiman	1
3	Pohon Pelindung	4
4	Lebar Jalan Masuk	3
5	Kondisi Jalan Masuk	5
6	Lokasi Permukiman	6

Sumber : (Prasetyo, 2013)

## **2. Survei Lapangan**

Pada tahap ini yaitu menguji kebenaran dan perbaikan hasil interpretasi citra yang didapat dari kriteria kualitas permukiman tentatif dengan keadaan yang sebenarnya di lapangan. Uji ketelitian diperlukan untuk menguji tingkat keberhasilan interpretasi citra dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Tingkat kebenaran dibandingkan dengan jumlah deliniasi atau sample yang ditentukan. Bila tingkat kebenaran lebih dari 80% maka sudah termasuk baik, sedangkan bila dibawah 50% bisa disebut buruk atau gagal

Selain parameter dari interpretasi citra juga terdapat parameter dari survei lapangan. Parameter-parameter yang diperoleh dari survei lapangan antara lain : banjir, kualitas air minum, sanitasi, tempat pembuangan sampah, saluran air hujan dan limbah. Pada tahap ini dilakukan pengujian kebenaran dan perbaikan hasil interpretasi citra yang didapat dari kriteria kualitas permukiman tentatif dengan keadaan yang sebenarnya di lapangan. Uji ketelitian diperlukan untuk menguji tingkat keberhasilan interpretasi citra dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Tingkat kebenaran dibandingkan dengan jumlah deliniasi atau sample yang ditentukan. Bila tingkat kebenaran lebih dari 80% maka sudah termasuk baik, sedangkan bila dibawah 50% bisa disebut buruk atau gagal

### **a. Banjir**

Maksud dari parameter banjir ini adalah menggenangnya air secara regular pada musim

penghujan. Keadaan ini menunjukkan bahwa sistem drainase pada wilayah yang bersangkutan kurang baik. Akibatnya akan dapat mengganggu kenyamanan dan kesehatan bagi masyarakat di lingkungan tersebut. Serta jarak pemukiman dengan sungai yang ada di wilayah tersebut. Klasifikasi dibedakan menjadi 3, yaitu :

*Tabel 8. Variabel Banjir*

<b>Banjir</b>	<b>Skor</b>
Sedikit / tidak pernah, jarak sungai > 1 km	1
25 % - 50 % wilayah mengalami banjir, jarak sungai 0,5 – 1 km	2
> 50 % wilayahnya mengalami banjir, jarak sungai <0,5 km	3

Sumber : (Karya, 2006)

#### **b. Kualitas Air Minum**

Air minum disini adalah sumber air minum masyarakat yang digunakan dalam permukiman ini, dimana air air tersebut merupakan salah satu kebutuhan hidup. Sumber air minum yang digunakan oleh penduduk Kota Surakarta berasal dari berbagai sumber, baik sumber berupa air hujan dan air sungai serta sumber air yang berasal dari pengolahan dan sterilisasi oleh PAM sehingga penilaian parameter air minum dibedakan atas :

*Tabel 9. Variabel Kualitas Air Minum*

<b>Kualitas Air Minum</b>	<b>Skor</b>
> 50 % PAM dan Sumur	1
25 % - 50 % ; PAM dan Sumur	2
< 25 % ; PAM, sumur, sumber lain	3

Sumber : (Karya, 2006)

**c. Sanitasi**

Pengertian parameter ini dibatasi pada sarana untuk membuang hajat atau buang air besar pada suatu permukiman. Penilaian berdasarkan atas :

*Tabel 10. Variabel Sanitasi*

<b>Sanitasi</b>	<b>Skor</b>
> 50 % memiliki WC, dilengkapi dengan <i>septictank</i>	1
dilengkapi dengan <i>septictank</i>	2
< 25 % memiliki WC, dilengkapi dengan <i>septictank</i>	3

Sumber : (Karya, 2006)

**d. Tempat Pembuangan Sampah**

Tempat pembuangan sampah merupakan tempat penampungan sampah dilakukan oleh penghuni pada suatu blok permukiman. Dimana tempat pembuangan sampah ini salah satu syarat lingkungan yang sehat. Klasifikasi tentang tempat pembuangan sampah diantaranya adalah :

*Tabel 11. Variabel Tempat Pembuangan Sampah*

<b>Tempat Pembuangan Sampah</b>	<b>Skor</b>
> 50 % membuang sampah pada tempat pembuangan	1
25 % - 50 % membuang sampah pada tempat pembuangan	2
< 25% membuang sampah pada tempat pembuangan atau 25 % membuang sampah di selokan, pekarangan, tanpa penampungan	3

Sumber : (Karya, 2006)

**e. Saluran Air Hujan dan Limbah**

Saluran air hujan adalah yang berfungsi sebagai pengaturan dari genangan air hujan dari setiap rumah mukim dari suatu unit permukiman yang menuju selokan (Ditjen Cipta Karya 1999 dalam Mudzakir). Sedangkan saluran limbah adalah saluran pembuangan air yang berasal dari dapur, kamar mandi, air cuci, dan lain-lain yang tidak berhubungan dengan limbah manusia (Karya, 2006).

*Tabel 12. Variabel Saluran Air Hujan dan Limbah*

<b>Saluran Air Hujan dan Limbah</b>	<b>Skor</b>
> 50 % berfungsi dengan baik	1
25 % - 50 % berfungsi dengan baik	2
< 25 % berfungsi dengan baik	3

Sumber : (Karya, 2006)

Sama halnya dengan penentuan kualitas dengan menggunakan interpretasi pada citra, dalam penentuan kualitas dari survei lapangan juga perlu dikalikan dengan faktor pembobotnya, dimana hasil dari faktor pembobotnya, dimana hasil dari faktor pembobot tersebut kemudian *dioverlay* dengan hasil pembobotan interpretasi dari citra *Quickbird* yang digunakan. Untuk penilaian pembobotan kualitas permukiman dari survei lapangan adalah :

*Tabel 13. Bobot Parameter – Parameter Kualitas Permukiman*

<b>No</b>	<b>Parameter</b>	<b>Bobot</b>
1	Banjir	8
2	Kualitas Air Minum	2

3	Sanitasi	9
4	Tempat Pembuangan Sampah	7
5	Saluran Air Hujan dan Limbah	10

Sumber : (Prasetyo, 2013)

Ringkasan :

Kualitas lingkungan pemukiman adalah keadaan khususnya pemukiman dengan segala benda keadaan makhluk hidup beserta perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan makhluk hidup didalam pemukiman tersebut.

Cara untuk menilai kualitas pemukiman ada dua, yaitu cara terrestrial dan menggunakan teknik penginderaan jauh. cara terrestrial menggunakan survey langsung sementara teknik penginderaan jauh memanfaatkan citra satelit.

Untuk dapat melakukan interpretasi, penafsir menggunakan unsur-unsur pengenalan pada obyek atau gejala yang terekam pada citra. Unsur-unsur interpretasi antara lain rona dan warna bentuk, ukuran, tekstur, pola, bayangan, situs, dan asosiasi.

Interpretasi hasil kualitas TTU pemukiman terdiri dari interpretasi visual dan survey lapangan. Pada interpretasi visual terdiri atas parameter kepadatan lingkungan, parameter tata letak

lingkungan, parameter lebar jalan masuk, parameter kondisi jalan masuk dan parameter lokasi pemukiman dan parameter pohon pelindung. Parameter yang digunakan dalam interpretasi survey lapangan antara lain banjir, kualitas air minum, sanitasi, tempat pembuangan sampah, dan saluran air hujan dan limbah.

## LATIHAN SOAL

1. Apa yang dimaksud dengan permukiman menurut UU No.4 Tahun 1992?
  - a. bagian dari lingkungan hidup di luar dari kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan.
  - b. bagian dari lingkungan hidup yang termasuk dalam kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan
  - c. sosial-kemasyarakatan yang terjalin di dalam bangunan tempat tinggal.
  - d. salah satu bangunan yang dijadikan tempat tinggal selama jangka waktu tertentu.
2. Yang bukan termasuk lingkungan pemukiman adalah?
  - a. Panti dan rumah singgah
  - b. Rumah tahanan Negara
  - c. Kawasan militer
  - d. Hotel
3. Apa saja yang termasuk parameter kualitas permukiman?
  - a. Parameter kepadatan pemukiman
  - b. Parameter tata letak bangunan
  - c. Jawaban a dan b benar
  - d. Parameter kondisi rumah
4. Lebar jalan dengan kriteria buruk yaitu seluas?

- a. 5 m
  - b. 3 m
  - c. 4 m
  - d. 6 m
5. Yang bukan termasuk tujuan dari pengukuran pemukiman adalah
- a. Menganalisis kualitas air minum
  - b. Menganalisis pola kepadatan bangunan
  - c. Mengidentifikasi kondisi fisik
  - d. Mengidentifikasi sampah
6. Cara menilai kualitas lingkungan pemukiman dengan cara *terrestrial* adalah
- a. Cara penilaian dengan memanfaatkan citra satelit
  - b. Cara penilaian dengan melakukan survei langsung di lapangan
  - c. Cara penilaian dengan melakukan perekaman
  - d. Cara penilaian dengan menggunakan citra foto
7. Yang tidak termasuk dalam level pemrosesan citra penginderaan jauh adalah
- a. Basic imagery
  - b. Standar imagery
  - c. Panchromatic imagery
  - d. Orthorectified imagery
8. Yang termasuk unsur-unsur interpretasi visual adalah
- a. Rona dan warna
  - b. Kepadatan bangunan
  - c. Tata letak bangunan

- d. Lebar jalan
9. Arti Skor 2 untuk kondisi jalan masuk dengan kriteria berapa?
- a. >50% diperkeras
  - b. 30-45% diperkeras
  - c. 25-50% diperkeras
  - d. <25% diperkeras
10. Perbuatan mengkaji foto udara atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek adalah
- a. Interpretasi Citra
  - b. Citra Quickbird
  - c. Interpretasi visual
  - d. Situs

### **SOAL ESAY**

1. Sebutkan macam-macam parameter kualitas pemukiman dan jelaskan!
2. Sebutkan tujuan dari pengukuran pemukiman!
3. Sebutkan dan jelaskan level pemrosesan pada citra penginderaan jauh Menurut Prahasta!
4. Sebutkan unsur-unsur interpretasi visual!
5. Bagaimana rumus untuk menghitung kepadatan rumah, dan pohon pelindung?

## REFERENSI

Farizki, M. and Anurogo, W. (2017) 'Pemetaan Kualitas Permukiman dengan Menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG di', *Majalah Geografi Indonesia*, 31(1), pp. 39–45. Available at: <https://jurnal.ugm.ac.id/mgi> .

Karya, C. (2006) *Penentuan Kualitas Permukiman*. Jakarta. Available at: <http://ciptakarya.pu.go.id/plp/index.php/v2/peraturan/280>.

Kurniadi, A. (2014) *Analisis Kualitas Lingkungan Pemukiman di Kecamatan KOTagede Kota Yogyakarta Menggunakan Citra Quickbird*. UNY.

*Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan* (2014).

Prahasta, E. (2008) *Remote Sensing Praktis Penginderaan Jauh & Pengolahan Citra Digital Dengan Perangkat Lunak ER-Mapper*. Bandung: PT Informatika Bandung.

Prasetyo, W. T. dan S. R. (2013) 'Kajian Kualitas Permukiman dengan Citra Quickbird dan SIG Di Kecamatan Serengan Kota Surakarta', *Jurnal Teknik PWK*, 2(2), pp. 293–302.

## **ANALISA KUALITAS UDARA**

### **Tujuan Pembelajaran**

1. Mahasiswa mengetahui konsep teoritis kualitas lingkungan udara
2. Mahasiswa dapat menganalisis dan menjelaskan permasalahan kualitas lingkungan udara
3. Mahasiswa memahami metode sampling udara

### **Kompetensi Lulusan**

1. Mahasiswa mampu melakukan pengambilan sampel udara
2. Mahasiswa mampu menginterpretasi hasil pengukuran kualitas lingkungan udara
3. Mahasiswa mampu memecahkan masalah lingkungan berdasarkan hasil pengukuran kualitas lingkungan udara

### **A. Deskripsi Umum**

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap  $H_2O$  dan karbon dioksida ( $CO_2$ ). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu (Fardiaz, 1992).

Udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali. Beberapa gas seperti sulfur dioksida ( $SO_2$ ),

hidrogen sulfide ( $H_2S$ ), dan karbon monoksida ( $CO$ ) selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses-proses alami seperti aktifitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan, dan sebagainya. Selain itu partikel-partikel padatan atau cairan berukuran kecil dapat tersebar di udara oleh angin, letusan vulkanik atau gangguan alam lainnya. Selain disebabkan polutan alami tersebut, polusi udara juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia (Fardiaz,1992).

Udara merupakan media lingkungan yang merupakan kebutuhan dasar manusia perlu mendapatkan perhatian yang serius, Pertumbuhan pembangunan seperti industri, transportasi, dll disamping memberikan dampak positif namun disisi lain akan memberikan dampak negatif dimana salah satunya berupa pencemaran udara dan kebisingan baik yang terjadi didalam ruangan (indoor) maupun di luar ruangan (outdoor) yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan terjadinya penularan penyakit.

Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan antara lain industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Berbagai kegiatan tersebut merupakan kontribusi terbesar dari pencemar udara yang dibuang ke udara bebas. Sumber pencemaran udara juga dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan alam, seperti kebakaran hutan, gunung meletus, gas alam beracun, dll. Dampak dari pencemaran udara tersebut adalah menyebabkan penurunan kualitas udara, yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia.

Partikel debu atau *Total Suspended Particulate* (TSP) merupakan salah satu komponen yang menurunkan kualitas udara ambien. Akibat terpapar oleh partikel debu maka kesehatan masyarakat akan mengalami gangguan dan secara lambat laun dapat pula menimbulkan gangguan fungsi paru. Gangguan fungsi paru ini sudah terjadi sebelum timbulnya

penyakit saluran nafas yang nyata, seperti yang ditemui pada penyakit- penyakit paru pada umumnya.

## **B. Pengukuran Kualitas Udara**

Menurut (Soedomo, M., 2001) penerapan metoda dan teknik pengukuran akan ditentukan secara langsung oleh tujuan dan maksudnya. Dalam hubungannya dengan program pengendalian pencemaran udara, metoda sampling yang dilakukan dapat dibagi dalam dua jenis:

### **a. Sampling udara ambien**

Sampling udara ambient dilakukan dengan tujuan-tujuan khusus sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui tingkat pencemaran udara yang ada disuatu daerah, dengan mengacukannya kepada ketentuan dan peraturan mengenai kualitas udara yang berlaku dan baku mutu udara yang berlaku.
2. Untuk menyediakan pengumpulan data (data base) yang diperlukan dalam evaluasi pengaruh pencemaran dan pertimbangan perancangan, seperti : pengembangan kota dan tata guna lahan, transportasi, evaluasi penerapan strategi pengendalian pencemaran yang telah dilakukan, validasi pengembangan model dilusi dan disperse pencemaran udara yang ada, evaluasi dan peramalan tingkat tingkat pencemaran episodic, jangka panjang dan jangka pendek.
3. Untuk mengamati kecenderungan tingkat pencemaran yang ada di daerah pengendalian pencemaran udara tertentu, termasuk daerah perkotaan.
4. Untuk mengaktifkan dan menentukan prosedur pengendalian darurat guna mencegah timbulnya episode pencemaran udara.

### **Sampling udara ambient dilakukan dengan beberapa cara :**

1. Sampling menerus (kontinu) pada interval waktu yang regular dan kecil.
2. Sampling setengah kontinu, regular misalnya mingguan, bulanan, tahunan, dst.
3. Sampling sesaat tidak kontinu, hanya dilakukan pada saat saat tertentu saja.

#### **b. Sampling Sumber**

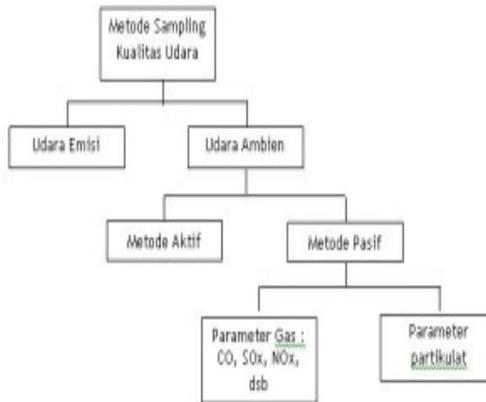
Maksud dan tujuan sampling sumber :

1. Untuk mengetahui dipenuhi atau tidaknya peraturan emisi pencemar udara yang ada oleh suatu sumber stationer tertentu.
2. Untuk mengukur tingkat emisi berdasarkan laju produksi industri yang ada ( kesetimbangan proses dan emisi), sebagai data yang diperlukan oleh industri sendiri dalam mengevaluasi jalannya proses industri.
3. Untuk mengevaluasi keefektifan metoda pengendalian dan peralatan pengendali pencemar yang dipasang. Sampling hanya merupakan langkah pertama dalam pengukuran, karena sampel selanjutnya memerlukan analisis laboratorium dimana metode pengukuran analisis kualitatif dan kuantitatif dilakukan (Soedomo, M., 2001).

### **C. Metode Pengukuran Kualitas udara**

Teknik sampling kualitas udara dilihat lokasi pemantauannya terbagi dalam dua kategori yaitu teknik sampling udara emisi dan teknik sampling udara ambien. Sampling udara emisi adalah teknik sampling udara pada sumbernya seperti cerobong pabrik dan saluran knalpot kendaraan bermotor. Teknik sampling kualitas udara ambien adalah sampling kualitas udara pada media penerima polutan udara/emisi udara. Untuk sampling kualitas udara ambien,

teknik pengambilan sampel kualitas udara ambien saat ini terbagi dalam dua kelompok besar yaitu pemantauan kualitas udara secara aktif (konvensional) dan secara pasif. Dari sisi parameter yang akan diukur, pemantauan kualitas udara terdiri dari pemantauan gas dan partikulat



Gambar 1. Klasifikasi Sampling Kualitas Udara

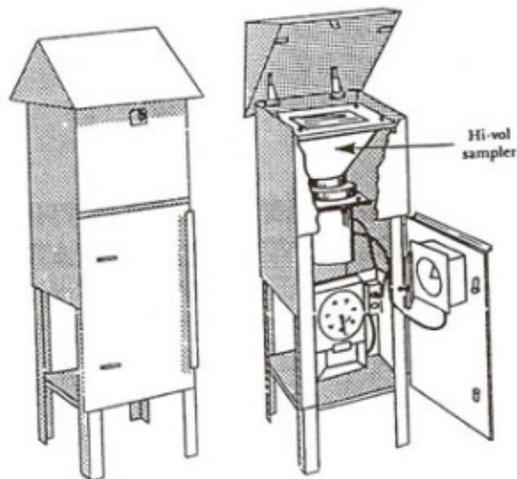
### 1. Metoda Pengujian Partikulat dari Udara Ambien secara Aktif

Partikulat atau debu adalah suatu benda padat yang tersuspensi di udara dengan ukuran dari 0,3  $\mu\text{m}$  sampai 100  $\mu\text{m}$ , berdasarkan besar ukurannya partikulat (debu) ada dua bagian besar yaitu debu dengan ukuran lebih dari 10  $\mu\text{m}$  disebut dengan debu jatuh (*dust-fall*) sedang debu yang ukuran partikulatnya kurang dari 10  $\mu\text{m}$  disebut dengan Suspended Partikulate Matter (SPM). Debu yang ukurannya kurang dari 10  $\mu\text{m}$  ini bersifat melayang-layang di udara.

Peralatan yang dipakai untuk melakukan pengukuran debu SPM (melayang-layang) diantaranya :

- **HVS (High Volume Sampler)**

Cara ini dikembangkan sejak tahun 1948 menggunakan filter berbentuk segi empat seukuran kertas A4 yang mempunyai porositas  $0,3 - 0,45 \mu\text{m}$  dengan kecepatan pompa berkisar  $1.000 - 1.500 \text{ lpm}$ . Pengukuran berdasarkan metoda ini untuk penentuan sebagai TSP (*Total Suspended Partikulate*). Alat ini dapat digunakan selama 24 jam setiap pengambilan contoh udara ambien. Bentuk alat HVS dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini :



**Gambar 2.***High Volume Sampler*

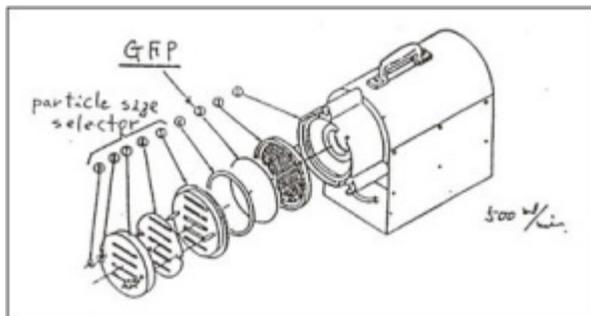
Cara operasional alat ini adalah sebagai berikut :

1. Panaskan kertas saring pada suhu  $105 \text{ oC}$ , selama 30 menit.

2. Timbang kertas saring, dengan neraca analitik pada suhu 105 oC dengan menggunakan vinset (Hati-hati jangan sampai banyak tersentuh tangan)
3. Pasangkan pada alat TSP, dengan membuka atap alat TSP. Kemudian dipasangkan kembali atapnya.
4. Simpan alat HVS tersebut pada tempat yang sudah ditentukan sebelumnya .
5. Operasikan alat dengan cara, menghiduo (pada posisi "On" ) pompa hisap dan mencatat angka flow ratenya (laju alir udaranya).
6. Matikan alat sampai batas waktu yang telah ditetapkan.
7. Ambil kertasnya, panaskan pada oven listrik pada suhu Timbang kertas saringnya.
8. Hitung kadar TSPnya sebagai mg/NM3
9. Metoda penggunaan alat ini bisa juga dilakukam, terhadap pm 10 atau pun dilanjutkan pada pengukuran parameter logam.

- **MVS (*Middle Volume Sampler*).**

Cara ini menggunakan filter berbentuk lingkaran (Bulat) dengan porositas 0,3-0,45  $\mu\text{m}$ , kecepatan pompa yang dipakai untuk pengangkapan suspensi *Particulate Matter* ini adalah 50 – 500 lpm.

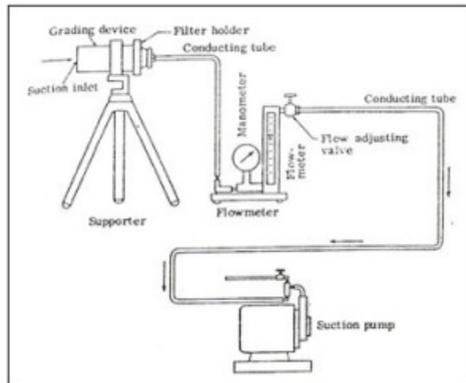


Gambar 3. *Middle Volume Sampler*

Operasional alat ini sama dengan *High Volume Sampler*, hanya yang membedakan dari ukuran filter membrannya. HVS ukuran A 4 persegi panjang, sedang MVS ukuran bulat diameter 12 cm.

- **LVS (*Low Volume Sampler*)**

Cara ini menggunakan filter berbentuk lingkaran (Bulat) dengan porositas 0,3-0,45  $\mu\text{m}$ , kecepatan pompa yang dipakai untuk pengangkatan Suspensi Partikulate Matter ini adalah 10 – 30 lpm. Alat LVS dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Low Volume Sampler*

## 2. Metoda Pengujian Partikulat dari Udara secara passif

Passive Sampler merupakan peralatan untuk sampling yang digunakan untuk mengambil sampel dari udara ambien. Prinsip kerjanya tidak membutuhkan power listrik karena

bersifat pasif dimana alat ini berbentuk bulat dan didalamnya terdapat kertas filter yang sudah diberi cairan khusus dari bahan kimia yang fungsinya untuk menangkap gas yang ada di udara sekeliling. Setelah sampling kemudian passive sampler tersebut dianalisa di laboratorium kualitas udara ( LAPAN 2015 ). Metode ini merupakan metode yang ekonomis dan dapat dilakukan di banyak tempat. Jika menggunakan biaya yang sama untuk manual aktif pada satu titik/lokasi, dengan metode pasif dapat dilakukan pengukuran di 10-12 titik.

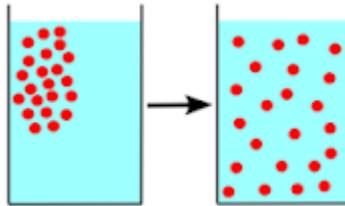
Metode ini membutuhkan perhitungan akurasi dan presisi, atau minimal presisi yang menandakan status kontrol kualitas laboratorium. Namun, saat ini belum banyak laboratorium yang dapat melakukannya dan di Indonesia belum ada panduan untuk kontrol kualitas dari data yang dihasilkan dengan pengukuran pasif. Keuntungan dari penggunaan metode passive sampler yaitu sebagai berikut:

1. Kompak, portable, tidak mengganggu, murah
2. Mampu mengukur tingkat polusi rata-rata dengan kisaran waktu periode sampling yang lebih luas (jam sampai bulan)
3. Tidak perlu pengawasan, tak berisik, dan dapat digunakan dalam lingkungan yang berbahaya.
4. Dapat digunakan untuk sampling indoor, outdoor dan personal sampler .
5. Tidak diperlukan pelatihan yang banyak ( tidak perlu skill yang tinggi)
6. Tidak memerlukan listrik

Prinsip dari metode passive sampler adalah

- Menggunakan kemampuan molekul pencemar untuk bergerak menuju absorben dan bereaksi dengan larutan penyerap

- Waktu pengukuran lebih lama (dibanding dengan metode aktif)



Gambar: Terjadi Perpindahan zat dari konsentrasi tinggi ke rendah

5 langkah pemasangan dan pemaparan alat passive sampler sebagai berikut:

1. Tentukan lokasi sampling dan titik koordinat (GPS)
2. Pasang tiang sampler setinggi 2,5 meter secara permanen (bagian bawah dicor)
3. Bawa sampler di dalam vial di dalam kantung plastik tertutup ke lokasi sampling
4. Keluarkan sampler dari vial, pasang pada jepitan di dalam shelter
5. Catat kode ID sampler dan waktu pemasangan pada formulir yang tersedia. Lakukan satu persatu untuk setiap sampler
6. Pasang sampler blanko (sampler yang masih di dalam vial) di dalam shelter (blanko perjalanan jangan dibuka)

#### **D. Metode analisis pencemaran udara**

Dalam pemilihan metode analisis pencemaran udara perlu dipertimbangkan mengenai presisi dan akurasi metode yang digunakan, karena konsentrasi pencemaran udara diambil dalam  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  atau ppb (Soedomo,2001). Beberapa metode analisis

yang umum digunakan untuk pengukuran pencemaran antara lain:

### **1. Colorimetric Analyzers (Spektrofotometri)**

Spektrofotometri menggunakan prinsip kolorimetri yaitu gas yang dilarutkan di dalam larutan reagen sehingga terjadi perubahan warna larutan. Keuntungan dari penggunaan alat ini adalah tidak memerlukan perawatan yang teliti dan reagen dapat diregenerasi. Beberapa contoh spektrofotometri misalnya :

- Galvanic colorimetric analyzers
- Amperometric colorimetric analyzers
- (Brorno) colorimetric analyzers (Soedomo,2001).

### **2. Conductimetric Analyzers**

Alat mengukur ini menggunakan prinsip berdasarkan sifat larutan dengan kekuatan ion-ion sehingga akan memiliki tahanan listrik tertentu ( konduktifitas). Conductimetric Analyzer ( pengukuran konduktifitas) banyak digunakan untuk pengambilan contoh gas  $\text{SO}_2$  dengan menggunakan absorban  $\text{H}_2\text{SO}_4$  encer atau air suling (Soedomo,2001).

### **3. Chemiluminescent Analyzers**

Alat ini banyak digunakan untuk  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , dan Oksidan, dengan cara mengukur energy cahaya yang dihasilkan oleh reaksi gas pencemar yang akan diukur dengan gas reagen, energy cahaya ditangkap oleh tabung photomultiplier, diperkuat dan dipancarkan ke pembaca. Energy cahaya yang diukur tersebut sebanding dengan kuantitas pencemar rekatif. Beberapa persyaratan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang dapat diandalkan (valid) pada metode ini adalah :

- Laju aliran udara konstan
- Gas Reagen cukup

- Reactor memadai
  - Tabung multiplier stabil dan sensitive
  - Perlu kalibrasi dinamis
  - Digunakan untuk O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, dan oksidan (Soedomo,2001).
- 4. Non Dispersive Infra Red Analyzers (NDIR)**
- Metoda ini digunakan untuk CO dan zat zat lain yang dapat menyerap cahaya sinar infra merah. Gas didalam alat penganalisis akan menyerap energy infra merah sebanding dengan konsentrasinya (Soedomo,2001).
- 5. Gas Chromatography fid**
- Metoda ini digunakan pada kolom dengan absorbent padat berlapis senyawa cair pada tekanan uap rendah. Data konsentrasi HC (Hidrokarbon) diperoleh setelah terjadi pemisahan, sedangkan untuk CO data konsentrasi diperoleh setelah mengubahnya terlebih dahulu menjadi CH<sub>4</sub> (Soedomo,2001).
- 6. Ultra Violet Absorption**
- Metoda ini digunakan pengukuran O<sub>3</sub> dengan menggunakan prinsip penyerapan energy ultra violet (Soedomo,2001).
- 7. Flame Photometric Detector**
- Metoda ini digunakan untuk pengukuran senyawa senyawa mengandung sulfur tanpa dapat membedakan spesiesnya. Alat ini menggunakan detector pembakar gas H<sub>2</sub> dan tabung multiplier. Kuantitas pencemar sebanding dengan energy sinar elemen terbakar di dalam bahan bakar yang kaya akan nyala H<sub>2</sub> (Soedomo,2001).
- 8. Continous Analyzers untuk partikulat**
- Beberapa jenis penganalisis partikulat misalnya :
- Piezoelectric Particle Analyzer dengan osilasi kristal kuarsa. Partikel yang mengendap pada kristal akan menyebabkan turunnya frekuensi resonansi sebanding dengan massa.

- Nephelometry dengan metode optikal
- Beta Radiator Detector (Soedomo,2001).

## 9. Gravimetric

PM10 (partikel <10) dapat diukur dengan menggunakan alat High Volume Air Sampler (HVAS) yaitu merupakan peralatan yang digunakan untuk pengumpulan kandungan partikel melalui filtrasi, sejumlah besar volum udara di atmosfer dengan memakai pompa vakum kapasitas tinggi, yang dilengkapi dengan filter dan alat control laju alir. Prinsip kerja dari high volume air sampler dengan metode gravimetri adalah menentukan konsentrasi debu yang ada di udara dengan menggunakan pompa isap. Udara yang terhidap disaring dengan filter, sehingga debu yang ada di udara akan menempel pada filter tersebut. Berdasarkan jumlah udara yang terhisap dan berat debu yang menempel pada filter, akan diketahui konsentrasi debu yang ada di udara (Aprianti, 2010)

## 10. Sallzman

Pada Metode Griess-Saltman-Spectrofotometri, untuk menganalisa NO<sub>2</sub> di udara dapat dilakukan dengan mereaksikan NO<sub>2</sub> dengan pereaksi Griess Saltman (absorbent) membentuk senyawa yang berwarna ungu. Intensitas warna yang terjadi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm. Prinsip Dasar adalah Absorber untuk penangkapan NO<sub>2</sub> adalah absorber dengan desain khusus dan porositas frittednya berukuran 60 µm. Untuk pengukuran NO, sample gas harus dilewatkan ke dalam oxidator terlebih dahulu ( seperti KMnO<sub>4</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (Muhammad Arief).

## 11. Pararosaniline

Prinsip Dasar SO<sub>2</sub> di udara diserap/diabsorpsi oleh larutan kalium tetra kloromercurate (absorbent) dengan laju

flowrate 1 liter/menit.  $\text{SO}_2$  bereaksi dengan kalium tetra kloromercurate membentuk kompleks diklorosulfitomercurate . Dengan penambahan pararosaniline dan formaldehyde akan membentuk senyawa pararosaniline metil sulfonat yang berwarna ungu kemerahan. Intensitas warna diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 560 nm (James, 1989).

## 12. Chemiluminescence

Gas NO diudara direaksikan dengan gas ozon membentuk nitrogen dioksida tereksitasi.  $\text{NO}_2$  yang tereksitasi akan kembali pada posisi ground state dengan melepaskan energi berupa cahaya pada panjang gelombang 600 - 875 nm. Intensitas cahaya yang diemisikan diukur dengan photomulltifier , Intensitas yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi NO di udara. Sedangkan gas  $\text{NO}_2$  sebelum direaksikan dengan gas ozon terlebih dahulu direduksi dengan katalitik konventor.

Prinsip kerja chemiluminescent analyzers dengan cara mengukur energi cahaya yang dihasilkan oleh reaksi gas pencemar yang akan diukur dengan gas reagen, energi cahaya ditangkap oleh tabung photomultiplier, diperkuat dan dipancarkan ke pembaca. Energi cahaya yang diukur sebanding dengan kuantitas pencemar reaktif. (Muhammad Arief).

## 13. Flame Ionization

Metode ini menggunakan alat Flame Ionization Detector atau FID. Deteksi FID berdasarkan pengukuran jumlah atom karbon, dimana aliran gas yang keluar dari kolom akan melewati nyala yang berupa pembakar kecil. Senyawa organik akan terurai menjadi pecahan sederhana bermuatan positif. Pecahan ini meningkatkan daya hantar di sekitar nyala, tempat yang dipasang elektroda, dan

peningkatan daya hantar ini dapat diukur dengan mudah dan direkam (Gandjar dan Rohman, 2012).

#### Ringkasan:

Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan antara lain industry, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Metode sampling yang digunakan untuk mengukur kualitas udara terbagi menjadi 2 jenis yaitu sampling udara ambien dan sampling sumber. Teknik sampling kualitas udara dilihat lokasi pemantauannya terbagi dalam dua kategori yaitu teknik sampling udara emisi dan teknik sampling udara ambien. Sampling udara emisi adalah teknik sampling udara pada sumbernya seperti cerobong pabrik dan saluran knalpot kendaraan bermotor. Teknik sampling kualitas udara ambien adalah sampling kualitas udara pada media penerima polutan udara/emisi udara.

## LATIHAN SOAL

1. Suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi adalah
  - a. udara
  - b. atmosfer
  - c. biosfer
  - d. Stratosfer
2. Sampling udara yang dilakukan langsung pada sumber pencemaran adalah:
  - a. Sampling Emisi
  - b. Sampling Ambien
  - c. Sampling Aktif
  - d. Sampling Pasif
3. Sampling kualitas udara pada media penerima polutan udara adalah:
  - a. Sampling Emisi
  - b. Sampling Ambien
  - c. Sampling Sumber
  - d. *Accidental Sampling*
4. Sampling kontinu adalah
  - a. Sampling yang dilakukan dengan interval waktu yang reguler dan kecil
  - b. Sampling yang dilakukan berdasarkan waktu mingguan, bulanan atau tahunan
  - c. Sampling yang dilakukan pada saat tertentu saja
  - d. Sampling yang dilakukan hanya dengan durasi waktu 1 jam
5. Sampling setengah kontinu adalah
  - a. Sampling yang dilakukan dengan interval waktu yang reguler dan kecil

- b. Sampling yang dilakukan berdasarkan waktu mingguan, bulanan atau tahunan
  - c. Sampling yang dilakukan pada saat tertentu saja
  - d. Sampling yang dilakukan hanya dengan waktu 1 jam
6. Sampling sesaat adalah
- a. Sampling yang dilakukan dengan interval waktu yang reguler dan kecil
  - b. Sampling yang dilakukan berdasarkan waktu mingguan, bulanan atau tahunan
  - c. Sampling yang dilakukan pada saat tertentu saja
  - d. Sampling yang dilakukan hanya dengan waktu 3 x 1 jam dalam hari yang sama
7. Berikut ini merupakan keuntungan menggunakan metode passive sampling udara adalah kecuali,
- a. Butuh pelatihan khusus
  - b. Tidak memerlukan listrik
  - c. Bisa digunakan untuk sampling outdoor dan indoor
  - d. Kompak, portable, tidak mengganggu, murah
8. Alat pengukur udara yang menggunakan prinsip berdasarkan sifat larutan dengan kekuatan ion-ion
- a. Conductimetry Analyzers
  - b. Colorimetric Analyzers
  - c. Chemiluminescent Analyzers
  - d. Non Dispersive Infra Red Analyzers
9. Alat yang banyak digunakan untuk mengukur O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, dan Oksidan, dengan cara mengukur energy cahaya
- a. Conductimetry Analyzers
  - b. Colorimetric Analyzers
  - c. Chemiluminescent Analyzers
  - d. Non Dispersive Infra Red Analyzers
10. Metoda pengukur CO dan zat zat lain yang dapat menyerap cahaya sinar infra merah.

- a. Conductimetry Analyzers
- b. Colorimetric Analyzers
- c. Chemiluminescent Analyzers
- d. Non Dispersive Infra Red Analyzers

### **SOAL ESAY**

1. Sebutkan minimal 4 sumber pencemaran udara!
2. Apa yang di maksud dengan Total Suspended Particulate (TSP)? Jelaskan!
3. Jelaskan metode sampling udara yang dapat dilakukan dalam kaitannya dengan pengendalian pencemaran udara!
4. Jelaskan bagaimana ketentuan pengambilan sampel udara ambient!

## REFERENSI

Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Bogor: Kanisius.

Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.

LAPAN. 2015. Teknik Pemantauan Deposisi Kering dengan Passive Sampler dan Analisanya. Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional ( Power Point ).

Dewi Aprianti, Hermawati W., Osha Ombasta, dan Zahra Mediawaty. Laporan Praktikum : Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan Metode Gravimetri. 2010. Universitas Indonesia : Depok.

Muhammad Arief,Ir,MSc. METODE SAMPLING. Universitas Esa Unggul.

Lodge James P., 1989 “ Methods of Air Sampling and Analysis , Third Edition, Lewis Publisher Inc., Michigan

Gandjar, I. G., dan A. Rohman. 2012. Analisis Obat secara Spektrofotometri dan Kromatograf. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

<https://mizzpurple20.wordpress.com/2013/02/14/teknik-sampling-kualitas-udara/> di akses tanggal 14 Mei 2018

<http://www.fitrihadyamrullah.my.id/2016/09/5-langkah-pemasangan-dan-pemaparan-alat-passive-sampler.html> akses tanggal 14 Mei 2018

## **ANALISA KUALITAS TANAH**

### **Tujuan Pembelajaran**

1. Mahasiswa paham dan mengerti tentang kesehatan tanah melalui sifat fisik tanah
2. Mahasiswa paham dan mengerti cara untuk mengukur pH
3. Mahasiswa paham dan mengerti fungsi peengapuran pada tanah
4. Mahasiswa paham dan mengerti akan N dan P dalam tanah

### **Kompetensi Lulusan**

1. Mahasiswa telah mengikuti dan lulus mata kuliah dasar kesehatan lingkungan
2. Mahasiswa mengikuti seluruh rangkaian praktikum baik di ruangan maupun di lapangan
3. Mahasiswa mengikuti dan lulus ujian Responsi analisis kualitas lingkungan

### **A. Deskripsi Umum**

Tanah adalah produk tranformasi mineral dan bahan organik yang terletak dipermukaan sampai kedalaman tertentu yang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Tanah bersama dengan air dan udara merupakan sumberdaya alam utama yang sangat mempengaruhi kehidupan. Kualitas air dan tanah yang tidak baik akan berpengaruh tidak baik terhadap penduduk sekitarnya. Selain itu, tanah merupakan media yang sangat baik untuk mendaur ulang dan mengurangi sifat racun bahan-bahan organik, serta untuk mendaur ulang banyak unsur dan gas-gas global. Oleh karena itu tanah menjadi alternatif pertama untuk pembuangan limbah yang sangat murah.

Kesehatan tanah memeberikan hubungan pada kesehatan tanaman, hewan dan manusia. Tanah-tanah yang sehat dapat memberikan sumbangan yang besar pada kualitas tanah.

Kualitas tanah dapat dilihat berdasarkan sifat tanah dan kemampuan tanah untuk menampakkan fungsi produktivitas, lingkungan dan kesehatan. Menurut sebagian besar ahli tanah mengatakan bahwa kualitas tanah dipengaruhi oleh bahan organik tanah. Akan tetapi bahan organik tanah sebagai komponen tunggal saja tidak bisa digunakan untuk menjadi indikator atau kualitas tanah. Hal ini disebabkan pH tanah dapat mempengaruhi ketersediaan bahan organik.

### **Sifat Tanah**

- 1. Sifat Fisik Tanah**, porositas, tekstur, struktur, konsistensi, bobot, aerasi, temperature dan warna tanah
- 2. Sifat Kimiawi Tanah**

Tanah berdasarkan ukuran partikelnya merupakan campuran dari pasir, debu dan liat. Makin halusnya partikel akan menghasilkan luas permukaan partikel per satuan bobot yang makin luas, berarti liat merupakan fraksi tanah yang berpermukaan paling luas dibandingkan dengan 2 fraksi lainnya. Hal ini yang menunjukkan bahwa fraksi liatlah yang sangat menentukan sifat kimiawi tanah, yang menunjukkan kesuburan tanah.

Bagian fraksi tanah yang mempunyai muatan listrik negatif (anion) atau positif (kation) disebut dengan MIESEL atau Koloid, yang terdiri dari partikel liat berukuran koloid dan partikel-partikel organik atau humus. Muatan listrik ini terjadi di permukaan koloid anorganik (liat halus) terjadi akibat proses fisik yang menghancurkan bebatuan dan menghasilkan partikel-partikel berpermukaan tak asli hasil patahan-patahan yang memutuskan ikatan pada rantai senyawa-senyawa kimiawi penyusun bebatuan tersebut.

Pemutusan ikatan antar ion pada permukaan luar koloid dan substitusi isomorfik antara kation inti pada permukaan dalam koloid yang terjadi selama proses pelapukan mineral

dan dekomposisi bahan organik inilah yang menyebabkan timbulnya muatan listrik pada permukaan koloid atau misel tanah.

### **pH Tanah**

Keasamaan (pH) tanah secara sederhana merupakan ukuran aktivitas  $H^+$  dan dinyatakan sebagai  $-\log_{10}$ . Di dalam tanah pH sangat penting dalam menentukan aktivitas dan dominasi mikroorganisme dalam hubungannya dengan proses-proses yang erat kitannya dengan mikroorganisme seperti siklus hara (nitrifikasi, denitrifikasi, dll), dekomposisi, sintesa senyawa kimia organik dan transport gas ke atmosfer oleh mikrobial seperti metana,  $CH_4$ . Selain itu, pH dapat digunakan sebagai indikator kesuburan kimiawi tanah, karena dapat mencerminkan ketersediaan unsur hara dalam tanah tersebut.

Pola ketersediaan hara menunjukkan bahwa pH optimum untuk ketersediaan unsur hara adalah sekitar 7,0 karena pH ini semua unsur makro tersedia secara maksimum sedangkan unsur hara mikro tidak maksimum kecuali Mo, sehingga kemungkinan terjadinya toksisitas unsur mikro tertekan. Pada pH di bawah 6,5 dapat terjadi defisiensi P, Ca, dan Mg serta toksisitas B, Mn, Cu, Zn dan Fe; sedangkan pada pH di atas 7,5 dapat terjadi defisiensi P, B, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca, dan Mg juga keracunan B dan Mo.

Aktivitas  $H^+$  di dalam tanah atau pH tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti berikut:

**1. Dekomposisi Bahan Organik**, proses dekomposisi bahan organik tanah yang dilakukan oleh mikroorganisme secara terus menerus membentuk asam-asam organik, karbon dioksida ( $CO_2$ ), air dan senyawa pembentuk asam karbonat. Selanjutnya, asam karbonat akan bereaksi dengan Ca dan Mg karbonat yang terdapat di dalam tanah untuk membentuk

bikarbonat yang lebih larut, yang bisa tercuci ke luar dan meninggalkan tanah yang masam.

2. **Bahan Induk**, tanah berkembang dari bahan induk yang berupa batuan dan bahan organik. Selanjutnya batuan dikelompokkan menjadi batuan beku, sedimen dan metamorfose. Batuan beku umumnya mempunyai pH tinggi dibandingkan dengan tanah yang berkembang dari batuan masam. Sifat asam basa batuan beku sangat erat hubungannya dengan kadar  $\text{SiO}_2$  dan kadar Fe dan Mg, yaitu makin besar  $\text{SiO}_2$  dan makin besar kadar Fe dan MG batuan makin bersifat masam.
3. **Pengendapan**, jika air bearsal dari air hujan yang melawati tanah, kation-kation basa seperti Ca dan Mg akan tercuci. Kation-kation basa akan hilang tersebut kedudukannya di tapak jerapah tanah yang akan terganti oleh kation-kation masam seperti Al, H dan Mn. Tanah-tanah yang terbentuk pada lahan dengan curah hujan tinggi biasanya lebih masam dibandingkan pada tanah-tanah pada lahan kering.
4. **Vegetasi alami**, tanah-tanah yang berada di bawah kondisi vegetasi hutan cenderung lebih masam dibandingkan dengan yang berkembang di bawah padang rumput. Hutan tanaman dengan daun kecil dapat menyebabkan lebih masam dibandingkan hutan tanaman dengan daun lebar.
5. **Pertumbuhan tanaman**, tanaman sering menjadi masam jika ditanami atau untuk aktivitas pertanian, sebab basa-bas akan hilang (ikut tepanen).
6. **Kedalaman tanah**, Pada lahan dengan curah hujan yang tinggi, umunya kemasaman meningkat sesuai dengan kedalaman lapisan tanah, sehingga kehilangan topsoil oleh erosi dapat menyebabkan lapisan olah tanah menjadi lebih masam.

7. **Pupuk Nitrogen**, pemberian pupuk N dengan dosis yang lebih besar menyebabkan pemasaman tanah lebih besar. Pada jenis tanah kalkareous pengaruh pemasaman dapat menguntungkan. Apabila Fe, Mn dan unsur mikro dalam kondisi defisien, penurunan pH dapat membuat unsur tersebut lebih larut. Pupuk  $\text{NH}^+$  dosis tinggi pada tanah agak masam dapat menurunkan 1 pH unit dalam periode 3-4 minggu, hal ini disebabkan oleh proses nitrifikasi ( $\text{NH}^+$  cepat diubah menjadi  $\text{NO}_3^-$  dan melepaskan  $\text{H}^+$ , sehingga tanah masam). Selanjutnya di bidang pertanian, penurunan pH berpengaruh terhadap penurunan efektivitas herbisida yang digunakan untuk penurunan kecepatan dekomposisi unsur organik dan pertumbuhan tanaman.
8. **Penggenangan**, pengaruh keseluruhan penggenangan adalah meningkatkan pH tanah masam dan menurunkan pH tanah-tanah alkalin. Tanpa melihat pH tanah awal, pH tanah tergenang akan bervariasi sebagian besar antara 6,5-7,2 untuk satu bulan setelah penggenangan dan hingga kering.

## **B. Cara mengukur pH tanah dan Pemberian Kapur**

Terdapat 2 metode yang paling umum digunakan untuk mengukur pH tanah yaitu dengan kertas lakmus dan pH meter. Kertas lakmus sering digunakan di lapangan karena prosesnya lebih cepat, tetapi pengukuran ini diperlukan keahlian untuk mengurangi kesalahan. Namun untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat secara luas, metode pengukuran menggunakan pH meter lebih tepat. Pengukuran ini sering digunakan di laboratorium.

Nilai pH yang diukur hanya menggambarkan kemasaman aktif, yaitu pengukuran aktivitas  $\text{H}^+$  yang hanya di dalam larutan tanah (kemasaman aktual). Kemasaman potensial merupakan gambaran aktivitas  $\text{H}^+$  yang diadsorpsi/diikat oleh

bahan organik dan mineral liat tanah. Pada tanah alkalin, penurunan pH dapat dilakukan dengan penambahan *Sulfur atau bahan bersulfur*, sedangkan pada tanah yang masam peningkatan pH dan sekaligus peningkatan kejenuhan basa dapat dilakukan dengan pengapuran. Pengapuran pada tanah yang masam bertujuan untuk ;

1. Meningkatkan pH tanah dan,
2. Kejenuhan basa,
3. Ketersediaan hara bagi tanaman meningkat,
4. Potensi toksik dari unsur mikro atau unsur toksik (seperti Al) menjadi tertekan.
5. Dengan membaiknya sifat kimiawi tanah, maka aktivitas mikrobia dalam penyediaan hara dan zat perangsang tumbuhan juga membaik, sehingga akumulatif akan menghasilkan
6. Pertumbuhan dan produksi tanaman yang optimum.

Pengaruh pengapuran yang tidak dilakukan dengan tetap akan berpengaruh negatif terhadap sifat kimiawi dan biologis. Oleh karena itu, pengapuran (juga pemupukkan) harus dilakukan dengan empat pilar tepat yaitu, tepat dosis, tepat cara, tepat waktu dan tepat kondisi. Kebutuhan kapur untuk pengapuran ditentukan sebagai berikut:

1. Metode Shoemaker, Mc lean dan Pratt-singel Buffer (SMP-SB), dalam metode digunakan larutan encer penyangga tunggal berupa larutan trietanolamin paranitrophenol, kalium kromat, dan kalsium asetat. Metode ini mudah digunakan dan cepat.
2. Yuan double buffer, dalam metode ini menggunakan 2 larutan penyangga.
3. Modified Shoemaker, Mc Lean & Pratt (SMP modifikasi).

4. Mehlich Single Buffer, metode ini didasarkan pada kemasaman dan ditukar pada tanah-tanah, khususnya Ultisol North Carolina.
5. Aluminium dapat dituka ( $AL_{dd}$ ) (Kamprath), yaitu metode banyak digunakan pada tanah-tanah mineral masam tropika, khususnya Utisol dan Oksisol, yang banyak enghadapi masalah  $Al^{+3}$  ( $AL_{dd}$ ) yang sangat tinggi. Metode ini ditunjukkan untuk penurunan kelarutan Al hingga pada konsentrasi yang tidak membahayakan pertumbuhan tanaman.

### **C. Bahan Organik Tanah**

Tanah tersusun oleh padatan, air dan udara. Bahan padatan ini meliputi bahan mineral berukuran pasir, debu dan liat serta bahan organik. Bahan organik tanah biasanya menyusun sekitar 5% bobot total tanah, meskipun hanya sedikit tetapi memegang peran penting dalam menentukan kesuburan tanah, baik secara fisik, kimiawi, maupun secara biologis tanah. Bahan organik tanah adalah kumpulan beragam (continuum) senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi (disebut biontik), termasuk mikroba heterotrofik dan ototrofik yang terlibat (biotik).

Sumber primer bahan organik tanah maupun seluruh fauna dan mikroflora adalah jaringan organik tanaman, baik berupa daun, batang/cabang, buah maupun akar, sedangkan sumber sekunder berupa jaringan organik fauna termasuk kotorannya secara mikroflora. Dalam pengelolaannya bahan organik tanah, sumbernya berasal dari pemberian pupuk organik berupa pupuk kandang (kotoran hewan ternak yang telah

mengalami dekomposisi), pupuk hijau dan kompos, serta pupuk hayati.

## **Unsur Hara Makro**

### **1. Unsur Nitrogen (N)**

Nitrogen (N) merupakan unsur hara esensial (keberadaannya mutlak ada untuk kelangsungan pertumbuhan dan perkembangan tanah). Sebagian besar nitrogen yang terdapat di atmosfer yaitu sekitar 78%, lebih tinggi daripada oksigen yaitu sekitar 22%. Nitrogen di atmosfer dalam bentuk senyawa  $N_2$  (gas inert) yang tidak bisa secara langsung untuk dimanfaatkan di tanaman tingkat tinggi. Ada 4 pola dasar perubahan  $N_2$  tersebut menjadi bentuk N yang dapat dimanfaatkan:

- a. Fiksasi oleh rhizobia dan mikroorganisme lain yang bersimbiosis baik oleh tanaman leguminose maupun non-leguminose.
- b. Fiksasi oleh mikroorganisme tanah yang hidup bebas (*Azotobacter* dan *Clostridium*) dan kemungkinan oleh organisme yang hidup pada daun-daun tanaman tropik.
- c. Larut dalam air hujan oleh muatan listrik/energi di atmosfer
- d. Fiksasi dengan berbagai metode yang dilakukan oleh pabrik-pabrik pupuk.

Nitrogen di dalam tanaman dijumpai baik dalam bentuk anorganik maupun organik. Nitrogen organik yang terdapat di tanaman lebih dominan daripada anorganik sebagai senyawa protein yang mempunyai berat molekul tinggi. Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara pemberian pupuk N dengan protein, pemberian pupuk N

dengan dosis N secara langsung dapat meningkatkan kadar protein pada tanaman.

Semua atau sebagian besar pupuk N komersil mempunyai kelarutan tinggi jika diberikan ke dalam tanah. Berbeda dengan pupuk dari bahan organik (pupuk kandang, pupuk hijau, dan kompos) akan melepaskan N jika N telah di dekomposisi. Semua bentuk N di dalam tanah akan di konversikan atau dioksidasi menjadi  $\text{NO}_3^-$ , yang selanjutnya menjadi subyek reaksi/proses denitrifikasi, erosi, dan pencucian. Sehingga bentuk  $\text{NO}_3^-$  di dalam tanah sangat tidak stabil.

Nitrogen di dalam tanah maupun di dalam tanaman bersifat sangat mobil, sehingga keberadaan N di dalam tanah cepat berubah atau bahkan hilang. Kehilangan N dari tanah dapat melalui beberapa cara:

- a. Kegiatan panen, pada saat panen kehilangan N tanah paling besar dan tergantung jenis produksi, frekuensi atau intensitas penanaman tanaman.
- b. Volitilias,  $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{NH}_3$
- c. Denitrifikasi, erosi dan lain-lain.

## 2. Unsur Fosfor (P)

Fosfor merupakan unsur hara yang esensial, dalam bidang pertanian sangat penting karena fungsinya yang tidak dapat digantikan oleh unsur lainnya. Di Indonesia pupuk P sangat bermasalah, karena selain efisien pemupukan P rendah juga tambang P di Indonesia yang jarang, beragam dan berkadar rendah, sehingga untuk mencukupi kebutuhan pupuk P harus mengimport. Kondisi ini yang menjadikan harga pupuk P sangat mahal dan akhirnya kurang terjangkau bagi petani.

Tanah-tanah muda dengan curah hujan rendah biasanya mengandung P cukup tinggi, apabila dibandingkan dengan tanah-tanah yang telah mengalamipelapukan lanjut dan berkembang di daerah dengan curah hujan yang tinggi. Kehilangan P dari suatu tempat/tanah sangat erat hubungannya dengan proses *run off* dan erosi sangat banyak di jumpai pada daerah-daerah bercurah tinggi. Oleh karena itu untuk meningkatkan kesuburan tanah akibat kehilangan P atau rendah dilakukan pemupukan secara *Band* dibandingkan sebar.

Di negara-negara maju pemupukkan secara banding lebih banyak diterapkan daripada dengan cara sebar. Sedangkan di negara sedang berkembang, tenaga manusia masih dominan cara sebar lebih banyak diterapkan. Pemupukan dengan cara sebar memiliki dampak merugikan karena pemberian pupuk yang overdosis sedangkan dengan cara banding dosis dapat diatur.

#### **D. Biota Tanah**

Secara ekologis tanah tersusun oleh 3 kelompok material yaitu material hidup (faktor biotik) berupa biota (jasad-jasad hayati), faktor abiontik berupa bahan organik dan faktor abiotik berupa pasir, debu dan liat. Bahan organik tanah berasal dari sisa-sisa tanaman dan hewan yang mengalami perombakkan, selama proses ini berbagai jasad hayati tanah, baik yang menggunakan tanah sebagai liangnya maupun hidup dan beraktivitas di dalam tanah, memainkan peran penting dalam perubahan bahan organik yang berbentuk segar menjadi sederhana.

## **1. Ekologi Tanah dan Ekosistem Tanah**

Ilmu yang membahas hubungan biota tanah dengan lingkungannya (ekosistem tanah) disebut dengan ekologi tanah. Seluruh kehidupan di alam raya bersama lingkungan secara keseluruhan menyusun ekosfer. Ekosfer yang dihuni oleh berbagai komunitas biota yang mandiri seta lingkungan abiotik (anorganik) dan sumber-sumbernya disebut dengan ekosistem. Di dalam ekosistem tanah terdapat 3 kelompok terpenting meliputi foto ototrofik meliputi tumbuhan tingkat tinggi dan beberapa algae, kemototrofik seperti bakteri nitrifikasi dan bakteri pengoksidasi serta kemo-heterotrofik seperti hewan, protozoa, jamur dan beberapa bakteri.

## **2. Biomass dan biodiversiti**

Populasi, jenis dan aktivitas mikroba dalam tanah tergantung pada kondisi tanah. Kondisi tanah tergantung pada sifat alami dan pengaruh nonalami. Populasi dan biodiversiti jasad tanah tergantung pada aktivitas masing-masing golongannya yang terutama dipengaruhi oleh 3 faktor utama, yaitu:

- a. Cuaca, terutama curah hujan dan kelembaban,
- b. Kondisi/sifat tanah, terutama kemasaman, kelembaban, suhu dna ketersediaan hara, dan
- c. Tipe vegetasi penutup lahan, misalnya hutan, belukar dan padang rumput.

## **3. Klasifikasi Biota tanah**

Secara umum jasad hayati digolongkan menjadi:

- a. Fauna meliputi:
  - a) Fauna makro terdiri dari herbivora dan karnivora.
  - b) Fauna mikro berupa pemangsa parasit, meliputi nematoda, protozoa dan rotifera.

- b. Mikroflora meliputi: a) ganggang, b) cendawan, c) aktinomicetes dan d) bakteri.

Berdasarkan spesifikasi fungsinya, maka jasad hayati tanah dapat digolongkan menjadi:

- a. Jasad fungsional jika fungsinya dalam tanah bersifat spesifik, misalnya bakteri nitrosomonas dan nitrobacteryang berperan dalam nitirfikasi.
- b. Jasad non-fungsional jika berperan tidak spesifik misalnya mikroba dekomposer bahan organik.

#### **4. Fauna Tanah**

##### **a. Cacing tanah**

Diantara fauna tanah di daerah Humid sedang, cacing tanah merupakan penyumbang bahan organik terbesar. Cacing tanah merupakn pemakan tanah dan bahan organik segar di permukaan tanah, masuk (sambil menyeret sisa-sisa tanaman) ke liangnya, kemudian mengeluarkan kotorannya (bungan tanah) di permukaan tanah. Aktivitas naik-turunnya cacing ini berperan dalam pendistribusian dan pencampuran bahan organik dalam solum tanah, yang kemudian berpengaruh positif terhadap kesuburan tanah, baik secara fisik, kimiawi dan biologis.

##### **b. Arthropoda**

Arthropoda merupakan fauna tanah yang macam dan jumlahnya cukup banyak yang paling menonjol adalah springtail dan kutu.

##### **c. Vertebrata**

Vertebrata mempengaruhi tanah mirip rayap dan semut yaitu lewat aktivitas pembuangan sarang dantranslokasi jaringan organik makannya ke dalam sarang. Hal ini terkait translokasi jaringan organik oleh semut atau rayap ke dalam tanah, yang

kemudian dikonsumsi oleh jamur. Jamur tersebut merupakan makanan semut. Hal ini pula yang menyebabkan tingginya unsur hara di sekitar sarang semut.

## **5. Mikrobia tanah**

### **1. Bioindikator Umum**

Banyak cara yang digunakan untuk menentukan jumlah dan aktivitas mikroorganisme tanah. Penentuan tersebut dapat dilakukan secara langsung dengan mikroskop elektron dan secara tidak langsung dengan metode cawan atau serial larutan MPN (*most probable number*). Berikut ini adalah dua indikator yang mencerminkan populasi dan aktivitas mikroba secara umum:

#### **a. Total mikroba**

Jumlah total mikroba dalam tanah digunakan sebagai indeks kesuburan tanah tanpa mempertimbangkan hal-hal lain, karena pada tanah yang subur jumlah mikrobanya tinggi. Pada populasi yang tinggi menggambarkan adanya suplai makanan atau energi yang cukup ditambah dengan temperatur yang sesuai, ketersediaan air yang cukup dan kondisi ekologi lain yang mendukung.

#### **b. Biorespirasi**

Pengukuran respirasi (mikroba) tanah merupakan cara yang pertama kali digunakan untuk menentukan tingkat aktivitas mikroba tanah. Sampai saat ini metode ini paling sering digunakan, hasilnya yang peka dan konsisten, sederhana dan tidak memerlukan peralatan yang

mahal. Penetapan respirasi tanah di dasarkan pada penetapan:

- 1) Jumlah CO<sub>2</sub> yang dihasilkan,
- 2) Jumlah O<sub>2</sub> yang digunakan oleh mikrobia tanah.

Pengukuran respirasi ini berkorelasi baik dengan perubahan kesuburan tanah yang berkaitan dengan aktivitas mikrobia seperti:

- 1) kandungan bahan organik
- 2) transformasi N dan P
- 3) Hasil antara
- 4) pH
- 5) rata-rata jumlah mikroorganisme.

## **2. Mikrofauna**

Mikrofauna tanah terdiri dari protozoa dan nematoda, nematoda di tanah di bagi menjadi:

- 1) Nematoda pemakan sisa-sisa jaringan
- 2) Pemakan cacing tanah, nematoda lainnya, parasit tanaman, bakteri dll.
- 3) Parasit hidup dalam akar tanaman (yang dikenal sebagai hama akar).

## **3. Mikroflora tanah**

- a. Bakteri, sebagian besar bakteri tanah merupakan *khemoheterotropik* yang tergantung pada karbon organik dan bersifat non-fotosintek, berperan besar dalam siklus energi dan hara.
- b. Fungi, merupakan mikrobia organo/heterotropik yang ariatif baik dari segi ukuran maupun strukturnya. Fungi ditemukan dalam tnaah dan aktif pada tanah pertama proses dekomposisi bahan organik, berperan penting:
  - 1) Dalam agregasi tanah

- 2) Ada yang bersifat patogen. Disamping itu ada petunjuk bahwa fungi yang bersifat saprofit mempengaruhi kehidupan dan tingkat penyakit yang disebabkan oleh jasad tanah melalui kompetisi, antagonisme atau parasit.
- c. Algae, algae erat sekali hubungannya dengan ketersediaan air yang berlebihan.
- d. Mikrobial selulolitik.

#### Ringkasan:

Kesehatan tanah memberikan hubungan pada kesehatan tanaman, hewan, dan manusia. Kualitas tanah dapat dilihat berdasarkan sifat tanah dan kemampuan tanah untuk menampakan fungsi produktivitas, lingkungan dan kesehatan. Sifat tanah terbagi dua yaitu sifat fisik dan sifat kimia tanah. Terdapat 2 metode untuk mengukur pH tanah yakni menggunakan kertas lakmus dan pH meter. Pengapuran pada tanah yang masam bertujuan untuk meningkatkan pH tanah, kejenuhan basa, ketersediaan hara meningkat, potensi toksik dari unsur mikro atau unsur toksik menjadi tertekan, pertumbuhan dan produksi tanaman yang optimum. Bahan organik tanah terdiri dari unsur Nitrogen (N) dan Fosfor (P).

## **SOAL ESAY**

1. Sebutkan dan jelaskan sifat fisik tanah ?
2. Aktivitas  $H^+$  di dalam tanah atau pH tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, Sebutkan minimal lima ?
3. Sebutkan dan jelaskan secara singkat dua metode yang paling umum digunakan untuk mengukur pH tanah ?
4. Tujuan dari pengapuran pada tanah yang masam adalah ?
5. Sebutkan unsur Hara makro yang kalian ketahui ?

## REFERENSI

Sugeng Winarso, 2005, *Kesuburan Tanah, Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*, Yogyakarta, Gava Media

Kemas Ali Hanafiah. 2014. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta. Raja Grafindo Persada

## **BIODATA PENULIS :**

**Ahmad Faizal Rangkuti, S.KM., M.Kes**, lahir di Mandailing Natal, 23 Agustus 1987, tamat SD Negeri Bangun Purba 2000; SLTPS Nurul Ilmi tahun 2003; SMAS Nurul Ilmi tahun 2006; Sarjana (S1) Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara 2012; Magister (S2) Jurusan Kesehatan Lingkungan Program Pascasarjana FKM Universitas Diponegoro tahun 2014. Berbagai kegiatan yang pernah diikuti baik skala nasional maupun internasional, diantaranya; Workshop “Pengolahan Limbah Cair Organik Pengalamn Lapangan dan Teknologi Baru”Clean Project USAID Peer Science-Dept. Teknik Kimia UGM tahun 2015; Andalas International Public Health Confrence 2017 and The 5<sup>th</sup> National Meeting Of The Indonesian Public Health Union (Munas Persakmi V) Sebagai Pemakalah; *Pelatihan" Bimbingan Teknis Sitem Informasi Geografis : Pembuatan Peta Digital"* Geosedu Yogyakarta 2017. Tahun 2015 - Sekarang menjadi Dosen Tetap di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. Mata kuliah yang pernah diampu diantaranya, Analisa Kualitas Lingkungan,Kesehatan Pemukiman dan Bangunan, Sanitasi Tempat – Tempat Umum. Modul yang pernah diterbitkan tahun 2017 dan meraih HKI yaitu Peternak Unggul : Terampil Menangani Limbah Ternak Sebagai Wujud Peduli Kesehatan Lingkungan. Buku yang pernah diterbitkan tahun 2017 dan meraih HKI dengan judul Pencemaran Air dan Penilaian Risiko Kesehatan Lingkungan, HKI tahun 2018

**Dyah Suryani, S.Si, M.Kes** ; Lahir di Yogyakarta 8 Februari, sekarang bekerja sebagai dosen tetap Peminatan kesehatan lingkungan Ilmu Kesehatan masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. Mata kuliah yang diampu antara lain : Kesehatan lingkungan Hygiene

Sanitasi Makanan dan Minuman, Epidemiologi Kesehatan Lingkungan, dan Analisa Kualitas Lingkungan . Pendidikan yang pernah ditempuh : S1 Biologi Universitas Negeri Yogyakarta (UNY), S2 Peminatan Kesehatan Lingkungan Universitas Gadjah Mada (UGM)

**Musfirah, S.Si., M.Kes**, lahir di Sinjai, 5 Desember 1987, tamat SD Negeri Tombolo tahun 1999; SLTPN 1 Sinjai Tengah tahun 2002; SMAN I Sinjai Utara tahun 2005; Sarjana (S1) Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin tahun 2009; Magister (S2) Jurusan Kesehatan Lingkungan Program Pascasarjana FKM Universitas Hasanuddin tahun 2014. Pernah berkarir sebagai Tenaga Pranata Laboratorium di UPT Laboratorium Air Dinas Kesehatan Kabupaten Sinjai (2010-2012). Berbagai kegiatan pelatihan yang pernah diikuti baik skala nasional maupun internasional, diantaranya : *Kesmas Dynamic Models Training* tahun 2012; *Educational and Research Consortium Training for Air Pollution Quality & Implication for Public Health* sebagai Riset Lanjutan FKM Unhas-NIU AS tahun 2013; Workshop “ Teknologi Pengolahan Limbah Cair Organik Pengalamn Lapangan dan Teknologi Baru” Clean Project USAID Peer Science-Dept. Teknik Kimia UGM tahun 2015 ; *3 Days Intensive Training Course for Environmental Helath and Disaster Management : Disaster Risk Reduction* EHSA-UNISDR- Griffith University-UNISDR-Udayana University, Bali tahun 2016. Sekarang ini telah menjadi Dosen Tetap di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. Penghargaan yang telah diperoleh diantaranya : 1) Dosen Muda Berprestasi tahun 2017 dan 2) Pemakalah terbaik dalam ajang Seminar Nasional Fakultas Ilmu Kesehatan (Semnasfik) UMS tahun 2017. Mata kuliah yang pernah diampu diantaranya, Analisa Kualitas Lingkungan, Toksikologi

Kesehatan Masyarakat, Epidemiologi Lingkungan. Modul yang pernah diterbitkan tahun 2017 dan meraih HKI yaitu Peternak Unggul : Terampil Menangani Limbah Ternak Sebagai Wujud Peduli Kesehatan Lingkungan. Buku yang pernah diterbitkan tahun 2017 dan meraih HKI dengan judul Pencemaran Air dan Penilaian Risiko Kesehatan Lingkungan, HKI tahun 2018.

**Muchsin Maulana, SKM.MPH.** :Dilahirkan di Pontianak, 31 Oktober 1986. Penulis merupakan dosen di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. Bidang yang penulis tekuni adalah kesehatan lingkungan. Pendidikan S1 diselesaikan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta dan S2 di Ilmu Kesehatan Masyarakat FK UGM.

**Dr. Surahma Asti Mulasari, S.Si.M.Kes** : Dilahirkan di Yogyakarta, 22 Oktober 1982. Penulis merupakan Dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta sejak 2007. Penulis menekuni bidang manajemen lingkungan dan pemanfaatan teknologi tepat guna bagi kesehatan lingkungan. Pendidikan S1 diselesaikan tahun 2005 di Fakultas Biologi UGM, S2 lulus tahun 2007 di Ilmu Kesehatan Masyarakat FK UGM, dan S3 di Ilmu Kesehatan Masyarakat di FK UGM lulus 2016.

**Tri Wahyuni Sukesi, S.Si.,M.PH** : lahir di Kota Yogyakarta tepatnya di Kabupaten Sleman pada tanggal 20 April 1983. Pekerjaan sehari hari penulis adalah sebagai Dosen di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta dengan konsentrasi keilmuan adalah entomologi kesehatan masyarakat dan pengendalian vector penyakit. Lulus sarjana dari Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 2005 dan menyelesaikan jenjang master tahun 2011 di Fakultas

Kedokteran Ilmu Kesehatan Masyarakat dengan peminatan Kesehatan Lingkungan. Sekarang sedang menempuh S3 di Program Doktor Fakultas Kedokteran UGM