

The background of the entire slide is a microscopic view of several green, rod-shaped bacteria. These bacteria are covered in numerous short, dark, hair-like appendages called flagella, which are distributed across their entire surface. They are set against a bright, out-of-focus green background, suggesting a natural or laboratory environment.

Mikrobiologi Lingkungan

Disusun oleh:
Denok Indraswati, SSi, M.Si

MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN



Disusun oleh:

Hj. Denok Indraswati, SSi, M.Si
NIP. 19640119 198503 2 003

KEMENTERIAN KESEHATAN RI
POLTEKKES KEMENKES SURABAYA
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
PRODI SANITASI PROGRAM D-III KAMPUS MAGETAN
Jl. Tripandita No. 6 Telp : (0351) 895315 Fax : (0351) 891310
E-mail : prodi-kesling-mdn@yahoo.com
MAGETAN 63319
2023

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, akhirnya Buku Mikro Biologi Lingkungan ini dapat diselesaikan oleh Penulis. Ada beberapa alasan yang mendorong penulis berusaha menerbitkan Buku Mikro Biologi Lingkungan ini.

Pertama, buku ini merupakan kristalisasi dari hasil perkuliahan dan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, sehingga dengan penerbitan buku ini, maka hasil perkuliahan dan penelitian tersebut akan memberi manfaat maksimal bagi pengembangan ilmu pengetahuan Mikro Biologi Lingkungan.

Ke dua adalah kehadiran buku ini diharapkan akan memberikan sumbangan signifikan dalam upaya peningkatan kualitas pembelajaran di Perguruan Tinggi yang mengkaji tentang Mikro Biologi Lingkungan. Apalagi, peningkatan kualitas pembelajaran adalah salah satu bagian komitmen penting Poltekkes Kemenkes Surabaya dalam rangka mewujudkan pendidikan tinggi yang berkualitas bagi masyarakat Indonesia. Dengan adanya buku ini, diharapkan mahasiswa akan lebih mudah dalam mengikuti perkuliahan mata kuliah Mikro Biologi Lingkungan dan bisa lebih fokus serta masyarakat yang mempelajari buku ini dapat melakukan pengelolaan lingkungan dengan baik dan benar.

Ke tiga, buku Mikro Biologi Lingkungan harus selalu di-up-date karena pasca reformasi di Indonesia, bidang Mikro Biologi khususnya Mikro Biologi Lingkungan menjadi salah satu bidang kesehatan yang berkembang dengan sangat dinamis, sehingga buku yang digunakan harus selalu direvisi atau diperbaharui. Perkembangan ilmu Mikro Biologi Lingkungan yang dinamis tersebut juga terus mendorong penulis untuk melakukan kajian yang berkesinambungan, dengan harapan penulis mampu menyajikan karya yang terus up-date dan segar kepada mahasiswa dan pembaca lainnya peminat masalah Mikro Biologi Lingkungan.

Pokok Bahasan Buku Mikro Biologi Lingkungan ini, meliputi:

1. Pengambilan sampel AIR untuk parameter mikrobiologi, pengiriman, pemeriksaan, dan interpretasi hasil pemeriksaan. Dilengkapi pembahasan tentang Konsep Dasar Mikrobiologi Lingkungan (Pengertian mikrobiologi lingkungan, Ruang lingkup mikrobiologi lingkungan, Mikroba yang menguntungkan dan merugikan, Konsep Mikrobiologi Air, Jenis mikroba yang ditemukan di air, Faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan mikroba di air, Penyakit yang bisa ditularkan melalui air, Upaya pengendalian penyakit yang terbawa air.
2. Pengambilan sampel UDARA untuk parameter mikrobiologi, pengiriman, pemeriksaan, dan interpretasi hasil pemeriksaan Dilengkapi pembahasan tentang: Konsep Mikrobiologi Udara, Jenis mikroba yang ditemukan di udara, Faktor-faktor yang memngaruhi keberadaan mikroba di udara, Penyakit yang bisa ditularkan melalui udara, Upaya pengendalian penyakit yang terbawa udara.
3. Pengambilan sampel LIMBAH CAIR untuk parameter mikrobiologi, pengiriman, pemeriksaan, dan interpretasi hasil pemeriksaan. Dilengkapi pembahasan tentang: Konsep Mikrobiologi limbah cair, Jenis mikroba yang ditemukan di limbah cair, Faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan mikroba di limbah cair, Penyakit yang bisa ditularkan melalui limbah cair, Upaya pengendalian penyakit yang terbawa limbah cair.
4. Pengambilan sampel TANAH untuk parameter mikrobiologi, pengiriman, pemeriksaan, dan interpretasi hasil pemeriksaan. Dilengkapi pembahasan tentang:

Konsep mikrobiologi tanah, Jenis mikroba yang ditemukan di tanah, Faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan mikroba di tanah. Penyakit yang bisa ditularkan melalui tanah. Upaya pengendalian penyakit yang terbawa tanah.

5. Pengambilan sampel usap rektal, alat MAKANAN MINUMAN, dan SAMPAH untuk parameter mikrobiologi, pengiriman, pemeriksaan, dan interpretasi hasil pemeriksaan. Dilengkapi pembahasan MAKANAN MINUMAN tentang: Konsep Mikrobiologi Makanan Minuman (Makmin), Jenis mikroba yang ditemukan di Makanan Minuman, Faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan mikroba di Makmin, Penyakit yang bisa ditularkan melalui Makanan Minuman, Upaya pengendalian penyakit yang terbawa Makanan Minuman. SAMPAH tentang: Konsep Mikrobiologi Licit (Leachete) pada sampah, Jenis mikroba yang ditemukan di Licit (Leachete) pada sampah, Faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan mikroba di Licit (Leachete) pada sampah, Penyakit yang bisa ditularkan melalui Licit (Leachete) pada sampah, Upaya pengendalian penyakit yang terbawa Licit (Leachete) pada sampah, Pengambilan sampel Licit (Leachete) pada sampah, pengiriman sampel Licit (Leachete) pada sampah, pemeriksaan sampel Licit (Leachete) pada sampah, dan interpretasi hasil pemeriksaan parameter mikrobiologi Licit (Leachete) pada sampah.
6. Berbagai macam parameter mikrobiologi parasit air, limbah cair, udara, tanah, makanan minuman, dan peralatan.
7. Jenis dan dampak kesehatan parameter mikrobiologi air, limbah cair, udara, tanah, makanan minuman, dan peralatan.

Materi-materi tersebut kami narasikan di Buku Mikro Biologi Lingkungan ini berisikan uraian komprehensif yang di dalamnya sudah mencakup semua materi tersebut bahkan kami kembangkan lebih luas dan jelas. Di samping itu, sebagai bagian dari komitmen terhadap visi pendidikan, sehingga mahasiswa mampu membandingkan dan menemukan konsep Mikro Biologi Lingkungan yang ideal menurut kebutuhan negara Indonesia yang majemuk ini.

Dalam kesempatan ini, perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Poltekkes Kemenkes Surabaya beserta jajarannya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk penerbitan buku Mikro Biologi Lingkungan ini. Ungkapan terima kasih tidak lupa pula kami haturkan kepada Ketua Jurusan dan Ketua Program Studi, kolega kami di bagian Mikro Biologi Lingkungan khususnya dan seluruh dosen dan staf Program Sanitasi Program D III Kampus Magetan serta semua pihak yang telah mendukung kami dalam menyusun buku Mikro Biologi Lingkungan ini.

Terakhir, kami menyadari tidak ada gading yang tak retak, tidak ada pekerjaan manusia yang sempurna karena manusia juga tidak sempurna dan karena itu saran dan kritik dari pembaca buku ini sangat kami nantikan untuk kesempurnaan buku ini di masa datang.

Magetan, 18 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
BAB I DASAR-DASAR MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN (TERMASUK KONSEP MIKROBIOLOGI AIR)	
A. Latar belakang	1
B. Sejarah singkat mikrobiologi	2
C. Cabang mikrobiologi	5
D. Pengertian mikrobiologi	6
E. Ruang lingkup mikrobiologi dasar	7
F. Klasifikasi mikrobiologi	8
G. Penggolongan serta kebiasaan hidup	16
H. Penyakit yang ditularkan melalui media air	17
I. Mikroorganisme yang merugikan	22
J. Mikroorganisme yang menguntungkan	25
K. Korelasi antara pengetahuan tentang mikrobiologi dengan pola hidup sehat	26
L. Konsep mikrobiologi air	27
M. Cara pengambilan sampel serta pengirimannya	34
N. Cara pemeriksaan bakteriologis air	36
O. Pengendalian pencemaran air	40
BAB II KONSEP MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN UDARA	
A. Mikrobiologi udara	42
B. Jenis mikroba di udara	47
C. Faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan mikroba di udara ...	50
D. Macam- macam penyakit yang ditularkan melalui udara	51
E. Pengendalian penyakit yang terbawa udara	54
F. Konsep mikrobiologi lingkungan udara	54
G. Prosedur pengukuran parameter kualitas udara	57
BAB III KONSEP MIKROBIOLOGI LIMBAH CAIR	
A. Latar belakang	61
B. Peran mikroba dalam pengolahan limbah lingkungan	65
C. Penguraian/ biodegradasi bahan pencemar (polutan)	65
D. Mikrobiologi lingkungan	66
E. Konsep mikrobiologi limbah cair (peran mikroba untuk mengatasi masalah pencemaran)	77
F. Pencemaran air oleh mikroba patogen dan penyakit yang ditimbulkannya	81
G. Penyakit yang berhubungan dengan pencemaran air akibat dari mikroorganisme parasit	87
H. Metoda pengambilan contoh air limbah	92

I.	Pengujian parameter lapangan	102
BAB IV	KONSEP MIKROBIOLOGI TANAH	105
A.	Latar belakang	105
B.	Pengertian tanah	106
C.	Peran mikroorganisme dalam tanah	107
D.	Mikroorganisme tanah yang menguntungkan	108
E.	Jenis-jenis dan fungsi mikroorganisme dalam tanah	109
F.	Fungsi mikroorganisme dalam tanah	111
G.	Faktor yang mempengaruhi mikroorganisme dalam tanah	116
H.	Konsep mikrobiologi tanah	117
I.	Pengambilan sampel tanah	128
BAB V	KONSEP MIKROBIOLOGI MAKANAN MINUMAN	134
A.	Pengertian	134
B.	Peranan makanan sebagai perantara penularan penyakit	135
C.	Kontaminasi/pencemaran makanan (<i>food contamination</i>)	136
D.	Macam-macam penyakit melalui makanan	136
E.	Faktor faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme	138
F.	Kontaminasi/pencemaran makanan (<i>food contamination</i>) oleh jamur	145
G.	Faktor-faktor penyebab terjadinya keracunan makanan dan pengaruhnya terhadap kesehatan	156
H.	Bahan, cara pengambilan, dan pemeriksaan usap alat makan	162
BAB VI	KONSEP MIKROBIOLOGI SAMPAH	166
A.	Latar belakang	166
B.	Jenis sampah	168
C.	Pengaruh sampah terhadap kesehatan dan lingkungan	169
D.	Pengelolaan sampah dan permasalahannya	170
E.	Proses pencemaran sumur gali	171
F.	Pergerakan lindi dalam lapisan tanah	174
G.	Pencemaran air oleh sampah	174
H.	Air lindi (<i>leachate</i>)	177
I.	Pupuk organik	181
J.	Peran mikroorganisme	182
K.	Dampak lingkungan dan kesehatan sampah	188
L.	Pengambilan sampel	189
	Daftar Pustaka	200
	Latihan Kegiatan Belajar (Soal Latihan dan Kunci Jawaban)	204
	Biodata Penyusun Buku	213

BAB I

DASAR-DASAR MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN (TERMASUK KONSEP MIKROBIOLOGI AIR)

A. LATAR BELAKANG

Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari organisme (makhluk) kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop (bahasa Yunani: micros = kecil, bios = hidup, dan logos = ilmu). Organisme kecil itu disebut dengan mikroorganisme. Mikrobiologi merupakan bagian ilmu dari biologi, tersusun oleh banyak disiplin ilmu. Bagian dari mikrobiologi yang mempelajari peranan mikroorganisme di dalam lingkungan adalah mikrobiologi lingkungan. Lingkungan yang dimaksud terutama terdiri dari air, tanah, dan udara.

Mikroorganisme terdapat dimana-mana, seperti pada tanah, debu, udara, air, makanan ataupun permukaan jaringan tubuh kita. Keberadaan mikroorganisme tersebut ada yang bermanfaat bagi kehidupan manusia, tetapi banyak pula yang merugikan manusia misalnya dapat menimbulkan berbagai penyakit atau bahkan dapat menimbulkan kerusakan akibat kontaminasi.

Mikrobiologi Air adalah mikrobiologi yang mempelajari kehidupan di dalam lingkungan air. Kehidupan mikroba pada lingkungan air dapat berada di air laut, air tawar, air limbah, air bersih, air minum, dan sebagainya. Air sangat penting (esensial) untuk pertumbuhan dan kehidupan semua mikroba, karena air merupakan bagian terbesar dari sel mikroba yaitu menyusun 70%-80%. Air berfungsi sebagai pelarut, alat pengangkut, dan reaksi biokimia didalam sel. Air bersih adalah salah satu jenis sumber daya berbasis air yang bermutu dan biasa dimanfaatkan oleh manusia untuk dikonsumsi, kebutuhan industri atau dalam melakukan aktivitas sehari-hari dan memenuhi persyaratan untuk air minum dan air sanitasi. Karena pentingnya kebutuhan akan air bersih wajar jika sektor air bersih mendapatkan prioritas penanganan utama karena menyangkut kehidupan orang banyak. Untuk itu air yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan air minum haruslah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/Menkes/Per/IX/1990 untuk jumlah bakteri koliform adalah 50/100 mL.

Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi, dan radiologi. Sehingga apabila air bersih tersebut digunakan dalam kehidupan sehari-hari tidak akan menimbulkan efek

samping bagi kesehatan tubuh apabila diolah terlebih dahulu untuk dikonsumsi (Kepmenkes No. 416/Menkes/Per/IX/1990). Adanya bakteri koliform di dalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroorganisme yang bersifat enteropatogenik atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan. Bakteri koliform dapat menyebabkan terjadinya diare, mual, dan kuman bakteri koliform total tidak sepenuhnya apatogen, beberapa tipe menyebabkan disentri pada bayi. Metode MPN adalah salahsatu metode untuk menetapkan adanya bakteri koliformdalam air dan memperoleh indeks berdasarkan tabel MPN untuk menyatakan perkiraan jumlah koliform dalam sampel. Metode MPN mampu menghitung bakteri dalam jumlah yang sangat rendah. Metode ini memungkinkan untuk menduga populasi mikroorganisme tanpa menghitung jumlah sel atau koloni.

Mikrobiologi lingkungan adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari interaksi antara mikroorganisme, bumi, dan atmosfer. Mikrobiologi lingkungan membahas antara lain mikrobiologi tanah dan udara, mikrobiologi limbah, dan mikrobiologi akuatik. Mikrobiologi lingkungan diterapkan pada bidang pertanian, industri, perikanan, kesehatan, dan lain sebagainya.

Subjek utama mikrobiologi lingkungan adalah mikroorganisme. Mikroorganisme merupakan makhluk hidup terkecil di bumi, namun memegang peranan penting bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Banyak sekali tipe mikroba di bumi. Kita hanya mengetahuinya tidak lebih dari 1% dari jumlah spesies mikroba di bumi. Mikroba berada di sekeliling kita, di udara, tanah, dan air. Dalam satu gram tanah terdapat 1 miliar mikroba yang terdiri dari ribuan spesies.

B. SEJARAH SINGKAT MIKROBIOLOGI

Robert Hooke (1635-1703) adalah seorang ahli matematika, sejarawan alam, dan ahli mikroskopi Inggris. Dalam bukunya yang terkenal, *Micrographia* (1665), Hooke mengilustrasikan struktur buah dari jenis jamur ini adalah deskripsi pertama dari mikroorganisme yang dipublikasikan.

Orang pertama yang melihat bakteri adalah Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723), pembuat Belanda mikroskop amatir. Pada 1684, van Leeuwenhoek menggunakan mikroskop yang sangat sedikit dari karyanya sendiri untuk mengamati berbagai mikroorganisme dalam bahan-bahan alami.

Mikroskop Leeuwenhoek digunakan pada waktu itu dalam bentuk bikonveks berbentuk kaca pembesar tunggal dengan spesimen ditempatkan di sudut bukaan kecil di dudukan logam.

Perangkat ini diadakan dekat dengan mata dan objek di sisi lain lensa disesuaikan untuk mendapatkan fokus. Dengan alat itu, Leewenhoek mendapatkan kontras yang tepat antara bakteri mengambang di latar belakang sehingga dapat dilihat dan dibedakan.

Ia menemukan bakteri pada 1676 saat mempelajari lada infus dan air (pepper-infus air). Van Leeuwenhoek melaporkan temuannya dalam sebuah surat kepada Royal Society of London, yang diterbitkan dalam bahasa Inggris pada 1684. Ilustrasi van Leewenhoek temuan mikroorganisme yang dikenal sebagai “animalcules wee”.

1. Antoni Van Leuwenhoek (1632 – 1723)

Orang yang pertama kali menciptakan mikroskop dan mengetahui adanya dunia mikroorganisme. Mikroskop ciptaannya memberikan pembesaran 300 kali. Dari air hujan yang menggenang di kubangan-kubangan dan dari air jambangan bunga, diperoleh aneka hewan bersel satu (Infusoria / hewan tuangan). Tahun 1674 – 1683 ia mengadakan hubungan dengan lembaga Royal Society di Inggris, dan melaporkan hal-hal yang diamatinya kepada lembaga tersebut. Sebagai peletak batu pertama dalam sejarah mikrobiologi.

2. Needham

Penganut pendapat Aristoteles (makhluk-makhluk kecil itu terjadi begitu saja dari benda mati). Needham selama tahun 1745-1750 mengadakan eksperimen dengan rebusan padi, daging dll. Air rebusan tadi disimpan dalam botol tertutup, tapi timbul mikroorganisme/ kehidupan baru timbul dari barang mati. Dikenal teori abiogenesis atau generatio spontanea.

3. Spallanzani (1729-1799)

Pada tahun 1768 membantah pendapat Aristoteles. Ia mengatakan bahwa perebusan dan penutupan botol Needham tidak sempurna. Dia merebus daging berjam-jam dan dimasukkan dalam botol ternyata tidak diperoleh mikroorganisme baru. Sebagian orang berpendapat bahwa penutupan botol yang rapat tidak memungkinkan masuknya udara untuk kehidupan mikroorganisme.

4. Scultze

Pada tahun 1636 memperbaiki eksperimen Spallanzani dengan mengalirkan udara lewat asam atau basa yang keras. Tahun 1837 Schwann membuat percobaan

dengan mengalirkan udara lewat pipa yang dipanasi. Mereka tidak menemukan mikroorganisme dalam kaldu. Orang keberatan dengan eksperimen mereka dengan mengatakan bahwa udara yang melewati asam/basa dan pipa panas sudah mengalami perubahan sedemikian rupa sehingga tidak memungkinkan timbulnya kehidupan makhluk-makhluk baru.

5. Schroeder & Ph Van Durch

Tahun 1834 menerangkan suatu cara untuk menyaring udara dengan melewatkan udara pada suatu kapas yang steril. Dengan cara ini ternyata tidak ditemukan mikroorganisme. Tumbanglah teori abiogenesis.

6. Pasteur

Pada tahun-tahun sejak, observasi lain yang menegaskan pengamatan van Leeuwenhoek, namun peningkatan pemahaman sifat dan keuntungan mikroorganisme berjalan sangat lambat sampai 150 tahun kemudian.

Baru pada abad ke-19, yaitu setelah produksi mikroskop meningkat pesat, maka rasa ingin tahu manusia akan mikroorganisme mulai tumbuh lagi.

Louis Pasteur secara luas dikenal untuk berhasil menumbangkan teori generasi spontan, organisme hidup terjadi. Pasteur percobaan menggunakan disterilkan labu kaldu dan leher angsa membuktikan mikroorganisme.

Tahun 1865 melakukan percobaan , menggunakan botol berisi kaldu dengan ditutup oleh pipa yang melengkung seperti leher angsa, dan tidak ditemukan mikroorganisme. Menyimpulkan “ *Omne Vivum ex Ovo, Omne Ovum ex Vivo*” (Semua kehidupan itu berasal dari sesuatu yang hidup).

7. Robert Koch

Sejak abad ke-16, telah diketahui bahwa ada agen penyebab penyakit menular. Setelah penemuannya, diyakini bahwa mikroorganisme adalah agen yang dimaksud, namun tidak pernah ada bukti apa pun.

Robert Koch (1842-1910), seorang dokter Jerman adalah orang pertama yang menemukan konsep hubungan antara penyakit menular dan mikroorganisme untuk memasukkan eksperimental. Konsep bukti yang diajukan oleh Koch dikenal sebagai Postulat Koch dan sekarang penentuan standar emas penyakit menular .

Berjasa menemukan peranan mikroorganisme sebagai penyebab penyakit menula. Isinya adalah merupakan suatu persyaratan yang harus dipenuhi dalam penentuan suatu mikroorganisme apakah dapat dikatakan sebagai penyebab suatu penyakit atau tidak. Mikroorganisme yang disangka sebagai penyebab penyakit harus

selalu terdapat pada semua penderita yang sakit dan tidak terdapat pada individu yang sehat. Mikroorganisme penyebab penyakit dapat diisolasi dan dapat dibiakkan secara murni pada media. Mikroorganisme dari biakan murni tersebut bila diinfeksi atau diisolasi pada hewan percobaan atau individu sehat maka akan menimbulkan gejala penyakit yang sama. Mikroorganisme yang telah diinfeksi kembali tersebut dapat diisolasi kembali dan dibiakkan akan mempunyai bentuk yang sama seperti aslinya semula.

8. Era Mikrobiologi Umum

Mikrobiologi umum mengacu pada aspek-aspek non-medis mikrobiologi. Dua raksasa yang dikenal di era ini adalah Beijerinck dan Winogradsky. Ke dua mulai aspek mikrobiologi lingkungan.

C. CABANG MIKROBIOLOGI

Ilmu pengetahuan tentang kehidupan mikroorganisme meluas di berbagai bidang pengetahuan lain, yang digunakan untuk menambah kesejahteraan hidup sehingga timbul cabang mikrobiologi yang lebih mengkhususkan pada permasalahan yang terbatas.

1. Berdasarkan habitat mikroorganisme

- a. Mikrobiologi tanah: ilmu yang mempelajari kehidupan dan peranan mikroorganisme di dalam tanah
- b. Mikrobiologi udara: ilmu yang mempelajari kehidupan dan peranan mikroorganisme di dalam udara
- c. Mikrobiologi air: ilmu yang mempelajari kehidupan dan peranan mikroorganisme di dalam air
- d. Mikrobiologi Rumen: ilmu yang mempelajari kehidupan mikroorganisme di dalam sistem makhluk hidup lain yaitu manusia dan hewan

2. Berdasarkan taksonomi

- a. Bakteriologi: ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang susunan dan pembagian kelompok mikroorganisme yang termasuk bakteri
- b. Algologi: ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang susunan dan pembagian kelompok mikroorganisme yang termasuk ganggang / alga
- c. Micologi: ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang susunan dan pembagian kelompok mikroorganisme yang termasuk fungi / jamur

- d. Vorologi: ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang susunan dan pembagian kelompok mikroorganisme yang termasuk virus
 - e. Protozoologi: ilmu yang mempelajari tentang susunan dan pembagian jenis protozoa
3. Berdasarkan sasaran masalah yang diselidiki
- a. Mikrobiologi pertanian
 - b. Mikrobiologi kedokteran
 - c. Mengenai perkembangan mikrobiologi disimpulkan bahwa mikrobiologi maju dengan pesat setelah:
 - d. Penemuan dan penyempurnaan mikroskop
 - e. Jatuhnya teori abiogenesis
 - f. Orang yakin, bahwa pembusukan itu disebabkan oleh mikroorganisme
 - g. Dibuktikan, bahwa penyakit itu disebabkan oleh bibit penyakit

D. PENGERTIAN MIKROBIOLOGI

Pengertian Mikrobiologi lingkungan adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari interaksi antara mikroorganisme, bumi, dan atmosfer. Mikrobiologi lingkungan membahas antara lain mikrobiologi tanah dan udara, mikrobiologi limbah, dan mikrobiologi akuatik. Mikrobiologi lingkungan diterapkan pada bidang pertanian, industri, perikanan, kesehatan, dan lain sebagainya.

Subjek utama mikrobiologi lingkungan adalah mikroorganisme. Mikroorganisme merupakan makhluk hidup terkecil di bumi, namun memegang peranan penting bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Banyak sekali tipe mikroba di bumi. Kita hanya mengetahuinya tidak lebih dari 1% dari jumlah spesies mikroba di bumi. Mikroba berada di sekeliling kita, di udara, tanah, dan air. Dalam satu gram tanah terdapat 1 miliar mikroba yang terdiri dari ribuan spesies. Sebagai jasad hidup mikroorganisme secara langsung atau tidak langsung hidupnya akan dipengaruhi oleh lingkungannya. Sehingga perkembangan penggunaan mikroorganisme sebagian indikator alami terhadap perubahan lingkungan akibat dari pencemaran karena kegiatan industri maupun domestik mulai digunakan orang.

Mikrobiologi adalah salah satu cabang dari disiplin ilmu biologi yang mengkaji makhluk hidup (organisme) berukuran terlalu kecil untuk dapat dilihat dengan mata telanjang. Objek kajiannya adalah semua makhluk (hidup) yang perlu dilihat dengan mikroskop, khususnya bakteri, fungi, alga mikroskopik, protozoa, dan Archaea. Virus

sering juga dimasukkan, walaupun sebenarnya tidak sepenuhnya dapat dianggap sebagai makhluk hidup.

Mikrobiologi setara dengan zoologi dan botani, karena ruang lingkup mikrobia mencakup berbagai macam mikrobia dan aspek-aspek biologi, di antaranya fisiologi mikrobia, ekologi mikrobia, sistematika mikrobia, dan mikrobiologi lingkungan. Dalam dunia medis, mikrobiologi merupakan penyimpangan dari keadaan normal yang terjadi dalam struktur atau fungsi tubuh, serta timbulnya perubahan berupa adanya gejala di dalam tubuh.

Mikrobiologi adalah cabang biologi yang mempelajari mikroorganisme.⁸ Mikroorganisme merupakan makhluk hidup yang sangat kecil dan sangat penting dalam memelihara keseimbangan ekologi dan keseimbangan ekosistem di bumi. Beberapa mikroorganisme bersifat menguntungkan dan ada pula yang merugikan, baik terhadap manusia ataupun hewan. Oleh karena itu untuk mengetahui segala sesuatu tentang mikroorganisme perlu adanya cabang ilmu mikrobiologi.

Di antara berbagai mikroorganisme yang terdapat di alam di samping ada yang merugikan manusia yaitu dapat menyebabkan penyakit atau merusak material, ada juga beberapa jenis yang bermanfaat. Dengan adanya jumlah jenis mikroorganisme yang bermanfaat dalam peningkatan kualitas lingkungan maka mikroorganisme mulai banyak digunakan dalam teknologi pengolahan limbah dalam rangka mengatasi masalah pencemaran. Kemudian timbul cabang ilmu baru dari mikrobiologi yaitu mikrobiologi lingkungan. Mikrobiologi lingkungan merupakan ilmu mempelajari peranan mikroorganisme dalam lingkungan.

Mikrobiologi adalah telaah mengenai organisme hidup yang berukuran mikroskopis.

MIKROORGANISME TERDIRI DARI 5 KELOMPOK ORGANISME, yaitu:

- 1. BAKTERI**
- 2. PROTOZOA**
- 3. VIRUS**
- 4. ALGA**
- 5. JAMUR (FUNGI / CENDAWAN)**

E. RUANG LINGKUP MIKROBIOLOGI DASAR

Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari mikroba. Mikrobiologi adalah salah satu cabang ilmu dari biologi, dan memerlukan ilmu pendukung kimia, fisika, dan biokimia. Mikrobiologi sering disebut ilmu praktek dari biokimia. Dalam

mikrobiologi dasar diberikan pengertian dasar tentang sejarah penemuan mikroba, macam-macam mikroba di alam, struktur sel mikroba dan fungsinya, metabolisme mikroba secara umum, pertumbuhan mikroba dan faktor lingkungan, mikrobiologi terapan di bidang lingkungan dan pertanian. Mikrobiologi lanjut telah berkembang menjadi bermacam-macam ilmu yaitu virologi, bakteriologi, mikologi, mikrobiologi pangan, mikrobiologi tanah, mikrobiologi industri, dan sebagainya yang mempelajari mikroba spesifik secara lebih rinci atau menurut kemanfaatannya.

F. KLASIFIKASI MIKROBIOLOGI

Mikroorganisme adalah organisme hidup yang sangat kecil, yang tidak dapat dilihat tanpa menggunakan mikroskop. Untuk menghindari berkembangnya mikroorganisme dalam lingkungan kerja, seorang karyawan harus tahu bagaimana sebuah mikroorganisme itu hidup, tumbuh, dan berkembang menjadi banyak dan bagaimana mikroorganisme ini bertransformasi.

Mikroorganisme dibagi menjadi :

1. BAKTERI

Bakteri biasanya menyebabkan penyakit pada manusia. Dalam perkembangannya bakteri membutuhkan makanan, udara yang lembab, dan pada temperatur yang tepat. Contoh : *Salmonella*, *Eccerecia Coli*, *Staphylococcus* dan *Diphtheria bacilus*.

a. Ciri-ciri bakteri

Komponen utama genom bakteri adalah sebuah molekul DNA sirkular untai-ganda atau yang sering disebut sebagai kromosom bakteri. Selain kromosom, banyak bakteri juga memiliki plasmid, lingkaran-lingkaran DNA yang jauh lebih kecil lagi. Ada beberapa bentuk dasar sel bakteri, yaitu bulat (coccus), batang atau silinder (bacillus), dan spiral yaitu berbentuk batang melengkung atau melingkar.

b. Klasifikasi bakteri berdasarkan taksonomi bakteri

Organisme prokariotik dikelompokkan menjadi dua kelompok besar, yaitu eubakteri yang merupakan bakteri sejati dan archaea. Kelompok bakteri terdiri atas semua organisme prokariotik patogen dan nonpatogen yang terdapat di daratan dan perairan, serta organisme prokariotik yang bersifat fotoautotrof. Spesies bakteri dapat dibedakan berdasarkan morfologi (bentuk), komposisi kimia, kebutuhan nutrisi, aktivitas biokimia dan sumber energi.

c. Cara hidup bakteri

Bakteri bereproduksi dengan cara membelah diri secara biner, yang didahului oleh replikasi kromosom bakteri. Dari satu titik awal replikasi, penggandaan DNA berlangsung dalam dua arah di sekeliling kromosom sirkular. Bakteri dapat berproliferasi sangat cepat apabila lingkungannya cocok, baik di habitat alami atau di kultur di laboratorium. Karena pembelahan merupakan proses asexual-produksi keturunan dari induk tunggal- sebagian besar bakteri di dalam koloni identik secara genetis dengan sel induknya.

d. Penyakit yang ditimbulkan oleh bakteri

- 1) Treponema, penyebab penyakit sifilis.
- 2) Leptospira, penyebab infeksi sistematik yang disertai dengan demam, ikterus dan meningitis.
- 3) Borellia, sebagai penyebab demam relaps dan penyakit Lyme.

2. VIRUS

Organisme hidup yang paling kecil adalah virus. Ada beberapa virus yang tidak bisa dilihat, walaupun sudah menggunakan mikroskop. Biasanya virus ini menyebar lewat media air dan makanan. Sebagai contoh, virus hepatitis. Sedangkan virus polio, menyebar lewat makanan atau susu.

a. Ciri-ciri virus

Virus terkecil memiliki diameter hanya 20nm-lebih kecil dari ribosom.20 Ukuran virus panjang sekitar 1400 nm, kapsidnya sekitar 80 nm, diameter kapsidnya 10nm–30nm. Supermikroorganisme ini hanya dapat dilihat melalui scanning atau transmisi mikroskop elektron. Virus hanya memiliki 1 tipe asam nukleat, tidak memiliki sistem metabolisme sehingga virus tidak dapat tumbuh dan bereproduksi tanpa adanya sel inang. Struktur virus memiliki kapsid tersusun dari protein merupakan pelindung asam nukleik dari kerusakan yang disebabkan oleh enzim perusak DNA. Inti asam nukleik merupakan genom bakteriofag yang mengandung informasi genetik yang perlu untuk replikasi partikel bakteriofag yang baru. Bagian pangkal dan ekor merupakan bagian tempat menempelnya bakteriofag pada titik tertentu pada bakteri.

b. Klasifikasi virus

Klasifikasi virus didasarkan pada symptomatology, misalnya virus yang menyebabkan penyakit tertentu. Namun sistem klasifikasi ini tidak banyak diterima oleh para ilmuwan, karena ada beberapa virus yang menyebabkan lebih dari satu macam penyakit. Kemudian para peneliti membentuk International Committee on The Taxonomy of Viruses (ICTV).

ICTV mengelompokkan virus berdasarkan tipe asam nukleat, strategi replikasi dan morfologi.

c. Cara hidup virus

Para ahli menyebutkan virus adalah organisme hidup dan tak hidup. Virus sebagai makhluk hidup:

- 1) Virus dapat bereproduksi dengan sangat cepat, tetapi hanya terjadi pada sel.
- 2) Inang yang hidup.
- 3) Virus dapat bermutasi.
- 4) Virus sebagai benda mati:
 - a) Virus adalah aseluler yang tidak memiliki sitoplasma dan organel lainnya.
 - b) Virus tidak melakukan metabolisme sendiri, sehingga untuk memperbanyak diri, virus menggunakan metabolisme sel inangnya. Ada 2 macam cara reproduksi virus yaitu siklus litik atau siklus lisogenik.

Infeksi secara litik melalui fase-fase berikut ini :

- (1) Fase adsorpsi dan infeksi Dengan ujung ekornya fag melekat atau menginfeksi bagian tertentu dari dinding sel bakteri. Virus penyerang bakteri memiliki enzim lisozim yang berfungsi merusak atau melubangi dinding sel bakteri, maka seluruh isi fag masuk ke dalam sel bakteri. Fag kemudian merusak dan mengendalikan DNA sel bakteri.
- (2) Fase replikasi DNA fag mengadakan pembentukan DNA (replikasi) menggunakan DNA bakteri sebagai bahan, serta membentuk selubung protein. Maka terbentuklah beratus-ratus molekul DNA baru virus yang lengkap dengan selubungnya.

- (3) Fase pembebasan virus fag-fag baru/fase lisis Sesudah fag baru terbentuk, sel bakteri akan pecah (lisis), sehingga keluarlah fag yang baru. Pembentukan partikel bakterifag memerlukan waktu 20 menit.

Infeksi secara lisogenik melalui fase-fase berikut ini:

- (1) Fase adsorpsi dan infeksi Fag menempel pada tempat yang spesifik. Virus melakukan penetrasi pada bakteri kemudian mengeluarkan DNANYA pada tubuh bakteri.
- (2) Fase penggabungan DNA virus bersatu dengan DNA bakteri membentuk profag.
- (3) Fase pembelahan Bila bakteri membelah diri, profag ikut membelah sehingga dua sel anakan bakteri juga mengandung profag di dalam selnya. Hal ini akan berlangsung terus menerus selama sel bakteri mengandung profag membelah.

d. Penyakit yang ditimbulkan oleh virus

Virus yang menyerang manusia:

- 1) Influenza, disebabkan oleh Orthomyxovirus.
- 2) Campak, disebabkan oleh Paramyxovirus.
- 3) Herpes simplex, yang disebabkan oleh Herpesvirus varicellae.
- 4) Papiloma (kanker serviks), disebabkan oleh Papovavirus.
- 5) AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome) disebabkan oleh virus HIV (Human Immunodeficiency Virus).

3. PROTOZOA

a. Ciri-ciri Protozoa

Merupakan anggota hewan yang paling sederhana. Tubuh mereka sangat sederhana tersusun dari sel tunggal, memiliki ukuran mikroskopis, sebagian besar hidup bebas tetapi ada yang hidup parasit pada bermacam-macam jenis hewan. Protozoa tersusun atas organel, karena merupakan diferensiasi dari satu sel. Protozoa merupakan eukariotik dengan inti yang diselubungi oleh membran (selaput). Protozoa bergerak dengan menggunakan flagela, silia, dan pseudopodia. Protozoa merupakan mikroorganisme eukariot uniseluler yang kehilangan dinding selnya dan termasuk ke dalam kerajaan Protista.

Terdapat kurang lebih 20.000 spesies protozoa, ada yang menyebabkan penyakit.

b. Klasifikasi protozoa

Protozoa adalah kelompok organisme yang besar dan sangat beragam. Protozoa dikelompokkan dalam 4 filum berdasarkan tipe pergerakannya, yaitu :

- 1) Filum Mastigophora (flagellata), bergerak dengan menggunakan flagela.
- 2) Filum Sarcodina, bergerak menggunakan pseudopodia.
- 3) Filum Ciliophora (Ciliata), bergerak dengan menggunakan silia.
- 4) Filum Sporozoa, tidak memiliki anggota gerak dan membentuk spora.

c. Cara hidup protozoa

Protozoa sebagai mikroorganisme bersel tunggal ada yang hidup soliter atau sendiri ada juga yang membentuk koloni. Hidup berenang bebas atau melekat pada medium tempat hidupnya. Hidupnya ada yang bersifat parasit, seperti tripanosoma, ada juga yang bersimbiosis dengan organisme lainnya misalnya *Joenia*. Protozoa bereproduksi secara seksual dan aseksual. Reproduksi seksual berlangsung dengan pembelahan sel atau pembagian sel. Reproduksi seksual terjadi pada berbagai kelompok protozoa. Konjugasi yang merupakan penyatuan fisik antara dua individu hanya dijumpai pada siliata.

d. Penyakit yang ditimbulkan oleh protozoa

- 1) *Entamoeba histolytica* yang menyebabkan disentri ameba.
- 2) *Acanthamoeba* dapat menginfeksi mata, sumsum tulang belakang dan otak.
- 3) *Giardia lamblia* dapat menyebabkan infeksi usus besar yang disebut giardiasis.
- 4) *Trichomonas vaginalis* menginfeksi vagina dan saluran kencing laki-laki.
- 5) *Trypanosoma brucei gambiense* menyebabkan sakit tidur Afrika
- 6) *Balantidium Coli* yang menyebabkan infeksi semacam diare.

4. ALGA

a. Ciri-ciri alga

Alga adalah sekelompok organisme autotrof. Alga digolongkan dalam tumbuhan talus. Alga meliputi organisme bersel satu (uniseluler) maupun bersel banyak (multiseluler). Ganggang memiliki ukuran beragam dari beberapa mikrometer sampai kepada bermeter-meter panjangnya. Organisme

ini mengandung klorofil untuk melangsungkan fotosintesis. Kebanyakan alga berukuran mikroskopis.

b. Klasifikasi alga

Alga diklasifikasikan antara lain berdasarkan pigmen, produk cadangan makanan, flagela, struktur dinding sel, organisasi sel, sejarah hidup, dan reproduksinya. Dikenal ada 15 filum alga :

- 1) Cyanophyta (Cyanobacteria, alga hijau-biru)
- 2) Rodophyta (alga merah)
- 3) Euglenophyta (Euglenoid)
- 4) Cryptophyta (Cryptomonad)
- 5) Pyrrophyta (Dinoflagelata)
- 6) Raphidophyta
- 7) Haptophyta (Prymnesiophyta)
- 8) Chrysophyta (alga coklat keemasan)
- 9) Xantophyta (Tribophyta, alga hijau-kuning)
- 10) Chlorophyta (alga hijau)
- 11) Eustigmatophyta
- 12) Phaeophyta (Fucophyta, alga cokelat)
- 13) Prasinophyta
- 14) Bacillariophyta (diatom)
- 15) Glaucophyta

Beberapa alga dimasukkan ke dalam kerajaan Protista bersama Protozoa. Alga yang bersel banyak menunjukkan perkembangan sel dan anatomi tubuh yang lebih maju, sehingga dapat dimasukkan ke dalam kerajaan tumbuhan. Dengan demikian, alga dapat dianggap organisme peralihan dari perbatasan protozoa ke tumbuhan tingkat tinggi.

c. Cara hidup alga

Alga merupakan organisme eukariot yang dapat berfotosintesis, mempunyai bentuk yang bervariasi dan dapat bereproduksi dengan cara seksual dan aseksual. Alga dapat hidup baik dalam air yang segar dan banyak mengandung garam. Dalam proses fotosintesis alga membutuhkan cahaya dan udara, tetapi umumnya tidak membutuhkan senyawa organik dari lingkungan.

d. Peranan alga dalam kehidupan

Alga menghasilkan oksigen selama fotosintesis. Gas ini dimanfaatkan oleh binatang maupun organisme lain untuk respirasi aerobik dan juga untuk masalah pengendalian polusi dan bahan buangan. Ganggang dimanfaatkan manusia dengan banyak cara. Di negara-negara yang banyak mengandung alga merah dan alga coklat, digunakan sebagai pupuk. Tanah diatom yang merupakan sisa ganggang mati digunakan sebagai bahan penggosok.

5. JAMUR (FUNGI / CENDAWAN)

Jamur di sini dimaksudkan adalah jamur dengan kategori fungi. Biasanya jamur ini tidak menyebabkan penyakit, tetapi menyebabkan kerusakan pada makanan. Sebagai contoh, jamur yang ditemukan pada permukaan daging, bisa dibuang bagian daging tersebut tanpa harus membuang semua daging.

a. Ciri-ciri fungi

Ciri-ciri organisme yang dikelompokkan ke dalam Regnum Fungi adalah eukariotik, tidak memiliki klorofil, tumbuh sebagai hifa atau sebagai sel khamir, memiliki dinding sel yang mengandung kitin, bersifat heterotrof, menyerap nutrisi melalui dinding selnya dan mengekspresikan enzim-enzim ekstraseluler ke lingkungan, menghasilkan spora atau konidia, melakukan reproduksi seksual dan/atau aseksual.

b. Klasifikasi fungi

Fungi adalah nama regnum dari sekelompok besar makhluk hidup eukariotik heterotrof yang mencerna makanannya di luar tubuh, lalu menyerap molekul nutrisi ke dalam sel-selnya. Fungi sering dikenal sebagai jamur, kapang, khamir, atau ragi.

Fungi diklasifikasikan menjadi 4 kelas utama yaitu :

1) Phycomycetes.

Dibagi dalam 6 kelas yaitu Cytridiomycetes, Hypocytridiomycetes, Oomycetes, Plasmodiophormycetes, Trichomycetes dan Zygomycetes.

2) Ascomycetes

3) Basidiomycetes

4) Deuteromycetes

Perkembangan ilmu pengetahuan yang begitu cepat menyebabkan Mikologi dibagi menjadi subbidang Mikologi Dasar yang mempelajari sitologi,

taksonomi, metabolisme, pertumbuhan, reproduksi, genetika dan struktur ultra dari fungi serta sub-bidang Mikologi Terapan yang mempelajari segala kegunaan dan kerugian yang disebabkan oleh fungi.

c. Cara hidup fungi

Fungi bereproduksi baik secara aseksual dengan pembelahan, pembentukan tunas atau spora, maupun secara seksual dengan peleburan inti dari kedua induknya. Spora fungi memiliki berbagai bentuk dan ukuran, dan dapat dihasilkan secara seksual atau bisa juga secara aseksual, spora dihasilkan di dalam atau dari struktur hifa yang terspesialisasi. Ketika kondisi lingkungan yang memungkinkan, fungi mengklon diri mereka sendiri dengan cara menghasilkan banyak spora secara aseksual. Terbawa oleh air atau angin, spora- spora tersebut berkecambah jika pada lingkungan yang sesuai. Fungi memerlukan kondisi kelembapan yang tinggi, persediaan bahan organik dan oksigen untuk pertumbuhannya. Lingkungan yang lembab mempercepat pertumbuhan fungi. Fungi tumbuh dengan baik pada kondisi yang banyak mengandung gula dengan tekanan osmotik tinggi dan kondisi asam.

d. Peranan fungi dalam kehidupan

Teori sains menyatakan hancurnya tumbuhan atau bahan organik yang mati atau tubuh hewan yang mati disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme, yaitu terutama oleh bakteri penghancur dan fungi yang mendekomposisi.

e. Penyakit yang disebabkan oleh Fungi

Mikosis adalah penyakit yang disebabkan oleh fungi. Mikosis dapat dikelompokkan sebagai :

- 1) Mikosis superfisial, yang disebabkan oleh kapang dan penyebarannya terjadi di permukaan tubuh.
- 2) Mikosis sistematik, disebabkan oleh fungi patogen yang menghasilkan mikrokonidia atau oleh khamir dan penyebarannya melalui peredaran darah ke jaringan dalam tubuh.
- 3) Mikosis dalam (deep mycosis), juga disebabkan oleh fungi yang membentuk mikrokonidia dan oleh khamir, serta tumbuh di bagian jaringan yang dalam yang akan membengkak. Ada juga alergi yang disebabkan oleh fungi antara lain *Alternaria alternata*, *Aspergillus fumigatus*, *Cladosporium herbarum*, dan *Botrytis cinerea*. Mikosis juga dikelompokkan menurut lokasi penyakitnya, misalnya dermatomikosis

(pada kulit dan rambut) dan onikomikosis (pada kuku). Mikosis juga mudah timbul apabila lingkungan hidup kurang dijaga kebersihannya, misalnya karpet dan kasur yang lembab karena jarang dijemur sangat mudah ditumbuhi kapang (*Aspergillus*, *Penicillium* dan *Chaetomium*). Konidia dari fungi patogen ini mudah dihirup manusia yang tinggal di lingkungan tersebut dan sering kali menyebabkan alergi dan batuk-batuk.

G. PENGGOLONGAN SERTA KEBIASAAN HIDUP

1. Kebiasaan Hidup Mikroba

Pada umumnya air dan tanah. Tapi ada juga beberapa spesies tumbuh dalam zat-zat anorganik dan karenanya tidak tergantung kepada zat dan tempat ia hidup. Kehidupan yang seperti ini disebut autotrofik. Bentuk kehidupan yang lain dikenal: saprofit, hidup pada zat-zat organik yang telah mati. Ada beberapa saprofit yang dapat merusak kayu, dan beberapa autotrofik yang menyebabkan kerusakan batu, bahan atau bangunan.

Dalam jumlah yang lebih besar, mikroba tergantung pada tempat hidupnya, beberapa bentuk hubungan kehidupan adalah sebagai berikut:

a. Simbiosis

Simbiosis adalah hidup bersama antara dua makhluk yang saling menguntungkan untuk kedua belah pihak. Pada manusia biasanya mikroba tersebut tidak menimbulkan gangguan, akan tetapi dapat memberikan beberapa keuntungan pada tuan rumah. Misalnya hubungan antara ikan-ikan yang hidup di laut dimana pada tubuhnya melekat mikroba yang dapat berfungsi sebagai alat penerang. Demikian pula vitamin K yang dihasilkan berkat adanya bakteri coli di dalam usus.

b. Komensalisme

Komensalisme, makhluk hidup yang hidup pada makhluk hidup yang lain, tapi tidak merusak makhluk hidup yang ditumpanginya. Beberapa bakteri tertentu hidup pada permukaan tubuh bagian dalam dan luar. Biasanya memang tidak menimbulkan sakit pada tuan rumah, tapi ada pula diantaranya, seperti bakteri coli bila hidup di organ lain dapat menimbulkan sakit.

c. Parasitisme

Disebut juga dengan kata patogenik atau yang dapat menimbulkan sakit pada tuan rumah. Mikroba tersebut akan tumbuh dan berkembang pada sel dan jaringan yang mengakibatkan kerusakan pada sel dan jaringan tersebut, sehingga dapat menimbulkan gejala-gejala dari penyakit-penyakit infeksi.

H. PENYAKIT YANG DITULARKAN MELALUI MEDIA AIR

Infeksi Virus Polio, Rotavirus, Leptospira, Clostridium botulinum Staphylococcus, Shigella, Salmonellosis, Escherichia coli, Entamoeba Histolytica, Giardia Lambia merupakan beberapa jenis parasit dan penyakit yang termasuk dalam WATER BORNE DISEASE. Sebagai petugas kesehatan masyarakat, dengan berbagai latar belakang spesifikasi keilmuan, seperti kesehatan lingkungan, nutrisi, perawat, dokter, epidemiolog, dan lain sebagainya, tentu sangat paham istilah water borne disease. Pengertian waterborn disease, pada dasarnya merupakan istilah penyakit yang disebabkan oleh air minum yang terkontaminasi mikroorganisme patogen. Dengan pengertian lain, misalnya, jika air yang terkontaminasi digunakan untuk menyiapkan makanan, maka akan dapat menyebabkan foodborne disease.

Beberapa bahan kontaminan yang dimungkinkan dapat menjadi penyebab antara lain kontaminan dalam air yang berasal dari urine atau faeces manusia atau binatang. Berdasarkan kondisi ini, dapat diasumsikan bahwa waterborne disease pada umumnya terjadi jika pemenuhan kebutuhan air minum masyarakat tercukupi dari sumber air permukaan, seperti air hujan, sungai, atau air danau.

UNTUK KEPENTINGAN PENCEGAHAN:

Beberapa upaya dapat dilakukan antara lain :

1. Penggunaan air minum yang bersih dan aman, antara lain misalnya dengan selalu memasak air untuk keperluan konsumsi sehari-hari. Disamping itu, upaya yang dapat dilakukan untuk memperoleh air minum yang bersih dan aman dilakukan dengan teknik pengolahan menggunakan chlorine, ozone, atau radiasi sinar ultra violet.
2. Pembuangan faeces yang aman, dengan berperilaku hanya buang air besar pada jamban sehat

Berdasarkan kandungan bahan pencemar, penyebab food dan waterborne diseases dapat berupa parasit, bakteri, virus, maupun toksin. Penjelasan masing-masing penyebab ini sebagai berikut :

1. Penyebab Waterborne Disease karena Parasit

Parasit penyebab waterborne disease antara lain:

- a. Entamoeba histolytica
- b. Giardia lamblia
- c. Schistosoma
- d. Taenia
- e. Ascaris lumbricoides
- f. Enterobius vermicularis

2. Penyebab Waterborne Disease karena Bakteri

Bakteri penyebab water atau foodborn disease antara lain:

- a. Chlostridium botulinum
- b. Campylobacter jejuni
- c. Vibrio cholerae
- d. Vibrio parahaemolyticus
- e. Escherichia coli
- f. Shigella dysenteriae
- g. Salmonella typhi

3. Penyebab Waterborne Disease karena Virus

Jenis virus penyebab water atau foodborn disease antara lain:

- a. Rotavirus
- b. Calicivirus
- c. Enteric Adenovirus
- d. Hepatitis A
- e. Poliovirus

4. Penyebab Waterborne Disease karena Toksin

Jenis toksin penyebab water atau foodborn disease dapat berupa :

- a. Toksin bahan kimia
- b. Toksin yang dihasilkan mikroorganisme (bakteri, fungi)

5. Penyebab Waterborne Disease karena Parasit

a. Giardia Lambia

Giardia lamblia merupakan jenis protozoa yang ditemukan di duodenum dan jejunum manusia, sehingga menyebabkan giardiasis. Secara morfologi, giardia lamblia terbagi menjadi fase trophozoit dan kista. Pada trophozoit, Giardia Lambia berbentuk seperti jantung, simetrik, tral dengan panjang 10-

20 μm , mempunyai 4 pasang flagela, 2 nukleus dengan prominan karyosome sentral dan 2 axostyle. Sedangkan dalam bentuk kista, yang berada dalam kolon, dapat ditemukan dalam tinja dalam jumlah banyak, mempunyai dinding tebal, dengan bentuk elips, panjang 8-14 μm , serta mempunyai 2 nukleus sebelum matur dan 4 nukleus pada kista yang matur.

b. Entamoeba Histolytica.

Entamoeba histolytica merupakan parasit yang dapat berada pada usus manusia dan usus hewan (dengan sebagian ada yang asimtomatik). Patogenesis *entamoeba histolytica* dimulai dengan tahap proses keberadaan Kista yang masuk per oral, kemudian masuk usus duodenum sehingga terjadi amebulae. Kemudian kista ini masing-masing menghasilkan 8 trophozoite. Sedangkan dampak yang terjadi dapat timbul penyakit (10% dari infeksi), ketika trophozoite menginfeksi epitel usus.

c. Escherichia coli.

Keberadaan *escherichia coli* dalam tubu, antra lain dapat menyebabkan penyakit diare, infeksi saluran kencing, meningitis, juga dapat menjadi penyebab terjadinya infeksi nosokomial di tempat pelayanan kesehatan seperti rumah sakit. Diare yang disebabkan *e.coli* antara lain jenis ETEC (Enterotoxigenic *E. coli*) yang menyebabkan “Treveller’s diarrhoea”, EPEC (Enteropathogenic *E. coli*), EIEC enteroinvasive *E. coli*), EHEC (Enterohemorrhagic *E. coli*), EAggEC (Enteraggregative *E. coli*), serta EAEC (Enteroadherence *E. coli*) sebagai penyebab “Treveller’s diarrhoea”. Sedangkan *E. coli* penyebab Infeksi saluran kencing (ISK), pada umumnya mempunyai karakteristik antigen O bernomer rendah, mempunyai antigen K, serta tipe pili tertentu.

d. Salmonellosis

Salmonellosis dapat disebabkan oleh *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi*, dan *Salmonella choleraesuis*. Reservoir salmonellosis antara lain unggas, binatang pengerat, ternak, binatang piaraan, seperti kura-kura atau burung beo. Sedangkan mekanisme infeksi melalui makanan dan minuman seperti telur, daging, susu, dan air. Terjadinya diare pada salmonellosis antara lain karena kemampuan invasi dan transitis enterosit mengakibatkan meningkatkan permeabilitas vaskular dan respon inflamasi pada sel enterosit. Juga adanya enterotoksin tidak tahan panas yang dikenali oleh anti LT (E.

coli) dan Koleragen (dari *V. cholerae*), tetapi tidak dikenal oleh reseptor GM1. Beberapa strain mampu menembus lebih dalam sehingga dapat masuk pembuluh darah.

e. Shigella

Shigella pertama kali diisolasi pada 1896 oleh Kivoshi Shiga. Beberapa spesies yang sering menimbulkan diare pada manusia, antara lain *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. sonnei*, *S. boydii*. Dosis infeksi shigella berada pada range 10³ sel bakteri, dengan masa inkubasi 1-2 hari. Secara prinsip pathogenesis shigella dimulai ketika terjadi invasi epitel mukosa yang menghasilkan toksin sehingga menyebabkan nekrosis membran mukosa, ulserasi superfisial, serta perdarahan, sehingga pada akhirnya menyebabkan terjadinya pseudomembran. Gejala umum penyakit ini antara lain sakit perut mendadak, demam, diare berat yang disertai lendir dan darah. Diare ini berkurang dalam 2-5 hari. Sedangkan pengobatan dapat dilakukan melalui pemberian cairan (rehidrasi) dan pemberian antibiotika ampicilin, tetrasiklin, siprofloksasin, kloramfenikol, trimetoprim-sulfametoksazol.

f. Staphylococcus.

Toksin dan enzim yang dihasilkan staphylococcus *Staphylococcus* banyak menghasilkan enzim dan toksin yang berfungsi sebagai faktor virulensi, antara lain Leukosidin yang pada *S. aureus* mampu membunuh leukosit; Hialuronidase yang dapat memecah asam hialuronat (komponen jaringan ikat) sehingga menjadi faktor penyebaran; Stafilokinase yang dapat menyebabkan fibrinolisis, tetapi tidak sekuat streptokinase.

g. Clostridium botulinum.

C. botulinum biasa terdapat di tanah atau pada kotoran binatang. Spora *C. botulinum* sangat tahan panas (100°C, 3-5 jam), namun tidak tahan pemanasan pada pH rendah atau pada konsentrasi garam tinggi. Toksin *C. botulinum* dilepaskan pada waktu sel tumbuh atau lisis. Sedangkan toksin *botulinum* terdiri dari tipe A, B, E. Toksin ini menyebabkan botulisme dalam 8-48 jam dengan gejala antara pusing, mual, muntah, sukar menelan atau bernafas. Diagnosa keberadaan *C. botulinum* dilakukan dengan deteksi toksin pada serum dan faeces.

h. Leptospira.

Keberadaan leptospira dapat dilakukan dengan sampel untuk isolasi yang berasal dari darah dengan heparin, cairan cerebrospinal, jaringan, atau dengan urine. Patogenesis leptospira, pada umumnya infeksi dapat terjadi melalui makanan atau air yang terkontaminasi, melalui membran mukosa, serta melalui kulit yang terluka. Sedangkan masa penyakit umumnya selama 1-2 minggu, dengan ditandai demam (bakteremia), masuk ke organ seperti liver dan ginjal, yang pada akhirnya menyebabkan perdarahan dan kerusakan pada jaringan.

i. Rotavirus.

Rotavirus merupakan penyebab diare pada manusia dan binatang, bahkan dapat menyebabkan terjadinya infeksi silang antar spesies. Patogenesis rotavirus antara lain melalui beberapa tahapan berikut :

- 1) Infeksi terjadi di usus kecil
- 2) Multiplikasi dalam sitoplasma enterosit
- 3) Sel rusak yang menyebabkan terjadinya pelepasan partikel virus (1010 partikle/ gram tinja)
- 4) Pemulihan kerusakan sel dalam 3-8 minggu
- 5) Terjadinya diare mungkin karena pengurangan absorpsi glukosa dan natrium

Gejala Klinis Rotavirus, antara lain ditandai dengan:

- 1) Masa inkubasi 1-4 hari
- 2) Gejala: diare, demam, sakit pada abdomen, muntah à dehidrasi
- 3) Kasus sedang: gejala 4-5 hari à sembuh total
- 4) Diare berlangsung lebih lama pada imunitas/ nutrisi rendah
- 5) Infeksi asimtomatik dapat terjadi (pada dewasa)

j. Infeksi Virus Polio

Terjadinya replikasi awal virus polio pada usus melalui tahap : Virus masuk ke dalam M cells, kemudian diteruskan ke Peyer's Patches (merupakan akumulasi sel limfoid dibawah epitel spesifik , M cells), kemudian terjadi replikasi sehingga virus masuk kedalam darah dan menyebar sehingga terjadi CNS. Keberadaan virus ini dapat dicegah dengan vaksinasi menggunakan vaksin polio. Vaksin ini merupakan virus yang dilemahkan dan diberikan per oral. Vaksin polio distabilkan menggunakan $MgCl_2$ 1 mol / L,

sehingga dapat tahan 1 tahun pada suhu 40C atau beberapa minggu pada suhu 25oC. Kemungkinan terjadinya poliomyelitis pada anak yang divaksinasi sangat jarang (1:2.000.000). Untuk efektifitas kerja vaksin terkait pencegahan penyakit polio ini, vaksinasi dengan vaksin trivalen polio diberikan masing-masing berurutan pada usia 2 bulan, 2 usia 4 bulan, usia 3 usia 6 bulan, usia 4 usia 1,5 tahun, yang kemudian diulang lagi pada usia sebelum masuk sekolah.

I. MIKROORGANISME YANG MERUGIKAN

1. Bakteri Yang Merugikan Penyebab Penyakit Pada Manusia

Untuk peranan pada bakteri dalam kehidupan manusia ada yang menguntungkan dan ada juga yang merugikan. Untuk kerugian yang disebabkan oleh bakteri antara lain seperti dapat menyebabkan penyakit dan keracunan pada manusia, penyakit pada tumbuhan dan pembusukan pada makanan.

Ada beberapa bakteri yang merugikan penyebab penyakit pada manusia, yang di antara yaitu:

- a. *Salmonella typhosa*, penyebab penyakit tifus.
- b. *Shigella dysenteriae*, penyebab penyakit disentri.
- c. *Neisseria meningitidis*, penyebab penyakit meningitis.
- d. *Neisseria gonorrhoeae*, penyebab penyakit kencing nanah.
- e. *Mycobacterium tuberculosis*, penyebab penyakit tuberkulosis.
- f. *Mycobacterium leprae*, penyebab penyakit lepra.
- g. *Clostridium tetani*, menyebabkan penyakit tetanus.
- h. *Corynebacterium dipteri*, menyebabkan dipteri.
- i. *Staphylococcus aureus*, menyerang saluran pernapasan.
- j. *Streptococcus pyogenes*, menyerang sistem pernapasan.
- k. *Micrococcus gonorrhea*, menyebabkan penyakit kelamin.
- l. *Diplococcus pneumoniae*, menyerang paru-paru.
- m. *Klebsiella pneumoniae*, menyebabkan penyakit pada saluran pernapasan dan paru-paru.
- n. *Salmonella typhosa*, menyebabkan penyakit tifus.
- o. *Shigella shigae*, menyebabkan disentri *Brucella abortus* menyebabkan abortus.

- p. *Pasteurella pestis*, menyebabkan penyakit pes *Hemophylus influenza*, menyebabkan influenza.

MIKROORGANISME YANG MERUGIKAN

Yang paling dikhawatirkan adalah kalau di dalam badan air terdapat jasad-jasad mikro penyebab penyakit, seperti:

- a. *Salmonella* penyebab penyakit tifus adalah bakteri gram negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora namun bersifat patogen, baik pada manusia ataupun hewan. Dapat menyebabkan demam typhoid (typhoid fever). Sebenarnya penyakit demam typhoid dapat dipindahkan dengan perantara makanan yang terkontaminasi dan dengan kontak langsung dengan si penderita. Namun yang paling umum sebagai fakta penyebab adalah air. Air dapat terkontaminasi oleh bakteri ini karena kesalahan metode pemurnian air atau kontaminasi silang (Cros contaminant) antara pipa air dengan saluran air limbah.
- b. *Clostridium prefringens* adalah bakteri gram positif pembentuk spora yang sering ditemukan dalam usus manusia, tetapi kadang-kadang juga ditemukan di luar usus manusia (tanah, debu, lingkungan dan sebagainya).
- c. *Escherichia coli* adalah bakteri gram negatif berbentuk batang yang tidak membentuk spora dan merupakan flora normal di dalam usus. *E.coli* termasuk bakteri komensal yang umumnya bukan patogen penyebab penyakit namun bilamana jumlahnya melampaui normal maka dapat pula menyebabkan penyakit. *E. coli* merupakan salah satu bakteri coliform.
- d. *Leptospira* merupakan bakteri berbentuk spiral dan lentur yang merupakan penyebab penyakit leptosporosis. Penyakit ini merupakan penyakit zoonosis atau penyakit hewan yang bisa berpindah ke manusia. Pada umumnya penyebaran bakteri ini adalah pada saat banjir.
- e. *Shigella dysenteriae* adalah basil gram negatif, tidak bergerak. Bakteri ini menyebabkan penyakit disentri (mejan). Spesies lain seperti *S. sonnei* dan *S. paradysenteriae* juga menyebabkan penyakit disentri.
- f. *Vibrio comma* adalah bakteri yang berbentuk agak melengkung, gram negatif dan monotrik. Bakteri ini menyebabkan penyakit kolera yang endemis di Indonesia dan sewaktu-waktu berjangkit serta memakan banyak korban.

- g. *Ascaris* penyebab penyakit cacing, dan banyak contoh-contoh lainnya. Juga didalam air banyak ditemukan mikroba penghasil toksin (racun) yang sangat berbahaya.

4. Bakteri Yang Merugikan Penyebab Denitrifikasi

Bakteri yang merugikan juga terdapat dalam tanah. Kerugian terjadi akibat sebuah proses yang dinamakan denitrifikasi. Proses ini merupakan perubahan nitrat menjadi nitrit kemudian amoniak melalui proses reduksi. Amoniak tidak dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan sehingga pemupukan urea yang diberikan oleh petani tidak akan optimal. Contoh bakteri denitrifikasi adalah *Micrococcus denitrificans* dan *Pseudomonas denitrificans*.

MIKROORGANISME YANG MERUGIKAN

No.	Mikroorganisme	Kerugian
1.	<i>Venturia inaequalis</i>	Sebagai parasit pada buah apel (penyebab busuk pada apel)
2.	<i>Claeiceps purpurea</i>	Sebagai penyebab penyakit ergotisma pada tanaman gandum (ergotisma=kejang otot pada mahluk yang memakan tanaman gandum)
3.	<i>Puccinia graminis</i>	Sebagai parasit pada tanaman jagung
4.	<i>Puccinia arachidis</i>	Sebagai parasit pada tanaman kacang tanah
5.	<i>Ustilago maydis</i>	Sebagai parasit pada tanaman jagung
6.	<i>Amanita ocreata</i>	Sebagai racun yang mematikan jika termakan
7.	<i>Amanita palloides</i>	Sebagai racun yang mematikan jika termakan
8.	<i>Amanita muscaria</i>	Sebagai penyebab halusinasi jika termakan
9.	<i>Tinea versicolor</i>	Sebagai penyebab penyakit panu
10.	<i>Colletotrichum musae</i>	Sebagai penyebab penyakit antraknos (bercak hitam dan coklat) pada buah pisang
11.	<i>Botrytis cinerea</i>	Sebagai penyebab busuk pada buah stroberi
12.	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Sebagai penyebab busuk lunak berair pada sayuran
13.	<i>Fusarium coeruleum</i>	Sebagai penyebab busuk kering pada tanaman kentang
14.	<i>Stemphylium botryosum</i>	Sebagai penyebab bercak bulat coklat pada sayuran selada
15.	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Sebagai penyebab busuk lunak pada ubi jalar

16.	<i>Cylindrocarpon sp.</i>	Sebagai penyebab busuk cokelat pada endosperm tanaman karet
17.	<i>Aspergillus niger</i>	Sebagai penyebab busuk daging buah menjadi hitam pada tanaman kelapa
18.	<i>Botryotinia fuckeliana</i>	Sebagai penyebab busuk kelabu pada buah pear
19.	<i>Colletotricum gloeosporioides</i>	Sebagai penyebab busuk pahit pada buah apel
20.	<i>Mucor sp.</i>	Sebagai penyebab noda coklat pada buah duku
21.	<i>Phytophthora palmivora</i>	Sebagai penyebab noda cokelat dan hitam pada buah durian
22.	<i>Colletotrichum acutatum</i>	Sebagai penyebab penyakit antraknos pada buah jambu biji
23.	<i>Alternaria citri</i>	Sebagai penyebab penyakit alternaria (warna kulit pada buah yaitu cokelat dan hitam) pada buah jeruk
24.	<i>Penicillium digitatum</i>	Sebagai penyebab busuk hijau pada buah jeruk
25.	<i>Clara paradoxa</i>	Sebagai penyebab busuk hitam pada buah nanas

J. MIKROORGANISME YANG MENGUNTUNGKAN

Dalam kehidupan, mikroorganisme merupakan makhluk yang sangat dekat dengan manusia. namun, mikroorganisme itu memiliki keuntungan masing-masing yaitu :

MIKROORGANISME YANG MENGUNTUNGKAN

No.	Mikroorganisme	Kegunaan
1.	<i>Penicillium notatum</i>	Sebagai antibiotik
2.	<i>Penicillium chrysogenum</i>	Sebagai antibiotik
3.	<i>Streptomyces griseus</i>	Sebagai antibiotik penyakit TBC
4.	<i>Chepalosporium acrmonium</i>	Sebagai antibiotik penyakit pneumonia
5.	<i>Badillus thurungiensis</i>	Sebagai bakteri pengendali serangan hama
6.	<i>Rhizobium sp.</i>	Sebagai bakteri pengikat nitrogen
7.	<i>Azotobacter sp.</i>	Sebagai bakteri pembantu tanaman jagung agar tidak bergantung pada pupuk
8.	<i>Thiobacillus ferroxi dan</i>	Sebagai bakteri pemakan batuan yang dapat memisahkan tembaga dari bijihnya
9.	<i>Rhizopus oligosporius</i>	Sebagai bahan pembuatan tempe
10.	<i>Aspergillus wentii</i>	Sebagai bahan pembuatan kecap
11.	<i>Neurospora crassa</i>	Sebagai bahan pembuatan oncom
12.	<i>Mecrococcus sp.</i>	Sebagai bahan pembuatan tauco
13.	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Sebagai bahan pembuatan yoghurt
14.	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Sebagai bahan pembuatan alkohol & roti
15.	<i>Streptococcus lactis</i>	Sebagai bahan pembuatan acar

16.	<i>Auricularia politricha</i>	Sebagai bahan pelengkap makanan
17.	<i>Volvariella volvacea</i>	Sebagai bahan pelengkap makanan
18.	<i>Lentinula edodes</i>	Sebagai bahan pelengkap makanan
19.	<i>Morchella esculenta</i>	Sebagai bahan pelengkap makanan
20.	<i>Sarcoscypha coccinea</i>	Sebagai bahan pelengkap makanan
21.	<i>Ganoderma sp.</i>	Sebagai obat dan suplemen
22.	<i>Saccharomyces ellipsoideus</i>	Sebagai bahan pembuatan wine dari anggur
23.	<i>Saccharomyces tuac</i>	Sebagai bahan pembuatan tuak
24.	<i>Mucor javanicus</i>	Sebagai bahan pembuatan tape
25.	<i>Acetobacter xylinum</i>	Sebagai bahan pembuatan nata de coco

K. KORELASI ANTARA PENGETAHUAN TENTANG MIKROBIOLOGI DENGAN POLA HIDUP SEHAT

Dalam Keluarga Mikrobiologi adalah telaah mengenai organisme hidup yang berukuran mikroskopis. Dunia mikroorganisme terdiri dari 5 kelompok organisme yaitu bakteri, protozoa, virus, alga dan cendawan (jamur). Mikrobiologi ada yang bersifat menguntungkan dan merugikan. Mikrobiologi mampu menyebabkan penyakit pada hewan, tumbuhan dan manusia. Penyakit infeksi oleh mikrobia pada hewan tertentu dapat menular pada manusia. Pemahaman tentang penyakit sangatlah penting. Sehingga perlu digiatkan usaha untuk kesehatan diantaranya melalui pendidikan di tingkat sekolah yang berkaitan dengan sikap terhadap kesehatan seperti pengetahuan tentang mikrobiologi yang membahas tentang kehidupan mikroorganisme. Dalam pokok bahasan virus, bakteri, jamur, alga dan protozoa siswa diperkenalkan tentang berbagai bentuk, sifat, klasifikasi, dan peranannya dalam kehidupan manusia. Aspek kognitif ini mempunyai hubungan yang erat dengan kesehatan, karena mikroorganisme yang merupakan penyebab timbulnya penyakit, baik pada manusia, hewan maupun tumbuhan. Oleh karena itu setiap pribadi hendaklah menjaga kesehatan. Menjaga kesehatan dapat dimulai dari menjaga kesehatan pribadi terlebih dahulu. Kesehatan pribadi dapat terwujud jika seseorang menjaga kesehatan tubuhnya. Selain menjaga kesehatan pribadi, kita berkewajiban untuk menjaga kesehatan lingkungan rumah kita dengan menerapkan konsep pola hidup sehat dalam keluarga. Peran pendidikan kesehatan dalam perilaku untuk membentuk sikap siswa merupakan suatu upaya untuk menciptakan perilaku yang kondusif untuk kesehatan. Artinya pendidikan kesehatan berupaya agar siswa menyadari atau mengetahui bagaimana cara memelihara kesehatan mereka, bagaimana menghindari atau mencegah hal-hal yang merugikan kesehatan mereka. Untuk itu

materi mikrobiologi diberikan kepada anak didik tidak hanya sebagai informasi, diharapkan dengan tingkat kognitif yang dimiliki peserta didik harus mampu mempunyai sikap positif terhadap materi pelajarannya sehingga mereka mampu mengembangkan dan membina sikap positif terhadap kesehatan. Dan tidak hanya di sekolah saja namun juga perlu diaplikasikan pola hidup sehat ketika di rumah dan dalam kehidupan sehari-hari, karena pola hidup sangat berpengaruh terhadap kualitas kesehatan. korelasi antara pengetahuan tentang mikrobiologi dengan pola hidup sehat dalam keluarga adalah suatu hubungan yang saling mempengaruhi. Sehingga indikator-indikator dalam penerapan pola hidup sehat dalam keluarga dapat tercapai dengan baik. Namun bukan berarti ketika pengetahuan tentang mikrobiologi bagus maka pola hidup sehat yang diaplikasikan dalam keluarga pun akan bagus, karena penerapan pola hidup sehat dalam keluarga dapat diciptakan melalui pembiasaan sejak dini, baik itu dari lingkungan keluarga maupun dari lingkungan sekolah dengan siswa dipahamkan tentang konsep pola hidup sehat.

L. KONSEP MIKROBIOLOGI AIR

1. AIR BERSIH

Air bersih adalah air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum setelah dimasak (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990). Air yang berada dipermukaan bumi berasal dari berbagai sumber, berdasarkan letak sumbernya air dapat dibagi sebagai berikut:

- a. Air Angkasa (Air Hujan) Air angkasa atau air hujan jumlahnya sangat terbatas dipengaruhi oleh musim, jumlah, intensitas dan distribusi air hujan. Kualitas air hujan sangat dipengaruhi oleh kualitas udara atau atmosfer di daerah tersebut. Pencemaran yang mungkin timbul antara lain berupa debu dan gas. Kualitas air hujan relatif baik namun kurang mengandung mineral dan sifatnya mirip air suling. Jumlah hujan yang jatuh di suatu daerah selama waktu tertentu disebut dengan curah hujan.
- b. Air Permukaan Air permukaan pada hakikatnya banyak tersedia di alam. Kondisi air permukaan sangat beragam karena tergantung dari daerah yang dilewati oleh aliran air. Pada umumnya kekeruhan air permukaan cukup tinggi karena banyak mengandung lempung dan substansi organik. Air

permukaan tersebut dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat setelah melalui proses pengolahan tertentu.

- c. Air tanah Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah, terdapat diantara butiran butiran tanah atau dalam retakan bebatuan. Permasalahan air tanah yang mungkin timbul adalah tingginya kandungan total dissolved solid (TDS), besi (Fe), mangan (Mn), dan kesadahan air yang berasal dari mata air dikaki gunung atau disepanjang aliran sungai atau berasal dari sumur gali, sumur pantek, sumur bor tangan yang kedalamannya antara 15-30 meter atau lebih.

2. AIR MINUM

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI. (Permenkes RI No.492/MenKes/Per/IV/2010). Berdasarkan peraturan tersebut air minum yang aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum. Adapun parameter wajib terdiri dari parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan dan parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan. Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan terdiri dari parameter mikrobiologi dan kimia anorganik sedangkan parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan terdiri dari parameter fisik dan parameter kimiawi. Untuk memenuhi parameter mikrobiologi air minum tidak boleh mengandung bakteri Coliform (jenis coli) baik fecal (misal *Escheresia coli*) maupun non fecal (misal *Enterobacter aerogenes*). Parameter kimia an organik meliputi Arsen, Fluorida, Total Kromium, Kadmium, Nitrit sebagai NO₂, Nitrat sebagai NO₃, Sianida dan Selenium. Parameter fisik yang meliputi air minum tidak berbau, tidak berwarna, total zat terlarut (TDS) maksimal 500 TCU, kekeruhan maksimal 5 NTU, tidak berasa dan suhu +30C dari suhu saat itu. Sedangkan Parameter kimia meliputi Alumunium, Besi, Kesadahan, Khlorida, Mangan, pH,. Seng, Sulfat, Tembaga, Amonia. Dimana kadar maksimum parameter tersebut sudah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan No.

492/MenKes/IV/2010. Untuk menjaga kualitas air minum yang dikonsumsi masyarakat dilakukan pengawasan kualitas air minum secara eksternal dan internal. Pengawasan kualitas air minum secara eksternal merupakan pengawasan yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Kabupaten/kota yang meliputi Inspeksi Sanitasi (IS), pengambilan sampel air, pengujian kualitas air, analisis hasil laboratorium, rekomendasi, dan tindak lanjut. Pengawasan kualitas air minum secara internal merupakan pengawasan yang dilaksanakan oleh penyelenggara air minum untuk menjamin kualitas air minum yang diproduksi sesuai dengan peraturan. Pengawasan kualitas secara eksternal dan internal dilakukan dengan cara pemeriksaan kualitas air minum dengan uji laboratorium untuk mengetahui cemaran bakteri Coliform (bakteri jenis coli) ataupun cemaran *Escherichia coli* (*E.coli*).

Metode yang lazim digunakan dalam uji laboratorium untuk pemeriksaan mikrobiologi adalah dengan Metode tabung ganda. Berdasarkan Permenkes RI No.492/MenKes/Per/IV/2010 setiap 100 ml sampel yang diperiksa tidak boleh mengandung bakteri jenis coli. Berdasarkan Permenkes RI No.492/MenKes/Per/IV/2010 Penyelenggara air minum adalah badan usaha milik negara/badan usaha milik daerah, koperasi, badan usaha swasta, usaha perseorangan, kelompok masyarakat, dan atau individual yang melakukan penyelenggaraan penyediaan air minum. Penyelenggara air minum menggunakan air dari berbagai sumber air bersih sebagai bahan baku untuk penyediaan air minum. Pengolahan air bersih menjadi air minum dapat dilakukan dengan cara yang sederhana dan dengan teknologi pengolahan air minum. Pengolahan air minum dengan cara sederhana yaitu dengan cara merebus air baku sampai mendidih kemudian mendinginkannya. Pengolahan air bersih menjadi air minum dengan teknologi dengan proses penyaringan (Filtrasi), proses desinfeksi menggunakan ozonisasi, penyinaran ultraviolet, teknologi membran atau dikenal dengan teknologi Reverse Osmosis (RO) telah digunakan oleh penyelenggara air minum dalam kemasan dan penyelenggara air minum isi ulang atau Depot air minum (DAM).

3. DEPOT AIR MINUM (DAM)

Depot Air Minum yang selanjutnya disingkat DAM adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung

kepada konsumen (PerMenkes RI No 43 Tahun 2014 tentang Hygiene Sanitasi Depot Air Minum). Dimana setiap DAM wajib:

- a. Menjamin air minum yang dihasilkan memenuhi standar baku mutu atau persyaratan kualitas air minum sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.
- b. Memenuhi persyaratan hygiene sanitasi dalam pengelolaan air minum. Proses pengolahan air pada Depot Air Minum (DAM) pada prinsipnya adalah filtrasi (penyaringan) dan desinfeksi. Proses filtrasi dimaksudkan selain untuk memisahkan kontaminan tersuspensi juga memisahkan campuran yang berbentuk koloid termasuk mikroorganisme dari dalam air. Desinfeksi bertujuan untuk membunuh mikroorganisme yang tidak tersaring pada proses sebelumnya.

Peralatan yang digunakan pada Depot Air Minum (DAM) untuk mengolah air baku menjadi air minum adalah :

- a. Storage tank berguna untuk penampungan air baku.
- b. Stainless water pump yang mempunyai 3 fungsi :
 - 1) Tabung yang pertama aktif sand media filter untuk menyaring partikel – partikel yang kasar dengan bahan dari pasir atau jenis lain yang efektif dengan fungsi yang sama.
 - 2) Tabung yang kedua adalah anthracite filter berfungsi untuk menghilangkan kekeruhan dengan hasil yang maksimal dan efisien.
 - 3) Tabung yang ketiga adalah granula karbon aktif , karbon yang berfungsi untuk menyerap debu, rasa, warna, sisa chlor dan bahan organik.
- c. Flow meter untuk mengukur air yang mengalir ke dalam galon isi ulang. 5. Lampu ultraviolet atau ozon berguna untuk desinfeksi sterilisasi pada air yang telah diolah.
- d. Galon isi ulang digunakan sebagai tempat menampung air minum.
- e. Pengoperasian dan pemeliharaan alat pengolahan air minum pada DAM Menurut Keputusan Menperindag RI Nomor 651/MPP/Kep/10/2004 tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum dan Perdagangannya, urutan proses

produksi (pengoperasian) air minum di Depot Air Minum (DAM) adalah sebagai berikut :

- 1) Penampungan air baku dan syarat bak penampung. Air baku yang digunakan bisa berasal dari sumber air bersih (SGL, PDAM, Mata Air) diambil dari sumbernya diangkut dengan menggunakan tangki selanjutnya ditampung dalam bak penampung (reservoir). Bak penampung harus terbuat dari bahan tara pangan (food grade), tahan korosif agar terbebas dari bahan yang mencemari air Timah hitam (Pb), Zeng (Zn), Tembaga (Cu), dan Cadmium (Cd). Tertutup mudah dibersihkan dan disterilisasi luar serta dalam minimal 3 bulan sekali.
- 2) Penyaringan Penyaringan bertahap terdiri atas :
 - a) Saringan berasal dari pasir atau saringan lain yang efektif dan berfungsi sama. Fungsi saringan pasir adalah menyaring partikel – partikel yang kasar. Bahan yang digunakan adalah silica (SiO_2) minimal 80%.
 - b) Saringan karbon aktif yang berasal dari batubara atau arang batok kelapa berfungsi menyerap bau, rasa, warna, sisa chlor dan bahan organik. c. Saringan lainnya yang berfungsi sebagai saringan halus berukuran 10 mikron. Sistem pencucian terbalik (back washing) adalah cara pembersihan tabung filter dengan cara mengalirkan air tekanan tinggi secara terbalik sehingga kotoran atau residu yang selama ini tersaring dapat terbuang keluar. Untuk DAM yang tidak menggunakan sistem back washing maka harus memiliki jadwal penggantian tabung mikro filter secara rutin.
 - c) Desinfeksi Desinfeksi dilakukan untuk membunuh kuman patogen yang tidak tersaring pada proses sebelumnya dengan menggunakan Ozon (O_3) atau dengan penyinaran Ultra Violet (UV) dengan panjang gelombang 254 nm atau kekuatan 25370A dengan intensitas minimum 10.000 mw detik per cm^2 . Alat sterilisasi/desinfeksi yang digunakan harus berfungsi dan digunakan secara benar, contohnya jika kemampuan peralatan tersebut 8 GPM (gallon per minute) berarti kran pengisian depot digunakan untuk mengisi maksimal 1,5 botol galon per menit nya.

- d) Pembilasan, pencucian dan sterilisasi wadah Wadah yang digunakan adalah wadah yang terbuat dari bahan tara pangan (food grade) dan bersih. Depot Air Minum (DAM) wajib memeriksa wadah yang dibawa konsumen dan menolak wadah yang dianggap tidak layak sebagai tempat air minum. Wadah yang akan diisi harus dibersihkan dengan air minum produk atau bila harus dicuci dengan deterjen harus digunakan deterjen untuk alat makan (food grade) kemudian membilasnya dengan air minum produk sampai bersih. Bila pembersihan menggunakan mesin sikat harus berhati-hati dan hanya sekitar 30 detik. Hal ini untuk menghindari tergoresnya bagian dalam botol/galon.
- e) Pengisian Pengisian wadah air minum dilakukan dengan menggunakan alat dan mesin serta dilakukan dalam tempat pengisian yang higienis dan tertutup.

STANDAR BAKU AIR MINUM ISI ULANG

Standar mutu air minum atau air untuk kebutuhan rumah tangga ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan Kualitas Air Minum. Standar baku air minum tersebut disesuaikan dengan Standar Internasional yang dikeluarkan WHO. Standar kualitas air tersebut bertujuan untuk memelihara, melindungi dan mempertinggi derajat kesehatan masyarakat, terutama dalam pengolahan air atau kegiatan usaha mengolah dan mendistribusikan air minum untuk masyarakat umum. Dengan adanya standarisasi tersebut, dapat dinilai kelayakan pendistribusian sumber air untuk keperluan rumah tangga. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010 Tanggal : 19 April 2010 tentang PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM I. PARAMETER WAJIB Pada parameter wajib mencakup parameter yang berhubungan langsung dan tidak langsung dengan kesehatan.

Parameter Mikrobiologi yang langsung berhubungan dengan kesehatan:

- a. Eschericia coli : 0 jumlah per 100 ml sampel
- b. Total Bakteri Coliform : 0 jumlah per 100 ml sampel

BAKTERI COLIFORM

Bakteri Coliform adalah golongan bakteri intestinal, yaitu hidup dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri Coliform adalah bakteri indikator keberadaan bakteri patogenik lain. Lebih tepatnya, sebenarnya, bakteri Coliform fekal adalah bakteri indikator adanya pencemaran bakteri patogen. Penentuan Coliform fekal menjadi indikator pencemaran dikarenakan jumlah koloninya pasti berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen. Selain itu, mendeteksi Coliform jauh lebih murah, cepat, dan sederhana daripada mendeteksi bakteri patogenik lain. Contoh bakteri Coliform adalah, *Escherichia coli* dan *Enterobacter aerogenes*. Jadi, Coliform adalah indikator kualitas air. Makin sedikit kandungan coliform, artinya, kualitas air semakin baik. Terdapatnya bakteri Coliform dalam air dapat menjadi indikasi kemungkinan besar adanya organisme patogen lainnya. Bakteri Coliform dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu faecal Coliform dan non-faecal coliform. *E. coli* adalah bagian dari faecal coliform. Keberadaan *E. coli* dalam air dapat menjadi indikator adanya pencemaran air oleh tinja.

Alasan *E. coli* digunakan sebagai indikator pemeriksaan kualitas bakteriologis secara universal dalam analisis :

- a. *E. coli* secara normal hanya ditemukan di saluran pencernaan manusia (sebagai flora normal) atau hewan mamalia, atau bahan yang telah terkontaminasi dengan tinja manusia atau hewan; jarang sekali ditemukan dalam air dengan kualitas kebersihan yang tinggi.
- b. *E. coli* mudah diperiksa di laboratorium dan sensitivitasnya tinggi jika pemeriksaan dilakukan dengan benar.
- c. Bila dalam air tersebut ditemukan *E. coli*, maka air tersebut dianggap berbahaya bagi penggunaan domestic.
- d. Ada kemungkinan bakteri enterik patogen yang lain dapat ditemukan bersama-sama dengan *E. coli* dalam air tersebut. Adanya hubungan antara tinja dengan Coliform, maka bakteri ini dijadikan indikator alami kehadiran materi fekal. Sehingga, jika pada suatu substrat atau benda didapatkan bakteri ini maka langsung ataupun tidak langsung substrat atau benda tersebut sudah dicemari oleh materi fekal.

Kehadiran bakteri Coliform dalam jumlah tertentu di dalam substrat ataupun benda, misalnya air dan bahan makanan, juga merupakan indikator kehadiran bakteri penyakit lainnya.

M. CARA PENGAMBILAN SAMPEL SERTA PENGIRIMANNYA

1. SAMPEL AIR

Botol untuk tempat sampel air untuk pemeriksaan mikrobiologi harus bersih dan steril. Sterilisasi dilakukan pada temperatur 121°C selama 15 menit tekanan 2 atm di dalam autoclave. Botol yang digunakan sebaiknya mempunyai mulut lebar dan bertutup asah. Botol harus diberi kertas pelindung. Kertas pelindung ditutupkan di atas tutup dan diikat mengelilingi leher botol sebelum disterilisasi. Botol harus mempunyai volume minimum 250 ml untuk diisi sampel air paling sedikit 100 ml dan masih ada sisa ruang.

2. CARA PENGAMBILAN SAMPEL AIR

a. PENGAMBILAN SAMPEL AIR DARI PIPA DAN SUMUR POMPA:

Sebelum pengambilan sampel air, tangan di aseptik terlebih dahulu dengan menggunakan alkohol 70%, hal ini mencegah pengambilan sampel air dari tangan yang terkontaminasi;

Lalu kran dibuka penuh, alirkan air 2-3 menit atau dianggap cukup untuk membersihkan mulut kran, kemudian tutup kembali;

Nyalakan bunsen dengan korek api dan kapas diberi cairan spritus menggunakan krustang/pinset

Mulut kran dipanaskan sampai timbul uap air keluar;

Buka botol sampel dari kertas pelindung (dibuka sampai setengah saja untuk menghindari kontaminasi). Tutup botol dan kertas pelindung diambil sebagai satu kesatuan dan dipegang antara jari-jari tangan (tutup botol jangan ditaruh sembarangan untuk menghindari kontaminasi). Pengambilan harus dilakukan secara aseptis;

Panasi bibir botol sampel hingga cukup panas;

Botol diisi sampel air $\frac{3}{4}$ botol, hal ini bertujuan agar sisa ruangan botol masih ada udara untuk mikroorganisme (untuk pemeriksaan bakteriologis)

Bibir botol dipanasi lagi hingga cukup panas lalu secepatnya ditutup kembali;

Matikan api di bunsen dengan penutup bunsen;

Kemudian di beri label dan Kerjakan secara aseptis dan hati-hati.

b. PENGAMBILAN SAMPEL AIR DARI RESERVOIR, MATA AIR DAN SUMUR GALI:

Bawalah box penyimpanan alat-alat pengambilan sampel air seperti bunsen, alkohol 70%, cairan spritus, bunsen, korek api, kapas, krustang, botol sampel dilengkapi tali untuk mengambil sampel air dengan panjang ± 10 meter, label dan alat tulis;

Contoh air bisa diambil dengan botol timba atau botol gelas secara langsung. Botol-botol ini dilengkapi dengan tali dan seluruhnya dibungkus dengan kertas, baru disterilkan;

Sebelum pengambilan sampel air, tangan di aseptik terlebih dahulu dengan menggunakan alkohol 70%, hal ini mencegah pengambilan sampel air dari tangan yang terkontaminasi;

Pengambilan Sampel Air Sumur Gali pertama yang dilakukan dengan dua orang, satu yang memegang krustang untuk memanaskan bibir botol sampel dan yang satunya mengambil sampel air di sumur gali;

Sebelum digunakan untuk pengambilan sampel air, kertas pembungkus dibuka, diusahakan jangan sampai menyentuh langsung bagian botol;

Buka botol sampel dan tutup botol dibungkus dengan kertas pelindung dan masukkan di kantong untuk menghindari kontaminasi;

Panasi bibir sampel hingga cukup panas;

Tali diurai dan botol diturunkan pelan-pelan ke dalam sumur sampai mulut botol masuk minimal 10 cm ke dalam air (bila tinggi air memungkinkan);

Sisakan tali sepanjang 30 cm untuk menyelupkan air ke dalam sumur dan jangan dipegang untuk menghindari kontaminasi;

Pelan-pelan agar tidak menyentuh di dinding sumur untuk mencegah kontaminasi botol sampel;

Botol diisi sampel air $\frac{3}{4}$ botol, hal ini bertujuan agar sisa ruangan botol masih ada udara untuk mikroorganisme (untuk pemeriksaan bakteriologis);

Panasi lagi bibir sampel dengan api lalu tutup secepatnya;

Kemudian siap diberi label dan Kerjakan secara aseptis dan hati-hati.

3. PENGIRIMAN SAMPEL AIR

Sampel yang akan dikirimkan harus diberi label dan diberi label dan tulisan yang lengkap, isinya antara lain:

a. Nama dan alamat pengirim.

- b. Kode.
- c. Sampel diambil untuk pemeriksaan kimia/bakteriologis (coret yang tak perlu).
- d. Tanggal pengambilan.
- e. Jam.
- f. Lokasi pengambilan sampel.
- g. Sampel diambil dari (sumur, mata air, dll).
- h. Diambil oleh.
- i. Tanda tangan pengambil sampel.

Disertakan dengan surat pengantar yang jelas di mana dicantumkan:

- a. Nama pengirim.
- b. Tanda tangan pengirim.
- c. Maksud pemeriksaan.

Sebisa mungkin sampel air tersebut dikirim langsung ke laboratorium.

Sampel air yang akan dikirim, harus disimpan di dalam tempat yang terjamin keamanannya, misal disimpan di dalam termos es.

N. CARA PEMERIKSAAN BAKTERIOLOGIS AIR

Cara pemeriksaan laboratorium secara bakteriologis ini dipergunakan untuk pemeriksaan air guna menentukan kualitasnya. Cara ini dimaksudkan untuk mengetahui air oleh bahan buangan yang berasal dari manusia maupun hewan. Kuman golongan coli (coliform group) sudah lama digunakan sebagai indikator untuk mengetahui adanya pengotoran air.

1. PERSIAPAN UJI

- a. Peralatan :
 - Inkubator
 - Autoclave
 - Alat pengukur (pH) dan sisa klor
 - Alat timbangan
 - Koloni kounter
 - Pipet
 - Cawan petri (petri dish)
 - Tabung peragian
 - Kapas

- Wire loop (ose) yang terbuat dari platina krom
 - Pembakar bunsen
 - Rak tabung reaksi
 - Ruangan inokulasi yang steril
- b. Media biakan dan larutan pengenceran untuk keperluan uji jumlah bakteri golongan coli diperlukan media sebagai berikut:
- Kaldu laktose
 - Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)
 - Eosin Mathyline Blue Agar (EMB Agar)
 - Larutan pengencer

Umumnya dipasaran tersedia media kering yang siap digunakan dan mempermudah untuk menyiapkan kaldu biakkan.

1) Pembuatan media laktose

- Ditimbang dengan teliti
 - Ekstrak daging 3,8 gr
 - Pepton 5,0 gr
 - Lactose 5,0 gr
- Ketiga bahan tersebut dilarutkan dalam satu liter air suling, dan dipanaskan pelan-pelan diatas pemanas air sambil diaduk,sampai semua bahan padat larut.
- pH diatur sehingga akan mendapatkan pH 6,8-7,0 setelah sterilisasi
- disaring dengan kapas atau kertas saring.
- diisikan ke dalam tabung-tabung reaksi yang telah berisi tabung peragian yang terbaik,masing-masing 10ml.
- Bila tabung-tabung disiapkan untuk pemeriksaan dari porsi 10ml,medium laktose harus mempunyai kepekatan sedemikian sehingga bila kedalam medium ditambahkan contoh air, kandungan bahan-bahan penyusun medium akan tetap.

2) Pembuatan Medium Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)

- Ditimbang
 - Pepton 10 gr
 - Lactose 10 gr
- Dilarutkan dalam air suling 500ml

- Ditimbang oxgall 20gr,dilarutkan dalam 200ml air suling
- pH diatur menjadi 7,4
- Ditambah larutan Brilliant Gree 0,1% dalam air sebanyak 13,3 ml.
- Disaring dengan kapas
- Dibagi dalam tabung reaksi dan disterilkan 121°C selama 10 menit.

3) Pembuatan Eosin Methyline Blue Agar (EMB Agar)

- Ditimbang dengan teliti:
 - Pepton 10 gr
 - Lactose 10 gr
 - K_2HPO_4 2 gr
 - Agar 20 gr
- Semua bahan-bahan diatas dilarutkan dalam satu liter air suling dan dipanaskan pelan-pelan diatas pemanas air sampai semua bahan larut. Ditambah air suling sampai volume menjadi 1 liter.
- pH diatur menjadi 7,1.
- Ditambah larutan Eosin 2% dalam air 20 cc,larutannya Methyline Blue 0,5% dalam air 13cc,dicampur hingga homogen.
- Dibagi dalam botol atau labu Erlenmeyer 250 ml.
- Disterilkan pada suhu 121°C selama 10 menit.

Selama sterilisasi warna akan hilang,tetapi kembali lagi setelah dingin.

- Untuk membuat lempeng,medium dicairkan dengan memanaskan diatas pemanasan air. Setelah cair dituangkan kedalam cawan petri dan biarkan mengeras.

4) Larutan Pengenceran

a) Air pengencer

Disini diperlukan air pengencer yang telah dipar. Setelah steril air ini dipergunakan dalam mempersiapkan pengenceran sampai sebelum dilakukan inokulasi kemudian biakkan. Air ini dipersiapkan dari larutan induk buffer fosfat dengan komposisi berikut.

b) Larutan Induk

Larutan 35 gr Kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4) sampai dengan 500 ml. Larutan ini harus mempunyai pH 7,2 yang dicek dengan pH meter. Bilamana perlu pH bisa dinaikan dengan cara menambah

beberapa tetes larutan natrium hidroksida 1N (4,0 g NaOH) dilarutkan dengan air suling sampai dengan 100 ml. Sejumlah air suling kemudian ditambahkan untuk membuat 1 liter, bila mana larutan induk tidak dipergunakan, maka harus disimpan dalam botol yang tertutup rapat pada temperatur 4-10°C, untuk memperlambat pertumbuhan mikroorganisme. Bilamana perlu pengenceran dipergunakan tambahan 1,25 ml larutan induk kedalam 1 liter air suling dan masukan kedalam botol untuk sterilisasi didalam otoclaf. Sebelum sterilisasi kendorkan penutup botol : sterilkan selama 20 menit pada 121°C. Sesudah steril kencangkan penutup dan simpan air pencer ini ditempat bersih sampai waktu dipergunakan.

5) Air pengencer alternatif lain

Penambahan magnesium klorida ternyata dapat memberikan recovery rate sedikit lebih tinggi sehingga magnesium klorida bisa dipergunakan bilamana diinginkan 0,1% larutan steril peptone dalam air suling dengan pH akhir 6,8 boleh dipergunakan sebagai alternatif pilihan. Air garam fisiologis yang steril (0,5 NaCl) secara luas juga dipergunakan dipuskesmas. Ini dapat pula dipergunakan sebagai alternatif lain.

2. CARA PEMERIKSAAN

Pemeriksaan kualitas mikrobiologi air minum metode tabung ganda Pemeriksaan kualitas air secara mikrobiologi ditunjukkan dengan kehadiran bakteri jenis coli (Coliform) sebagai indikator cemaran. Ciri ciri bakteri jenis coli bentuk batang, gram negatif, tidak membentuk spora, aerobik atau an aerobik fakultatif yang memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan asam dan gas dalam waktu 2 x 24 jam pada suhu 37°C . Adanya bakteri dalam air bersih dan air minum menunjukkan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik yang berbahaya bagi kesehatan.

Pemeriksaan air minum secara mikrobiologis menggunakan tabung ganda terdiri dari 3 tahap yaitu :

- a. Presumptive test (Pengujian Perkiraan) Pada uji perkiraan menggunakan multi tabung fermentasi atau membrane filtrasi. Sampel air pada penggunaan multi tabung fermentasi diisikan dengan volume 10 ml, 1 ml,

dan 0,1 ml. Hal ini untuk menginokulasi Lauryl tryptose broth. Tabung yang menghasilkan gas dinyatakan positif dan dilanjutkan uji penegasan.

b. Confirmed test (Pengujian Penegasan)

Pada uji ini digunakan Brilliant Green Lactose Bile (BGLB) broth. Medium ini mengandung lactose dan oxgall yang digunakan untuk menyeleksi coliform. Prosedur ini selain menggunakan tabung lauryl tryptose juga digunakan tabung durham kecil. Tabung Brilliant Green diinokulasi oleh koloni coliform dengan piring pada teknik filtrasi membrane atau tabung positif pada fermentasi multi tabung. Tabung durham yang memproduksi gas dinyatakan positif. Jika tabung Brilliant Green yang positif dari tabung lauryl tryptose kemudian ditentukan dengan nilai MPN.

c. Completed Test (Pengujian Lengkap)

Pengujian ini memeriksa spot yang dihasilkan. Setiap hasil sampel positif tabung Brilliant Green ditanamkan bergaris pada piring MacConkey agar atau LES Endo agar dan diinkubasi pada suhu 35°C selama 24 jam. Koloni yang terisolasi dipilih baik coliform tipikal dan non tipikal ditanamkan bergaris di atas tabung lauryl tryptose dan nutrient agar slants. Hal ini bertujuan memperoleh membersihkan isolasi. Nutrient agar slants digunakan untuk pewarnaan Gram mikroorganisme yang menunjukkan bakteri batang gram negative. Hal ini sebagai ciri kelompok bakteri coli.

O. PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Banyak hal yang bias kita lakukan sebagai cara penanggulangan pencemaran air antara lain:

1. Sadar akan kelangsungan ketersediaan air dengan tidak merusak atau mengeksploitasi sumber mata air agar tidak tercemar.
2. Tidak membuang sampah kesungai.
3. Mengurangi intensitas limbah rumah tangga.
4. Melakukan penyaringan limbah pabrik sehingga limbah yang nantinya bersatu dengan air sungai bukanlah limbah jahat merusak ekosistem.
5. Pembuatan sanitasi yang benar dan bersih agar sumber-sumber air bersih lainnya tidak tercemar.

Cara penanggulangan pencemaran air lainnya adalah melakukan penanaman pohon. Pohon selain bias mencegah longsor, diakui mampu menyerap air dalam jumlah banyak. Itu sebabnya banyak bencana banjir akibat penebangan pohon secara massal. Padahal, pohon merupakan penyerap air paling efektif dan handal.

Bahkan, daerah resapan air pun dijadikan pemukiman dan pusat wisata. Pohon sesungguhnya bias menjadi sumber air sebab dengan banyaknya pohon, semakin banyak pula sumber-sumber air potensial di bawahnya.

BAB II

KONSEP MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN UDARA

A. MIKROBIOLOGI UDARA

Udara bukanlah suatu medium tempat mikroorganisme tumbuh, tetapi merupakan pembawa bahan partikulat, debu dan tetesan cairan, yang kesemuanya ini mungkin dimuati oleh bakteri. Jumlah dan tipe mikroorganisme yang mencemari udara ditentukan oleh sumber pencemaran di dalam lingkungan misalnya, dari saluran pernafasan manusia yang disemprotkan melalui batuk, bersin, dan partikel-partikel debu diedarkan oleh aliran udara. Mikroorganisme dapat hidup dimana – mana, tidak hanya di ruang terbuka tapi di ruangan tertutup. Kehidupan mikroorganisme di ruang tertutup lebih mudah dikendalikan dibanding di ruang terbuka. Jika suatu ruangan tertutup, kehidupan mikroorganisme dapat dikendalikan, maka ruangan tersebut dapat dikategorikan sebagai ruangan steril.

Seseorang yang bekerja di dalam satu ruangan dengan kepadatan mikroba yang tinggi dengan sendirinya mendapatkan resiko yang besar akan terjangkitnya penyakit. Ditambah lagi jika instansi tempat bekerja itu merupakan sarana pelayanan publik seperti institusi pendidikan atau sarana pelayanan kesehatan dimana terdapat banyak sekali aktivitas manusia yang mungkin sekali membawa mikroba dan menyebarkannya di dalam ruangan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian dari United State Environmental Protection Agency (USEPA) tentang peluang manusia terpapar polusi menyebutkan bahwa derajat polusi dalam ruang dua sampai lima kali lebih tinggi dibandingkan dengan polusi dari luar ruangan. Pengendalian bakteri dapat dilakukan dengan cara sterilisasi. Sterilisasi adalah proses membunuh semua bentuk kehidupan terutama mikroorganisme yaitu bakteri. Sterilisasi dilakukan dengan berbagai cara tergantung macam dan sifat bahan. Secara mekanik misalnya dengan penyaringan. Secara kimia misalnya dengan cara desinfektan dan secara fisik misalnya dengan pemanasan. Penyinaran ultraviolet, sinar x dan lain-lain.

Laboratorium mikrobiologi harus memiliki peralatan keselamatan. Sejak adanya potensi mikroorganisme pathogen mengenai manusia, maka setiap orang yang bekerja dalam ruang laboratorium mikrobiologi harus mengenakan pakaian pengaman (jas laboratorium). Jas laboratorium ini tidak boleh dikenakan di luar laboratorium. Sarung tangan dipakai ketika hendak menangani kultur atau biakan

mikroba. Jumlah bakteri paling tinggi terdapat di laboratorium Bakteriologi, karena merupakan ruangan yang digunakan untuk praktikum secara kontinu dengan melibatkan sampel dan media yang mengandung bakteri dalam jumlah besar. Jika ada 1 orang yang masuk ke suatu ruangan maka jumlah bakteri di udara akan meningkat sebanyak 37 juta bakteri/jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber pencemaran udara dalam ruangan akibat mikroba sebesar 5 %. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 7 tahun 2019 Tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, indeks angka kuman di udara laboratorium mempunyai batasan konsentrasi maksimal sebesar 200 – 500 CFU/m³ . Hal ini menunjukkan bahwa begitu penting untuk menurunkan angka kuman udara di laboratorium sebelum digunakan untuk melakukan pemeriksaan. Ukuran sel mikroorganisme yang sedemikian kecil dan ringan menyebabkan mudah terhembuskan oleh aliran udara. Keberadaan mikroorganisme dapat menyebabkan kontaminasi dan berpengaruh terhadap pemeriksaan laboratorium mikrobiologi, yang sering disebut bakteri kontaminan, yang biasanya dapat ikut tumbuh dalam suatu media nutrient agar. Bakteri kontaminan yang sering ditemukan diantaranya adalah *Bacillus* sp, *Streptococcus* sp, *Staphylococcus*, *Pseudomonas* dan *Sarcina*.

Sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet biasanya digunakan untuk sterilisasi ruangan. Radiasi sinar ultraviolet dapat membunuh bakteri dengan panjang gelombang antara 220-290 nm dan radiasi yang paling efektif adalah 253,7 nm. Mekanisme kerjanya adalah absorpsi oleh asam nukleat tanpa menyebabkan kerusakan pada permukaan sel. Energi yang diabsorpsi ini akan menyebabkan terjadinya ikatan antara molekul-molekul timin yang bersebelahan dan menyebabkan terbentuknya dimer timin sehingga fungsi dari asam nukleat terganggu dan dapat mengakibatkan kematian bakteri. Dosis yang tepat bagi sinar ultraviolet banyak menemui kesulitan karena berbagai variabel yang dapat mempengaruhi, diantaranya : jarak antara sumber cahaya dengan bahan yang disterilkan dan lamanya waktu sterilisasi. Lampu ultraviolet adalah salah satu metode yang digunakan untuk mensterilkan ruang kerja dan peralatan dalam laboratorium. Upaya lain yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan HEPA filter, tetapi alat ini harganya sangat mahal untuk dapat ditempatkan pada ruang-ruang perawatan sangat tidak mungkin. Oleh karena itu peneliti menggunakan tabung UV sebagai upaya alternatif untuk menurunkan angka kuman udara. Kerapatan air lebih tinggi dibanding kerapatan udara, nilai untuk kerapatan air yaitu 1.00×10^3 kg/m³ sedangkan nilai kerapatan

udara adalah 1,29 kg/m³. Maka, jika air yang kerapatannya lebih tinggi bisa disterilisasi dengan tabung UV, sehingga tabung UV juga bisa digunakan untuk menurunkan angka kuman udara.

Udara merupakan media penyebaran bagi mikroorganisme. Mereka terdapat dalam jumlah yang relatif kecil bila dibandingkan dengan di air atau di tanah. Udara tidak mengandung komponen nutrisi yang penting untuk bakteri, adanya bakteri di udara kemungkinan terbawa oleh debu, tetesan uap air kering ataupun terhembus oleh tiupan angin.

Udara dibagi menjadi dua bagian yaitu udara luar dan udara dalam ruangan. Udara dalam ruang atau *indoor air* adalah udara dalam ruang gedung (rumah, sekolah, restoran, hotel, rumah sakit, perkantoran) yang ditempati sekelompok orang dengan tingkat kesehatan yang berbeda-beda selama minimal satu jam. Sedangkan udara luar atau *outdoor air* adalah udara yang bergerak bebas di atmosfer dan jumlahnya lebih banyak dari udara dalam suatu ruangan.

Kelompok mikroba yang paling banyak di udara adalah bakteri, jamur (termasuk di dalamnya ragi) dan juga mikroalga. Kehadiran jasad hidup tersebut di udara, ada yang dalam bentuk vegetatif (tubuh jasad) ataupun dalam bentuk generatif (umumnya spora). Mikroba udara dapat dipelajari dalam dua bagian, yaitu mikroba di luar ruangan dan mikroba di dalam ruangan. Mikroba paling banyak ditemukan di dalam ruangan.

1. Mikroba di Luar Ruangan

Mikroba yang ada di udara berasal dari habitat perairan maupun terestrial. Mikroba di udara pada ketinggian 300-1,000 kaki atau lebih dari permukaan bumi adalah organisme tanah yang melekat pada fragmen daun kering, jerami, atau partikel debu yang tertiuap angin. Mikroba tanah masih dapat ditemukan di udara permukaan laut sampai sejauh 400 mil dari pantai pada ketinggian sampai 10.000 kaki. Mikroba yang paling banyak ditemukan yaitu spora jamur, terutama *Alternaria*, *Penicillium*, dan *Aspergillus*. Mereka dapat ditemukan baik di daerah kutub maupun tropis. Mikroba yang ditemukan di udara di atas pemukiman penduduk di bawah ketinggian 500 kaki yaitu spora *Bacillus* dan *Clostridium*, yeast, fragmen dari miselium, spora fungi, serbuk sari, kista protozoa, alga, *Micrococcus*, dan *Corynebacterium*, dan lain-lain.

2. Mikroba di Dalam Ruangan

Pada debu dan udara di sekolah dan rumah sakit atau kamar orang menderita penyakit menular, telah ditemukan mikroba seperti bakteri *Tuberkulum*, *Streptokokus*, *Pneumokokus*, dan *Staphylokokus*. Bakteri ini tersebar di udara melalui batuk, bersin, berbicara, dan tertawa. Pada proses tersebut ikut keluar cairan saliva dan mukus yang mengandung mikroba. Virus dari saluran pernapasan dan beberapa saluran usus juga ditularkan melalui debu dan udara. Patogen dalam debu terutama berasal dari objek yang terkontaminasi cairan yang mengandung patogen. Tetesan cairan (aerosol) biasanya dibentuk oleh bersin, batuk dan berbicara. Setiap tetesan terdiri dari air liur dan lendir yang dapat berisi ribuan mikroba. Diperkirakan bahwa jumlah bakteri dalam satu kali bersin berkisar antara 10.000 sampai 100.000. Banyak patogen tanaman juga diangkut dari satu tempat ke tempat lain melalui udara dan penyebaran penyakit jamur pada tanaman dapat diprediksi dengan mengukur konsentrasi spora jamur di udara.

Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi mikroba udara adalah suhu atmosfer, kelembaban, angin, ketinggian, dan lain-lain. Temperatur dan kelembaban relatif adalah dua faktor penting yang menentukan viabilitas dari mikroorganisme dalam aerosol. Studi dengan *Serratia marcesens* dan *E. coli* menunjukkan bahwa kelangsungan hidup udara terkait erat dengan suhu. Peningkatan suhu menyebabkan penurunan waktu bertahan. Ada peningkatan yang progresif di tingkat kematian dengan peningkatan suhu dari -18° C sampai 49° C. Virus dalam *aerosol* menunjukkan perilaku serupa. Partikel influenza, polio dan virus *vaccinia* lebih mampu bertahan hidup pada temperatur rendah, 7-24° C. tingkat kelembaban relatif (RH) optimum untuk kelangsungan hidup mikroorganisme adalah antara 40 sampai 80%. Kelembaban relatif yang lebih tinggi maupun lebih rendah menyebabkan kematian mikroorganisme. Pengaruh angin juga menentukan keberadaan mikroorganisme di udara. Pada udara yang tenang, partikel cenderung turun oleh gravitasi.

Pencemaran udara dapat terjadi di luar (*outdoor*) dan di dalam ruangan (*indoor*). Pencemaran udara di luar ruangan biasanya terjadi akibat asap kendaraan bermotor dan asap industri sedangkan pencemaran udara di dalam ruangan akibat asap rokok, gangguan sirkulasi udara di gedung-gedung dan

asap dari dapur tradisional, pemakaian kompor gas serta pemanas ruangan. Mikroorganisme yang berasal dari luar misalnya serbuk sari, jamur dan spora, yang bisa juga berada di dalam ruangan. Selain itu cemaran dalam ruangan yang berasal dari mikroorganisme dalam ruangan seperti serangga, jamur pada ruangan yang lembab, bakteri. Mikroorganisme yang tersebar di dalam ruangan dikenal dengan istilah bioaerosol.

Bioaerosol adalah partikel debu yang terdiri atas makhluk hidup atau sisa yang berasal dari makhluk hidup. Makhluk hidup terutama adalah jamur dan bakteri. Penyebaran bakteri, jamur, dan virus pada umumnya terjadi melalui sistem ventilasi.

Kontaminasi bioaerosol pada sumber air sistem ventilasi (humidifier) yang terdistribusi keseluruh ruangan dapat menyebabkan reaksi yang berbagai ragam seperti demam, pilek, sesak nafas dan nyeri otot dan tulang. Pada usap AC ditemukan gram positif batang dan gram negatif batang. Pencemar yang bersifat biologis terdiri atas berbagai jenis mikroba patogen, antara lain jamur, metazoa, bakteri, maupun virus. Penyakit yang disebabkan sering kali diklasifikasikan sebagai penyakit yang menyebar lewat udara.

Kualitas udara dalam ruang dipengaruhi antara lain kondisi bangunan, elemen interior, fasilitas pendingin ruangan, pencemar kimia dan pencemar biologi. Buruknya kualitas udara dalam ruang akibat keberadaan pencemar biologi yaitu bakteri dan jamur ditengarai menjadi salah satu sebab kejadian *sick building syndrome* (SBS).

Sick Building Syndrome (SBS) yaitu kumpulan gejala yang disebabkan terutama oleh buruknya kualitas udara ruangan, ditandai dengan keluhan-keluhan mata pedih, merah, berair, kepala pusing, batuk, pilek, hidung tersumbat, bersin-bersin, rongga mulut sakit, rongga mulut kering, badan panas dingin, mual, tidak nafsu makan, lesu, kelelahan, pegal-pegal anggota tubuh dan kulit gatal. Penilaian *Indoor Air Quality* (IAQ) pada beberapa perkantoran menggunakan pendingin ruangan (AC) di Hongkong terjadi dalam kontribusi terbesar yang menyebabkan ketidaknyamanan adalah *total volatile organic compounds* (TVOC), *indoor airborne fungi count* (AFC) dan *airborne bacteria count* (ABC). Beberapa genera dominan diidentifikasi terdapat pada beberapa ruang publik pada penelitian di Taiwan yaitu dari jenis bakteri *Staphylococcus*

sp, *Micrococcus sp.*, *Corynebacterium sp.*, dan *Bacillus sp.* Sedangkan untuk jenis jamur contohnya *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, dan *Aspergillus sp.*

Untuk menghitung organisme dalam suatu volume udara digunakan teknik kualitatif sederhana yaitu dengan menadahkan cawan hara atau medium di udara untuk beberapa saat. Selama waktu pendedahan ini, beberapa bakteri di udara akan menetap pada cawan yang terdedah. Semakin banyak bakteri maka bakteri yang menetap pada cawan semakin banyak. Kemudian cawan tersebut diinkubasi selama 24 jam hingga 48 jam maka akan tampak koloni-koloni bakteri, khamir dan jamur yang mampu tumbuh pada medium yang digunakan.

3. Mikroorganisme Udara di Rumah Sakit

Meskipun rumah sakit adalah tempat pengobatan berbagai penyakit, ada kasus dimana penyakit menular tambahan diderita pasien pada saat rawat inap. Udara di dalam rumah sakit dapat bertindak sebagai reservoir mikroorganisme patogen yang ditularkan oleh pasien. Infeksi yang diperoleh selama perawatan di rumah sakit tersebut disebut infeksi nosokomial dan patogen yang terlibat disebut sebagai patogen nosokomial. Infeksi, diwujudkan oleh gejala terkait, setelah tiga hari dirawat di rumah sakit bisa dianggap sebagai infeksi nosokomial. Terdapat dua cara utama penyebaran patogen nosokomial, yaitu dengan kontak (baik langsung atau tidak langsung), dan penyebaran melalui udara.

Infeksi nosokomial di rumah sakit mungkin dibawa oleh staf atau pasien yang masuk ke rumah sakit. Infeksi nosokomial yang banyak ditemukan yaitu berasal dari *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, anggota *Enterobacteriaceae* dan virus pernafasan.

B. JENIS MIKROBA DI UDARA

Selain gas, partikel debu dan uap air, udara juga mengandung mikroorganisme. Di udara terdapat sel vegetatif dan spora bakteri, jamur dan ganggang, virus dan kista protozoa. Selama udara terkena sinar matahari, udara tersebut akan bersuhu tinggi dan berkurang kelembabannya. Selain mikroba yang mempunyai mekanisme untuk dapat toleran pada kondisi ini, kebanyakan mikroba akan mati. Udara terutama merupakan media penyebaran bagi mikroorganisme. Mereka terdapat dalam jumlah

yang relatif kecil bila dibandingkan dengan di air atau di tanah. Mikroba udara dapat dipelajari dalam dua bagian, yaitu mikroba di luar ruangan dan di dalam ruangan.

Pentingnya mikroorganisme udara telah dipelajari sejak 1799, di mana tahun Lazaro Spallanzani berusaha untuk menyangkal teori “*generatio spontanea*”. Tahun 1837, Theodore Schwann, dalam percobaan untuk mendukung pandangan Spallanzani memasukkan udara segar yang telah dipanaskan ke dalam kaldu daging steril dan menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroba tidak dapat terjadi. Louis Pasteur pada tahun 1861 merupakan orang yang pertama menunjukkan bahwa mikroorganisme tumbuh akibat kontaminasi dari udara. Dia menggunakan kapas khusus untuk menyaring udara sehingga mikroba tidak dapat masuk ke dalam kaldu daging steril. Dia secara mikroskopis menunjukkan keberadaan mikroorganisme dalam kapas. Dalam percobaan menggunakan tabung berleher angsa, ia menunjukkan bahwa pertumbuhan tidak bisa terjadi dalam media steril kecuali terdapat kontaminasi dari udara yang tidak steril.

BEBERAPA BAKTERI YANG TERDAPAT DI UDARA :

1. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus adalah bakteri gram positif yang menghasilkan pigmen kuning, bersifat aerob fakultatif, tidak menghasilkan spora dan tidak motil, umumnya tumbuh berpasangan maupun berkelompok, dengan diameter sekitar 0,8-1,0 μm . *S. aureus* tumbuh dengan optimum pada suhu 37°C dengan waktu pembelahan 0,47 jam. Bakteri ini biasanya terdapat pada saluran pernapasan atas dan kulit. Keberadaan *S. aureus* pada saluran pernapasan atas dan kulit pada individu jarang menyebabkan penyakit, individu sehat biasanya hanya berperan sebagai karier. Infeksi serius akan terjadi ketika resistensi inang melemah karena adanya perubahan hormon; adanya penyakit, luka, atau perlakuan menggunakan steroid atau obat lain yang memengaruhi imunitas sehingga terjadi pelemahan inang. *S. aureus* termasuk bakteri osmotoleran, yaitu bakteri yang dapat hidup di lingkungan dengan rentang konsentrasi zat terlarut (contohnya garam) yang luas, dan dapat hidup pada konsentrasi NaCl sekitar 3 Molar. Habitat alami *S. aureus* pada manusia adalah di daerah kulit, hidung, mulut, dan usus besar, di mana pada keadaan sistem imun normal, *S. aureus* tidak bersifat patogen (mikroba normal manusia).

2. *Enterobacter aerogenes*

Enterobacter aerogenes dapat menyebabkan infeksi di banyak bagian tubuh manusia. Bakteri merupakan penyebab infeksi pernapasan bawah, termasuk pneumonia. Hal ini juga dapat menyebabkan infeksi saluran kemih dan infeksi kulit dan jaringan di bawahnya. Ini mungkin hadir sebagai selulit, nekrotikans, abses atau pasca-operasi infeksi luka. Jika bakteri mencapai darah (bakteremia), dapat menyebabkan sepsis. Jarang, bakteri memasuki cairan serebrospinal, yang mengarah ke meningitis. *Enterobacter aerogenes* keseluruhan memiliki tingkat kematian rendah (10,2 persen), dengan masalah medis yang mendasari meningkatnya risiko kematian.

3. *Pseudomonas aeruginosa*

P. aeruginosa menyebabkan penyakit terlokalisasi dan sistemik yang sangat serius dan tidak jarang berakibat fatal. Penyakit karena *P. aeruginosa* dimulai dengan penempelan dan kolonisasi bakteri ini pada jaringan inang. Bakteri ini menggunakan fli untuk penempelan sel bakteri pada permukaan inang. Selain itu, *P. aeruginosa* juga dapat membentuk biofilm yang terbuat dari kapsul glikokalis untuk mengurangi keefektifan mekanisme sistem imun inang. Jaringan inang akan mencoba merusak penempelan dan kolonisasi bakteri. Selanjutnya, *P. aeruginosa* memproduksi sejumlah endotoksin dan produk ekstraseluler yang menunjang invasi lokal dan penyebaran mikroorganisme. Toksin dan produk ekstraseluler ini mencakup protease ekstraseluler, sitotoksin, hemolisin, dan piosianin.

4. *Haemophilus influenzae*

Infeksi oleh *Haemophilus influenzae* terjadi setelah mengisap droplet yang berasal dari penderita baru sembuh, atau carrier, yang biasanya menyebar secara langsung saat bersin atau batuk. *Haemophilus influenzae* menyebabkan sejumlah infeksi pada saluran pernafasan bagian atas seperti faringitis, otitis media, dan sinusitis yang terutama penting pada penyakit paru kronik. Meningitis karena *Haemophilus influenzae* jarang terjadi pada bayi berumur kurang dari 3 bulan dan tidak umum dijumpai pada anak-anak diatas umur 6 tahun. Pada anak-anak, selain meningitis, *Haemophilus influenzae* tipe b juga menyebabkan penyakit bacterial epiglottitis akut.

C. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEBERADAAN MIKROBA DI UDARA

Sejumlah faktor intrinsik dan lingkungan mempengaruhi distribusi jenis mikroba di udara. faktor intrinsik meliputi sifat dan keadaan fisiologis mikroorganisme dan juga keadaan suspensi. Spora relatif lebih banyak daripada sel vegetatif. Hal ini terutama karena sifat spora dorman yang memungkinkan mereka untuk mentolerir kondisi yang tidak menguntungkan seperti pengeringan, kurangnya nutrisi yang cukup dan radiasi ultraviolet. Demikian pula spora fungi berlimpah di udara karena spora merupakan alat penyebaran penyebaran fungi.

Ukuran mikroorganisme merupakan faktor yang menentukan jangka waktu mereka untuk tetap melayang di udara. Umumnya mikroorganisme yang lebih kecil dapat dengan mudah dibebaskan ke udara dan tetap udara dalam jangka waktu yang lama. Miselium fungi memiliki ukuran yang lebih besar dan karena itu tidak dapat bertahan lama di udara. Keadaan suspensi memainkan peran penting keberadaan mikroorganisme di udara. Semakin kecil suspensi, semakin besar kemungkinan mereka untuk tetap berada di udara. Biasanya mereka melekat pada partikel debu dan air liur. Mikroorganisme yang ada dalam partikel debu di udara hanya hidup untuk waktu yang singkat. Tetesan yang dibuang ke udara melalui batuk atau bersin juga hanya dapat bertahan di udara untuk waktu singkat. Namun jika ukuran suspensi menurun, mereka dapat bertahan lama di udara.

Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi mikroba udara adalah suhu atmosfer, kelembaban, angin, ketinggian, dan lain-lain. Temperatur dan kelembaban relatif adalah dua faktor penting yang menentukan viabilitas dari mikroorganisme dalam aerosol. Studi dengan *Serratia marcesens* dan *E. coli* menunjukkan bahwa kelangsungan hidup mikroba udara terkait erat dengan suhu.

Pengaruh angin juga menentukan keberadaan mikroorganisme di udara. Pada udara yang tenang, partikel cenderung turun oleh gravitasi. Tapi sedikit aliran udara dapat menjaga mereka dalam suspensi untuk waktu yang relatif lama. Angin penting dalam penyebaran mikroorganisme karena membawa mereka lebih jauh. Arus juga memproduksi turbulensi udara yang menyebabkan distribusi vertikal mikroba udara. Pola cuaca global juga mempengaruhi penyebaran vertikal. Ketinggian membatasi distribusi mikroba di udara. Semakin tinggi dari permukaan bumi, udara semakin kering, radiasi ultraviolet semakin tinggi, dan suhu semakin rendah sampai bagian puncak troposfer. Hanya spora yang dapat bertahan dalam kondisi ini, dengan

demikian, mikroba yang masih mampu bertahan pada ketinggian adalah mikroba dalam fase spora dan bentuk-bentuk resisten lainnya.

D. MACAM- MACAM PENYAKIT YANG DITULARKAN MELALUI UDARA

1. Tuberkulosis (TBC)

Tuberkulosis atau TBC adalah penyakit yang sangat mudah sekali dalam penularannya. Penderita TBC biasanya mengalami batuk yang berkepanjangan sebagai gejala utama selama beberapa minggu yang diikuti dengan demam tinggi. Biasanya demam menyerang pada malam hari, namun ketika siang demam akan berkurang bahkan cenderung turun dan akan datang lagi bila mulai menjelang malam. Orang yang terkena TBC, daya tahan tubuhnya akan menurun secara drastis, nafsu makan berkurang, dan berat badan juga menurun dengan sangat cepat, rasa lelah dan batuk-batuk. Ini terjadi jika infeksi awal telah berkembang menjadi progressive tuberculosis yang menjangkiti organ paru dan organ tubuh lainnya.

Dalam kasus reactivation tuberculosis, infeksi awal tubercilosis (primary tuberculosis) mungkin telah lenyap tetapi bakterinya tidak mati melainkan hanya “tidur” untuk sementara waktu. Bakteri ini akan aktif apabila kondisi tubuh sedang tidak fit dan dalam imunitas yang rendah. Bila penyakit ini semakin progresif maka bakteri yang aktif akan merusak jaringan paru-paru dan berbentuk rongga-rongga (lubang) pada paru-paru penderita, maka si penderita akan batuk-batuk dan memproduksi sputum (dahak) yang bercampur darah. Bila tidak segera dilakukan tindakan penanganan maka akan dapat menimbulkan kematian pada si penderita. Penderita yang tidak berobat dapat menularkan penyakitnya kepada orang disekitarnya.

Pada umumnya penularan TBC terjadi secara langsung ketika sedang berhadapan dengan si penderita, yaitu melalui ludah dan dahak yang keluar dari batuk dan hembusan nafas penderita. Secara tidak langsung dapat juga melalui debu, Lama terkumpulnya kuman sampai timbulnya gejala penyakit dari yang berbulan-bulan sampai tahunan membuat penyakit ini digolongkan penyakit kronis.

2. Meningitis

Meningitis adalah peradangan yang terjadi pada meninges, yaitu membrane atau selaput yang melapisi otak dan syaraf tunjang. Meningitis dapat

disebabkan berbagai organisme seperti virus, bakteri ataupun jamur yang menyebar masuk kedalam darah dan berpindah ke dalam cairan otak.

Pasien yang diduga mengalami Meningitis haruslah dilakukan suatu pemeriksaan yang akurat, baik itu disebabkan virus, bakteri ataupun jamur. Hal ini diperlukan untuk spesifikasi pengobatannya, karena masing-masing akan mendapatkan therapy sesuai penyebabnya.

Meningitis yang disebabkan oleh virus umumnya tidak berbahaya, akan pulih tanpa pengobatan dan perawatan yang spesifik. Namun Meningitis disebabkan oleh bakteri bisa mengakibatkan kondisi serius, misalnya kerusakan otak, hilangnya pendengaran, kurangnya kemampuan belajar, bahkan bisa menyebabkan kematian. Sedangkan Meningitis disebabkan oleh jamur sangat jarang, jenis ini umumnya diderita orang yang mengalami kerusakan imun (daya tahan tubuh) seperti pada penderita AIDS.

Bakteri yang dapat mengakibatkan serangan meningitis diantaranya:

- a. *Streptococcus pneumoniae* (pneumococcus).
- b. *Neisseria meningitidis* (meningococcus).
- c. *Haemophilus influenzae* (haemophilus).
- d. *Listeria monocytogenes* (listeria).
- e. Bakteri lainnya yang juga dapat menyebabkan meningitis adalah *Staphylococcus aureus* dan *Mycobacterium tuberculosis*.

3. Flu Burung

Avian Influenza atau flu burung adalah suatu penyakit menular yang disebabkan oleh virus influenza H5N1. Virus yang membawa penyakit ini terdapat pada unggas dan dapat menyerang manusia. Flu burung terkadang sulit terdeteksi pada stadium awal, karena gejala klinis penyakit ini sangat mirip dengan gejala flu biasa, antara lain demam, sakit tenggorokan, batuk, pilek, nyeri otot, sakit kepala, dan lemas. Namun, dalam waktu singkat penyakit ini dapat menyerang paru-paru dan menyebabkan peradangan (*pneumonia*). Jika tidak dilakukan penanganan segera, pada banyak kasus penderita akan meninggal dunia.

Walaupun secara umum virus H5N1 tidak menyerang manusia, dalam beberapa kasus tertentu virus mengalami mutasi lebih ganas sehingga dapat menyerang manusia. Upaya pencegahan penularan virus flu burung adalah senantiasa menjaga sanitasi lingkungan. Pola hidup yang tidak menjaga kesehatan dan

kebersihan lingkungan akan mempercepat penyebaran virus ini. Selain itu, rajinlah mencuci tangan, jangan sembarangan mengorek lubang hidung jika jemari belum dicuci dengan sabun. Waspadaai semua kotoran unggas peliharaan, kandang, sangkar maupun kotoran burung liar.

4. **Pneumonia**

Pneumonia atau yang dikenal dengan nama penyakit radang paru-paru ditandai dengan gejala yang mirip dengan penderita selesema atau radang tenggorokan biasa, antara lain batuk, panas, napas cepat, napas berbunyi hingga sesak napas, dan badan terasa lemas.

Penyakit ini umumnya terjadi akibat bakteri *Streptococcus pneumoniae* dan *Haemophilus influenzae* yang berterbangan di udara terhirup masuk ke dalam tubuh. Bakteri tersebut sering ditemukan pada saluran pernapasan, baik pada anak-anak maupun orang dewasa. Selain dapat menimbulkan infeksi pada paru-paru, bakteri berbahaya itu juga dapat mengakibatkan radang selaput pada otak (meningitis) serta infeksi pembuluh darah yang amat fatal.

Kasus pneumonia banyak terjadi di daerah yang sistem sanitasinya buruk. Untuk itu, menjaga kebersihan di lingkungan sekitar anda menjadi syarat utama agar terhindar dari penyakit ini, selain membiasakan diri untuk hidup bersih dan sehat. Biasakan mencuci tangan menggunakan sabun dan segera periksakan diri ke dokter jika mendapati gejala tersebut di atas.

5. **SARS**

Sindrom pernapasan akut parah atau Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) merupakan penyakit yang ditandai dengan gejala awal gangguan pernapasan berupa napas pendek dan terkadang disertai batuk. Penyebab SARS adalah Coronavirus, yaitu virus yang bersifat menular dan umumnya menyerang saluran pernapasan atas, virus ini juga dapat menyebabkan flu. Penyebaran terbanyak penyakit ini adalah di Asia, terutama Cina dan Hong Kong. Sementara itu, di Indonesia sendiri, menurut data terakhir Badan Kesehatan Dunia (WHO) baru ditemukan 7 kasus suspect, 2 kasus probable, dan belum ada satu pun kasus kematian akibat penyakit ini.

Sars adalah stadium lanjut dari pneumonia sehingga gejala awal yang dialami penderita juga mirip dengan flu biasa. Namun, demam yang menyerang

penderita SARS dapat mencapai 38 derajat Celcius yang terkadang disertai dengan menggigil, sakit kepala, perasaan lesu, serta nyeri tubuh.

E. PENGENDALIAN PENYAKIT YANG TERBAWA UDARA

1. Imunisasi.

Dengan pemberian vaksin rubella pada anak-anak laki-laki dan perempuan sejak dini.

2. Metode sinar ultraviolet.

Digunakan pada ruangan yang sesak dengan daya tembus jelek, merusak mata sehingga sinar harus diarahkan ke langit-langit

3. Metode aliran udara satu arah.

Digunakan di laboratorium industri ruang angkasa dengan batasan mahal untuk pemanasan atau pengaturan udara

4. Metode sirkulasi ulang, udara tersaring.

Digunakan di tempat apa saja dengan batasan penyaring harus sering diganti.

5. Metode pembakaran.

Digunakan pada ventilasi udara dari cerobong yang didalamnya terdapat organisme yang menginfeksi sedang dipindahkan.

F. KONSEP MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN UDARA

1. Pengaruh Organisme terhadap Lingkungan Udara

Pencemaran akibat mikroba dapat berupa bakteri, jamur, protozoa dan produk mikroba lainnya yang dapat ditemukan di saluran udara dan alat pendingin beserta seluruh sistemnya. Gangguan ventilasi udara berupa kurangnya udara segar yang masuk, serta buruknya distribusi udara dan kurangnya perawatan sistem ventilasi udara.

Penggunaan Air Conditioner (AC) sebagai alternatif untuk mengganti ventilasi alami dapat meningkatkan kenyamanan dan produktivitas kerja, namun AC yang jarang dibersihkan akan menjadi tempat nyaman bagi mikroorganisme untuk berbiak. Kondisi tersebut mengakibatkan kualitas udara dalam ruangan menurun dan dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan yang disebut sebagai Sick Building Syndrome (SBS) atau Tight Building Syndrome (TBS). Banyaknya aktivitas di gedung meningkatkan jumlah polutan dalam ruangan. Kenyataan ini menyebabkan risiko terpaparnya

polutan dalam ruangan terhadap manusia semakin tinggi, namun hal ini masih jarang diketahui oleh masyarakat. Pada dasarnya desain AC yang dipakai untuk mengatur suhu ruangan secara kontinu dapat mengeluarkan bahan polutan. Kadar gas-gas SO₂, CO₂, dan O₂ di dalam ruangan tidak dipengaruhi oleh keberadaan AC. Bahan partikulat dapat dikurangi secara signifikan oleh AC dengan filter yang efektif. Kadar pollen di dalam ruangan dapat berkurang secara signifikan dengan adanya AC. Jumlah bakteri dan spora di gedung dengan AC kemungkinan akan lebih sedikit daripada gedung tanpa AC.

Ada 5 sumber pencemaran di dalam ruangan yaitu:

- a. Pencemaran dari alat-alat di dalam gedung seperti asap rokok, pestisida, bahan-bahan pembersih ruangan.
 - b. Pencemaran di luar gedung meliputi masuknya gas buangan kendaraan bermotor, gas dari cerobong asap atau dapur yang terletak di dekat gedung, dimana kesemuanya dapat terjadi akibat penempatan lokasi lubang udara yang tidak tepat.
 - c. Pencemaran akibat bahan bangunan meliputi pencemaran formaldehid, lem, asbes, fibreglass dan bahan-bahan lain yang merupakan komponen pembentuk gedung tersebut.
 - d. Pencemaran akibat mikroba dapat berupa bakteri, jamur, protozoa dan produk mikroba lainnya yang dapat ditemukan di saluran udara dan alat pendingin beserta seluruh sistemnya.
 - e. Gangguan ventilasi udara berupa kurangnya udara segar yang masuk, serta buruknya distribusi udara dan kurangnya perawatan sistem ventilasi udara.
2. Jenis dan distribusi mikroba di udara

Kelompok mikroba yang paling banyak *berkeliraran* di udara bebas adalah bakteri, jamur (termasuk di dalamnya ragi) dan juga mikroalga. Kehadiran jasad hidup tersebut di udara, ada yang dalam bentuk vegetatif (tubuh jasad) ataupun dalam bentuk generatif (umumnya spora). Belum ada mikroba yang habitat aslinya di udara. Pada sub pokok bahasan sebelumnya mikroorganisme di udara dibagi menjadi 2, yaitu mikroorganisme udara di luar ruangan dan mikroorganisme udara di dalam ruangan. Mikroba paling banyak ditemukan di dalam ruangan.

3. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran mikroba udara.

Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi mikroba udara adalah suhu atmosfer, kelembaban, angin, ketinggian, dan lain-lain. Temperatur dan kelembaban relatif adalah dua faktor penting yang menentukan viabilitas dari mikroorganisme dalam aerosol. Studi dengan *Serratia marcescens* dan *E. coli* menunjukkan bahwa kelangsungan hidup udara terkait erat dengan suhu. Peningkatan suhu menyebabkan penurunan waktu bertahan. Ada peningkatan yang progresif di tingkat kematian dengan peningkatan suhu dari -18°C sampai 49°C . Virus dalam aerosol menunjukkan perilaku serupa. Partikel influenza, polio dan virus *vaccinia* lebih mampu bertahan hidup pada temperatur rendah, $7-24^{\circ}\text{C}$. tingkat kelembaban relatif (RH) optimum untuk kelangsungan hidup mikroorganisme adalah antara 40 sampai 80%. Kelembaban relatif yang lebih tinggi maupun lebih rendah menyebabkan kematian mikroorganisme. Pengaruh angin juga menentukan keberadaan mikroorganisme di udara. Pada udara yang tenang, partikel cenderung turun oleh gravitasi.

4. Kelembaban Udara Relatif.

Kelembaban udara relatif berhubungan dengan aktifitas air (a_w). Pangan yang mempunyai nilai a_w rendah apabila ditempatkan pada lingkungan yang mempunyai kelembaban udara relatif tinggi akan mudah menyerap air. Semakin banyak air yang terserap akan meningkatkan nilai a_w sehingga pangan tersebut mudah dirusak oleh bakteri.

5. Susunan Gas di Atmosfir

Berdasarkan kebutuhan oksigen sebagai aseptor elektron, mikroba dapat dibedakan menjadi 2 (dua) golongan, yaitu mikroba aerob dan mikroba anaerob. Mikroba aerob adalah mikroba yang dapat menggunakan oksigen sebagai sumber aseptor elektron terakhir bioenerginya.

6. Faktor Implisit

Faktor Implisit yang merupakan sifat – sifat yang dimiliki oleh mikroba itu sendiri. Faktor ini sangat dipengaruhi oleh susunan biotik mikroba dalam bahan pangan. Faktor – faktor implisit yang terpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba adalah sinergisme dan antagonisme.

7. Sinergisme

Sinergisme adalah kemampuan dua atau lebih organisme untuk melakukan perubahan (biasanya perubahan kimia) dimana tanpa adanya kerja sama di

antaranya. Faktor faktor yang berkaitan dengan sinegisme adalah ntrisi perubahan nilai pH, pertumbuhan potensial redoks , perubahan aktivitas air. penghilangan zat anti mikroba dan kerusakan stuktur biologis.

8. Antagonisme

Kematian atau terhambatnya pertumbuhannya suatu organisme yang disebabkan oleh organisme lain yang mempengaruhi lingkungan pertumbuhan organisme pertama disebut antagonisme . Faktor – faktor yang mempengaruhi antagonisme antara lain penggunaan nutrisi , perubahan nilai pH , perubahan potensial redoks , pembentukan zat – zat antimikroba, dan bakteriofag.

G. PROSEDUR PENGUKURAN PARAMETER KUALITAS UDARA

Parameter yang harus dipantau untuk mengukur standard baku mutu kualitas udara dalam ruangan Rumah Sakit antara lain meliputi kualitas fisik, kimia, dan mikrobiologi.

1. PENGUKURAN KUALITAS LINGKUNGAN FISIK

Pengukuran kelembaban udara menggunakan Hygrometer. Pengukuran suhu udara menggunakan Thermometer.

2. PENGAMBILAN SAMPEL KIMIA GAS

- a. Pengambilan sampel gas: HC, CO, Ether menggunakan *Plastic Bag*.
- b. Pengukuran debu total *Total Suspended Partikulate (TSP)* menggunakan *Low Volume Air Sampler (LVS)*.
- c. Pengambilan sampel gas: H₂S, NH₃ , SO₂ , Ozone, NO₂ menggunakan *Impinger Gas Sampler*.

3. PENGAMBILAN SAMPEL MIKROBIOLOGI

Sampling mikrobiologis udara dapat diperoleh dengan menggunakan metode *settling plates* (peletakan lempeng agar) dan metode mekanik *Volumetric Air Sampling*.

METODE *SETTLING PLATES*.

Prinsip metod eini pada peletakan lempeng agar dalam petri diameter 100 mm yang terbuka akan menampung pengendapan partikel mikroba udara sekitar 1 m³ selama terpapar 15 menit, menggunakan media sampling standar *brain heart infussion* agar atau *trypticase soy agar*. Metode ini mudah dan tidak mahal tapi hasilnya tidak betul-betul kuantitatif.

METODE *VOLUMETRIC AIR SAMPLING*

Merupakan metode kuantitatif yang lebih tepat, karena partikel udara yang lebih kecil (3 mm) dengan kondisi kelembaban udara akan tetap tersuspensi di udara, tidak turun mengendap di permukaan suatu lempeng agar tetapi dengan metode *high- velocity-volumetric air sampling*, partikel kecil di udara dapat ditarik dengan kecepatan tinggi ke dalam saluran alat oleh karena suatu pompa (*vacuum pump*). Selain itu keuntungan pada partikel ukuran besar yang umumnya di udara rumah sakit, rerata 10- 15 mm, dapat ditarik masuk ke dalam media cair (*collection fluid*) dan terjadi gelembung- gelembung udara yang dapat memecahkan partikel besar sehingga semua kandungan sel- sel mikroba yang hidup akan terpecah dan merata menempa, menempel pada permukaan lempeng agar yang mengandung nutrisi (*brain heart infussion* agar atau *trypticase soy agar* atau *Mueller Hinton Agar* dan *Saboroud Glucosa Agar*), sehingga merefleksikan jumlah total mikroba di dalam udara per satuan m³. Sedangkan untuk random sampling udara yang akurat dan sering dilakukan menggunakan metode *slit sampling* atau *centrifugal Sampling* atau *staged sampling*. Kecepatan aliran udara harus dikalibrasi dengan tepat untuk menjamin hasil yang akurat.

CARA PENGAMBILAN SAMPEL UDARA RUANGAN

Berdasarkan Kepmenkes RI No. 1335/ Menkes/ SK/ X/ 2002 tentang standar operasional pengambilan dan pengukuran sampel kualitas udara ruangan di rumah sakit, cara pengambilan sampel udara ruangan adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel mikrobiologi udara
 - a. Waktu pengambilan sampel udara adalah setelah proses sterilisasi dan pembersihan ruangan.
 - b. Lakukan uji fungsi alat *microbiology air sampler* yang digunakan untuk mengambil sampel udara.
 - c. Lepas kipas dan pelindungnya lalu bungkus dengan kertas, sterilkan dalam autoclave dengan suhu 121°C selama 15 menit atau dengan sterilisasi kering dengan suhu 70°C selama 1 jam.
 - d. Badan alat didesinfeksi dengan menggunakan alkohol 70 % atau desinfektan lainnya.
 - e. Pasang battery pada alat atau adaptor

- f. Pasang kembali kipas dan pelindung pada badan alat.
- g. Atur waktu sesuai dengan lama pengambilan sampel yang direncanakan yaitu 4 menit.
- h. Pasang alat pada piring penyangga / tripod
- i. Siapkan agar strip (media agar)
- j. Tempatkan alat pada titik pengambilan sampel.
- k. Lepaskan media agar strip dari kemasannya dan segera pasang pada tempatnya (pelindung kipas) dengan posisi permukaan agar strip mengarah kipas.
- l. Hidupkan alat.
- m. Tekan tombol start pada remote starter (jarak pengukur dengan alat minimal 3 meter) tinggalkan ruangan apabila alat sedang beroperasi.
- n. Alat akan berhenti secara otomatis sesuai dengan pengaturan waktu.
- o. Pengukur segera masuk dan mematikan alat.
- p. Lepaskan media agar strip dari tempatnya dan masukkan kembali pada kemasannya, tutup rapat dan disegel.
- q. Beri keterangan atau label seperlunya antara lain: waktu pengambilan, lokasi/ tempat, lama pengambilan sampel, dan nama pengukur.
- r. Amankan agar strip dengan cara: lapis agar strip dengan aluminium foil, simpan pada *cool box* (kotak pendingin) dengan suhu 4- 10 °C
- s. Masukkan agar strip pada incubator dengan suhu 30- 35 °C dan selama 24 jam (bila 24 jam tidak ada pertumbuhan kuman, pembiakan 24 jam lagi).
- t. Setelah waktu pembiakan kuman selesai, jumlah koloni kuman yang tumbuh dihitung dengan menggunakan *colony counter*.

2. PENGUKURAN KUALITAS FISIK UDARA

- a. Pengukuran suhu
 - 1) Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *thermometer* yang dipaparkan pada ruangan sampai menunjukkan angka yang stabil.
 - 2) Pengukuran kelembaban relatif, Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *hygrometer* atau *humidity meter* yang dipaparkan pada ruangan sampai menunjukkan angka yang stabil.
 - 3) Kecepatan aliran udara

- 4) Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *Kata termometer* yang dipaparkan selama ± 15 menit pada ruang kerja.

BAB III

KONSEP MIKROBIOLOGI LIMBAH CAIR

A. LATAR BELAKANG

Limbah Cair Limbah cair adalah limbah yang berwujud cair. Limbah cair memiliki sifat terlarut dalam air, selalu berpindah mengikuti arus air, dan tidak pernah diam. Limbah cair yang umum ditemukan dapat bersumber dari kegiatan rumah tangga, kegiatan industri, kegiatan rumah sakit dan aktivitas yang bergerak di bidang kesehatan, kegiatan pertanian, kegiatan pertambangan dan kegiatan transportasi. Beberapa contoh limbah cair yaitu air bekas mencuci pakaian, air bekas pencelupan warna pakaian, air limbah dapur, limbah kamar mandi, dan toilet. Limbah domestik biasanya lebih banyak mengandung air. Untuk limbah cair mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat. Zat padat terdiri dari protein, karbohidrat, lemak dan zat anorganik seperti butiran pasir, garam mineral dan logam. Limbah cair yang dibuang ke lingkungan memerlukan proses pengolahan untuk memenuhi baku mutu limbah cair yang diijinkan oleh pemerintah agar air limbah tersebut tidak mencemari lingkungan di sekitarnya. Pengolahan limbah cair diperlukan karena limbah cair mengandung zat-zat pencemar (termasuk mikroorganisme berbahaya) dengan konsentrasi tertentu yang bila dimasukkan ke bahan air dapat mengubah kualitas airnya. Kualitas air merupakan pencerminan kandungan konsentrasi makhluk hidup, energi, zat-zat, atau komponen lain yang ada dalam air. Limbah cair mempunyai efek negatif bagi lingkungan karena mengandung zat-zat beracun yang mengganggu keseimbangan lingkungan dan kehidupan makhluk hidup yang terdapat di dalamnya. Salah satu jenis limbah cair yang membutuhkan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan adalah limbah cair rumah sakit. Limbah cair rumah sakit diduga mengandung banyak zat pencemar dan bakteri patogen.

Bakteri patogen adalah bakteri yang merugikan. Ada 2 jenis patogen :

1. Bakteri parasit: bakteri yang memperoleh makanan dari makhluk hidup lain.
(Contoh : *Vibrio cholera* penyebab penyakit kolera)
2. Bakteri autotrof: bakteri yang menyusun makanannya dari bahan organik.
Bakteri jenis ini akan menghasilkan senyawa-senyawa yang dapat menurunkan pH air.

Limbah Cair Rumah sakit merupakan instansi pelayanan di bidang kesehatan yang meliputi upaya pencegahan, pengobatan, dan rehabilitasi. Sebagai sarana kesehatan masyarakat, rumah sakit menghasilkan buangan berupa limbah yang mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan radioaktifitas. Limbah tersebut kemungkinan besar mengandung mikroorganisme patogen atau bahan kimia beracun berbahaya yang menyebabkan penyakit infeksi dan dapat tersebar ke lingkungan rumah sakit yang disebabkan oleh teknik pelayanan kesehatan yang kurang memadai, kesalahan penanganan bahan-bahan terkontaminasi dan peralatan, serta penyediaan dan pemeliharaan sarana sanitasi yang masih buruk. Limbah rumah sakit biasanya banyak mengandung virus, bakteri maupun zat-zat lain yang berbahaya. Mikroorganisme seperti virus dan bakteri yang terdapat pada limbah, berasal dari laboratorium virologi dan mikrobiologi dan sampai saat ini belum ada penanganan yang tepat agar mikroorganisme tersebut mudah untuk dideteksi. Limbah yang dihasilkan rumah sakit dapat berfungsi sebagai media penyebaran penyakit bagi para petugas, penderita maupun masyarakat yang ada di rumah sakit. Limbah rumah sakit juga dapat menjadi sumber pencemaran seperti pencemaran udara, pencemaran air, tanah, serta pencemaran makanan dan minuman. Limbah cair yang dihasilkan dari sebuah rumah sakit umumnya banyak mengandung bakteri, virus, senyawa kimia, dan obat-obatan yang dapat membahayakan bagi kesehatan masyarakat sekitar rumah sakit. Limbah yang berasal dari laboratorium paling perlu diwaspadai. Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses uji laboratorium tidak bisa diurai hanya dengan aerasi atau activated sludge. Bahan-bahan ini mengandung logam berat dan infeksius, sehingga harus disterilisasi atau dinormalkan sebelum dibuang ke lingkungan. Bakteri patogen yang terkandung di dalam limbah infeksius rumah sakit dapat memasuki tubuh manusia melalui beberapa jalur, yaitu : (1) melalui luka akibat tusukan, lecet, atau luka yang terbuka dikulit. Luka yang terjadi akibat goresan benda tajam dapat menjadi sumber infeksi jika benda tajam tersebut sudah dikontaminasi oleh patogen, (2) melalui membran mukosa, (3) melalui pernafasan. Infeksi saluran pernafasan dapat masuk melalui sekret yang terhirup dan (4) melalui saluran pencernaan. Infeksi yang masuk melalui saluran pencernaan dapat terjadi dengan penularan melalui tinja dan muntahan. Penelitian Setiawan & Hartini (2012) menyebutkan bahwa di RSUD Kelet yang terletak di Jawa Tengah Kabupaten Jepara, memiliki unit pengolahan limbah cair yang membuang limbah cair yang dihasilkan dari tiap unit pelayanan ke dalam septic tank yang dibuat di tiap unit pelayanan.

Kondisi ini menyebabkan kandungan bakteri coli air sumur gali tinggi. Berdasarkan hal tersebut maka untuk menghilangkan dampak negatif dari limbah cair yang dihasilkan perlu pengolahan limbah yang sempurna sebelum dibuang ke badan air. Mengingat bahaya dari limbah cair rumah sakit, maka sebelum dibuang ke lingkungan seperti parit, sungai atau ke saluran pembuangan akhir, maka limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu. Dalam proses pengolahan limbah cair rumah sakit digunakan sistem aerobik maupun anaerobik yang merupakan proses bioremediasi dengan menggunakan mikroba yang ada dalam lumpur aktif untuk membantu memperbaiki mutu limbah tersebut. Pengolahan limbah cair secara biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam.

Bakteri Patogen pada Limbah Cair Rumah Sakit Limbah cair rumah sakit mengandung bermacam-macam mikroorganisme bergantung pada jenis rumah sakit. Limbah cair rumah sakit juga dapat mengandung bahan organik dan anorganik yang umumnya diukur dengan parameter BOD, COD, TSS, dan lain-lain. Penelitian Yuanita (1999) yang mengidentifikasi bakteri patogen dari limbah cair RSUD Dr. Moewardi Surakarta, diketahui bahwa air limbah di rumah sakit tersebut mengandung 3 jenis bakteri patogen yaitu *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, dan *Klebsiella pneumoniae*. Pengolahan air limbah Rumah Sakit tersebut mampu menurunkan angka kuman *Bacillus cereus* sebesar 44,89% dan angka kuman *Escherichia coli* dan *Klebsiella pneumoniae* sebesar 100%. Bakteri patogen yang terdapat di dalam limbah cair dapat dikelompokkan dalam beberapa grup, di antaranya:

1. Kelompok bakteri gram negatif fakultatif anaerobik, misalnya: *Aeromonas*, *Plesiomonas*, *Vibrio*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* dan *Shigella*.
2. Kelompok bakteri gram negative aerobik, misalnya: *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* dan *Acinetobacter*.
3. Kelompok bakteri gram positif yang membentuk spora yaitu *Bacillus* spp.
4. Kelompok bakteri gram positif yang tidak membentuk spora, misalnya: *Arthrobacter*, *Corynebacterium* dan *Rhodococcus*.

Escherichia coli *Escherichia coli* termasuk ke dalam bakteri coliform yang merupakan salah satu indikator dalam menentukan kualitas air limbah. Bakteri coliform dapat dibedakan menjadi 2 grup yaitu coliform fecal misalnya *Escherichia*

coli dan coliform nonfecal misalnya *Enterobacter aerogenes*. Adanya bakteri coliform dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti diare, demam tifoid, kolera, disentri amoeba dan penyakit lainnya yang masuk dalam kategori water borne disease. *E.coli* berasal dari kotoran manusia dan hewan, ketika hujan bakteri ini dapat terbawa air hujan ke sungai, danau atau air tanah. Penelitian Rahmawati & Azizah (2005) menyebutkan bahwa, air limbah RSUD Nganjuk mengandung bakteri coliform yaitu rata-rata sebesar 10.485 mg/l, sedangkan sesudah pengolahan rata-rata 9.943 mg/l, berdasarkan hasil perhitungan tersebut terjadi penurunan sebesar 5,17% kandungan bakteri coliform pada limbah cair tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa sangat mungkin limbah cair rumah sakit dikontaminasi oleh bakteri coli. Baku mutu limbah cair rumah sakit untuk parameter kuman golongan coli adalah maksimum 10.000 koloni/ 100 ml air limbah.

Salmonella typhi, *Salmonella typhi* (*S. typhi*) merupakan kuman patogen penyebab demam tifoid, yaitu suatu penyakit infeksi sistemik dengan gambaran demam yang berlangsung lama, adanya bakteremia disertai inflamasi yang dapat merusak usus dan organ hati. Demam tifoid merupakan penyakit menular yang tersebar di seluruh dunia, dan sampai sekarang masih menjadi masalah kesehatan terbesar dinegara berkembang dan tropis seperti Asia Tenggara, Afrika dan Amerika Latin. *S. typhi* merupakan kuman batang gram negatif yang tidak memiliki spora, bergerak dengan flagel peritrik, bersifat intraseluler fakultatif dan anerob fakultatif.

Shigella dysenteriae, *Shigella dysenteriae* merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk basil dan lurus, non-motile, facultatif anaerob, tidak berspora, tidak berkapsul, suhu optimum pertumbuhan yaitu 37°C. Ukuran *Shigella dysenteriae* sekitar 2-3µm x 0,5-0,7 µm dan susunannya tidak teratur. Koloni *Shigella dysenteriae* berbentuk konveks, bulat, transparan dengan pinggir utuh dan berukuran mencapai 2 nm. *S. dysenteriae* berpindah dari penderita melalui oral seperti melalui makanan, tangan, air yang terkontaminasi feses dan lalat. *S. Dysenteriae* merupakan bakteri intraseluler fakultatif. *S. dysenteriae* menyerang manusia dengan menginvasi dan memfagositosis sel epitel mukosa *S. dysenteriae* kemudian keluar dari vakuola fagositik dan bermultiplikasi serta menyebar di dalam sitoplasma yang pada akhirnya menyebar ke sel lain di dekatnya.

Vibrio cholera, *Vibrio cholera* adalah kelompok bakteri gram negatif yang berbentuk basil melengkung dan berpindah ke tubuh inang melalui air. *V.cholera* mampu melepaskan eksotoksin yang menyebabkan diare, muntah dan dehidrasi cairan

sampai menyebabkan kematian dalam waktu singkat. Bakteri ini sering ditemukan sebagai endemik di wilayah Asia. Bakteri ini terdapat di air limbah dengan konsentrasi berkisar antara 10-104 bakteri per 100 ml air limbah. V. Cholera secara alami terdapat di alam dan melekat pada zooplankton dan fitoplankton.

B. PERAN MIKROBA DALAM PENGOLAHAN LIMBAH LINGKUNGAN

Mikroba di alam secara umum berperan sebagai produsen, konsumen, maupun reducen. Jasad produsen menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik dengan energi sinar matahari. Mikroba yang berperan sebagai produsen adalah algae dan bakteri fotosintetik. Jasad konsumen menggunakan bahan organik yang dihasilkan oleh produsen. Contoh mikroba konsumen adalah protozoa. Jasad reducen menguraikan bahan organik dan sisa-sisa jasad hidup yang mati menjadi unsur-unsur kimia (mineralisasi bahan organik), sehingga di alam terjadi siklus unsur-unsur kimia. Contoh bakteri reducen adalah bakteri dan jamur.

Mikroba terdapat dimana-mana di sekitar kita, ada yang menghuni tanah air dan atmosfer planet kita. Adanya mikroba di planet lain diluar bumi telah diselidiki pula, namun sejauh ini di ruang angkasa belum menampakkan adanya mikroba. studi tentang mikroba yang ada di lingkungan alamiahnya disebut ekologi mikroba. Ekologi merupakan bagian biologi yang berkenaan dengan studi mengenai hubungan organisme atau kelompok organisme dengan lingkungannya.

C. PENGURAIAN/ BIODEGRADASI BAHAN PENCEMAR (POLUTAN)

Pencemaran lingkungan akhir-akhir ini menjadi permasalahan global yang menuntut pengelolaan yang efektif dan efisien dalam waktu yang relatif cepat. Pencemaran lingkungan dapat terjadi karena adanya polutan industri, domestik, pertanian, peternakan, rumah sakit dan lain sebagainya. Pengelolaan pencemaran lingkungan bertujuan agar suatu kegiatan sedapat mungkin menghasilkan polutan sesedikit mungkin atau menjadikan polutan tersebut tidak berbahaya lagi sehingga tidak menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan. Pengelolaan tersebut dapat dilakukan secara fisik, kimia dan biologi. Pengelolaan lingkungan secara biologi dapat dilakukan dengan bantuan mikroba.

D. MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN

Akhir-akhir ini mikroba banyak dimanfaatkan di bidang lingkungan, terutama untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan (bioremediasi), baik di lingkungan tanah maupun perairan. Bahan pencemar dapat bermacam-macam mulai dari bahan yang berasal dari sumber-sumber alami sampai bahan sintetik, dengan sifat yang mudah dirombak (*biodegradable*) sampai sangat sulit bahkan tidak bisa dirombak (*rekalsitran/nonbiodegradable*) maupun bersifat meracun bagi jasad hidup dengan bahan aktif tidak rusak dalam waktu lama (persisten).

1. Penggunaan Mikroba dalam pembersihan air

Dalam air baik yang kita anggap jernih, sampai terhadap air yang keadaannya sudah kotor atau tercemar, di dalamnya akan terkandung sejumlah ke-hidupan, yaitu misalnya yang berasal dari sumur biasa, sumur pompa, sumber mata-air dan sebagai-nya, di dalamnya terdiri dari bakteri, yaitu :

Kelompok bakteri besi (misalnya *Crenothrix* dan *Sphaerotilus*) yang mampu mengoksidasi senyawa ferro menjadi ferri. Akibat kehadirannya, air sering berubah warna kalau disimpan lama yaitu warna kehitam-hitaman, kecoklat-coklatan, dan sebagainya.

Kelompok bakteri belerang (antara lain *Chromatium* dan *Thiobacillus*) yang mampu mereduksi senyawa sulfat menjadi H_2S . Akibatnya kalau air disimpan lama akan tercium bau busuk seperti bau telur busuk.

Kelompok mikroalge (misalnya yang termasuk mikroalga hijau, biru dan kersik), sehingga kalau air disimpan lama di dalamnya akan nampak jasad-jasad yang berwarna hijau, biru atau pun kekuning-kuningan, tergantung kepada dominasi jasad-jasad tersebut serta lingkungan yang mempengaruhinya.

Kehadiran kelompok bakteri dan mikroalga tersebut di dalam air, dapat menyebabkan terjadinya penurunan turbiditas dan hambatan aliran, karena kelompok bakteri besi dan belerang dapat membentuk serat atau lendir. Akibat lainnya adalah terjadinya proses korosi (pengkaratan) terhadap benda-benda logam yang berada di dalamnya, menjadi bau, berubah warna, dan sebagainya.

Mikroba yang terdapat dalam air limbah kebanyakan berasal dari tanah dan saluran pencernaan. Bakteri colon (coliforms) terutama *Escherichia coli* sering digunakan sebagai indeks pencemaran air. Bakteri tersebut berasal dari saluran pencernaan manusia dan hewan yang dapat hidup lama dalam air, sehingga air yang banyak mengandung bakteri tersebut dianggap tercemar. Untuk

mengurangi mikroba pencemar dapat digunakan saringan pasir atau *trickling filter* yang segera membentuk lendir di permukaan bahan penyaring, sehingga dapat menyaring bakteri maupun bahan lain untuk penguraian. Penggunaan lumpur aktif juga dapat mempercepat perombakan bahan organik yang tersuspensi dalam air.

Banyak mikroba yang terdapat dalam air limbah meliputi mikroba aerob, anaerob, dan anaerob fakultatif yang umumnya bersifat heterotrof. Mikroba tersebut kebanyakan berasal dari tanah dan saluran pencernaan. Bakteri colon (coliforms) terutama *Escherichia coli* sering digunakan sebagai indeks pencemaran air. Bakteri tersebut berasal dari saluran pencernaan manusia dan hewan yang dapat hidup lama dalam air, sehingga air yang banyak mengandung bakteri tersebut dianggap tercemar. Untuk mengurangi mikroba pencemar dapat digunakan saringan pasir atau *trickling filter* yang segera membentuk lendir di permukaan bahan penyaring, sehingga dapat menyaring bakteri maupun bahan lain untuk penguraian. Penggunaan lumpur aktif juga dapat mempercepat perombakan bahan organik yang tersuspensi dalam air.

Biofilm (lapisan kumpulan mikroorganisme) berperan dalam pengolahan air limbah atau limbah cair baik pada lagoon system (sistem kolam), activated sludge system (sistem lumpur aktif), down flow sand filter system (sistem filter pasir aliran ke bawah) dan up flow sand filter system (sistem filter aliran ke atas). Salah satu fungsi biofilm tersebut adalah mendekomposisi protein menjadi amonia, nitrit, dan nitrat.

Secara kimia digunakan indeks BOD (*biological oxygen demand*). Prinsip perombakan bahan dalam limbah adalah oksidasi, baik oksidasi biologis maupun oksidasi kimia. Semakin tinggi bahan organik dalam air menyebabkan kandungan oksigen terlarut semakin kecil, karena oksigen digunakan oleh mikroba untuk mengoksidasi bahan organik. Adanya bahan organik tinggi dalam air menyebabkan kandungan oksigen terlarut semakin kecil, karena oksigen digunakan oleh mikroba untuk mengoksidasi bahan organik. Adanya bahan organik tinggi dalam air menyebabkan kebutuhan mikroba akan oksigen akan meningkat, yang diukur dari nilai BOD yang meningkat. Untuk mempercepat perombakan umumnya diberi aerasi untuk meningkatkan oksigen terlarut, misalnya dengan aerator yang disertai pengadukan. Setelah

terjadi perombakan bahan organik maka nilai BOD menurun sampai nilai tertentu yang menandakan bahwa air sudah bersih.

Dalam suasana aerob bahan-bahan dapat dirubah menjadi sulfat, fosfat, amonium, nitrat, dan gas CO_2 yang menguap. Untuk menghilangkan sulfat, ammonium dan nitrat dari air dapat menggunakan berbagai cara. Dengan diberikan suasana yang anaerob maka sulfat direduksi menjadi gas H_2S , ammonium dan nitrat dirubah menjadi gas N_2O atau N_2 .

2. Penggunaan Bakteri dalam Menguraikan Detergen

Alkil benzil sulfonat (ABS) adalah komponen detergen, yang merupakan zat aktif yang dapat menurunkan tegangan muka sehingga dapat digunakan sebagai pembersih. ABS mempunyai Na-sulfonat polar dan ujung alkil non-polar. Pada proses pencucian, ujung polar ini menghadap ke kotoran (lemak) dan ujung polarnya menghadap ke luar (ke-air). Bagian alkil dari ABS ada yang linier dan non-linier (bercabang). Bagian yang bercabang ABS-nya lebih kuat dan berbusa, tetapi lebih sukar terurai sehingga menyebabkan badan air berbuih. Sulitnya peruraian ini disebabkan karena atom C tersier memblokir beta-oksidasi pada alkil. Hal ini dapat dihindari apabila ABS mempunyai alkil yang linier. Namun ada beberapa bakteri yang dapat menguraikan ABS meskipun memakan waktu yang cukup lama.

3. Penggunaan Mikroba dalam Menguraikan Plastik

Plastik banyak kegunaannya tetapi polimer sintetik plastik sangat sulit dirombak secara alamiah. Hal ini mengakibatkan limbah yang plastik semakin menumpuk dan dapat mencemari lingkungan. Akhir-akhir ini sudah mulai diproduksi plastik yang mudah terurai.

Plastik terdiri atas berbagai senyawa yang terdiri dari polietilen, polistiren, dan polivinil klorida. Bahan-bahan tersebut bersifat inert dan rekalsitran. Senyawa lain penyusun plastik yang disebut *plasticizers* terdiri: (a) ester asam lemak (oleat, risinoleat, adipat, azelat, dan sebakat serta turunan minyak tumbuhan), (b) ester asam phthalat, maleat, dan fosforat. Bahan tambahan untuk pembuatan plastik seperti *Phthalic Acid Esters* (PAE_s) dan *Polychlorinated Biphenyls* (PCB_s) sudah diketahui sebagai karsinogen yang berbahaya bagi lingkungan walaupun dalam konsentrasi rendah.

Dari alam telah ditemukan mikroba yang dapat merombak plastik, yaitu terdiri dari bakteri, actinomycetes, jamur, dan khamir yang umumnya dapat menggunakan plasticizers sebagai sumber C, tetapi hanya sedikit mikroba yang telah ditemukan mampu merombak polimer plastiknya yaitu jamur *Aspergillus fischeri* dan *Paecilomyces* sp. Sedangkan mikroba yang mampu merombak dan menggunakan sumber C dari plasticizers yaitu jamur *Aspergillus niger*, *A. Versicolor*,

Clasdosporium sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Verticillium* sp., dan khamir *Zygosaccharomyces drosophilae*, *Saccharomyces cerevisiae*, serta bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, *Brevibacterium* sp., dan actinomycetes *Streptomyces rubrirculi*.

Untuk dapat merombak plastik, mikroba harus dapat mengkontaminasi lapisan plastik melalui muatan elektrostatis dan mikroba harus mampu menggunakan komponen di dalam atau pada lapisan plastik sebagai nutrisi. Plasticizers yang membuat plastik bersifat fleksibel seperti adipat, oleat, risinoleat, sebakat, dan turunan asam lemak lain cenderung mudah digunakan, tetapi turunan asam phthalat dan fosforat sulit digunakan untuk nutrisi. Hilangnya plasticizers menyebabkan lapisan plastik menjadi rapuh, daya rentang meningkat dan daya ulur berkurang.

4. Penggunaan Bakteri dalam Menguraikan Minyak bumi

Minyak bumi tersusun dari berbagai macam molekul hidrokarbon alifatik, alisiklik, dan aromatik. Mikroba berperan penting dalam menguraikan minyak bumi ini. Ketahanan minyak bumi terhadap peruraian oleh mikroba tergantung pada struktur dan berat molekulnya.

Fraksi alkana rantai C pendek, dengan atom C kurang dari 9 bersifat meracun terhadap mikroba dan mudah menguap menjadi gas. Fraksi n-alkana rantai C sedang dengan atom C 10-24 paling cepat terurai. Adanya rantai C yang bercabang pada alkana akan mengurangi kecepatan peruraian, karena atom C tersier atau kuartier mengganggu mekanisme biodegradasi.

Apabila dibandingkan maka senyawa aromatik akan lebih lambat terurai daripada alkana linier. Sedangkan senyawa alisiklik sering tidak dapat digunakan sebagai sumber C untuk mikroba, kecuali mempunyai rantai samping alifatik yang cukup panjang. Senyawa ini dapat terurai karena kometabolisme beberapa

strain mikroba dengan metabolisme saling melengkapi. Jadi walaupun senyawa hidrokarbon dapat diuraikan oleh mikroba, tetapi belum ditemukan mikroba yang berkemampuan enzimatik lengkap untuk penguraian hidrokarbon secara sempurna.

Bakteri juga telah dimanfaatkan untuk mengatasi limbah minyak bumi di daerah kilang minyak (terutama kilang minyak lepas pantai) atau pada kecelakaan kapal pengangkut minyak bumi. Golongan *Pseudomonas*, seperti *Pseudomonas putida* mampu mengkonsumsi hidrokarbon yang merupakan bagian utama dari minyak bumi dan bensin. Gen yang mengkode enzim pengurai hidrokarbon terdapat pada plasmid. Bakteri yang mengandung plasmid rekombinan dikultur dalam jerami dan dikeringkan. Jerami berongga yang telah berisi kultur bakteri kering dapat disimpan dan digunakan jika diperlukan. Pada serat jerami ditaburkan di atas tumpahan minyak, mula-mula jerami akan menyerap minyak dan bakteri akan menguraikan tumpahan minyak itu menjadi senyawa yang tidak berbahaya dan tidak menimbulkan polusi. Bakteri ini juga digunakan untuk membersihkan limbah minyak (lemak) di pabrik-pabrik pengolahan daging. Kemampuan bakteri menguraikan minyak juga dimanfaatkan untuk membersihkan pipa-pipa yang salurannya sering mengalami penyumbatan oleh minyak (lemak) pada pabrik pengolahan daging tersebut.

5. Penggunaan Bakteri dalam Menguraikan Pestisida/herbisida

Macam pestisida kimia sintetik yang telah digunakan sampai sekarang jumlahnya mencapai ribuan. Pestisida yang digunakan untuk memberantas hama maupun herbisida yang digunakan untuk membersihkan gulma, sekarang sudah mengakibatkan banyak pencemaran. Hal ini disebabkan sifat pestisida yang sangat tahan terhadap peruraian secara alami (persisten). Contoh pestisida yang persistensinya sangat lama adalah DDT, Dieldrin, BHC, dan lain-lain. walaupun sekarang telah banyak dikembangkan pestisida yang mudah terurai (biodegradable), tetapi kenyataannya masih banyak digunakan pestisida yang bersifat rekalsitran. Walaupun dalam dosis rendah, tetapi dengan terjadinya biomagnifikasi maka kandungan pestisida di lingkungan yang sangat rendah akan dapat terakumulasi melalui rantai makanan, sehingga dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup termasuk manusia.

Untuk mengatasi pencemaran tersebut, sekarang banyak dipelajari biodegradasi pestisida/ herbisida. Proses biodegradasi pestisida dipengaruhi oleh struktur kimia pestisida, sebagai berikut:

- a. Semakin panjang rantai karbon alifatik, semakin mudah mengalami degradasi.
- b. Ketidak jenuhan dan percabangan rantai hidrokarbon akan mempermudah degradasi.
- c. Jumlah dan kedudukan atom-atom C1 pada cincin aromatik sangat mempengaruhi degradasi. Misal 2,4 D (2,4-diklorofenol asam asetat) lebih mudah dirombak di dalam tanah dibandingkan dengan 2,4,5-T (2,4,5-triklorofenoksi asam asetat).
- d. Posisi terikatnya rantai samping sangat menentukan kemudahan degradasi pestisida.
- e. *Aspergillus niger* merupakan salah satu spesies bakteri yang dapat dikembangkan untuk memetabolisme pestisida tertentu seperti endosulfan dan karbofuran.

6. Penggunaan Bakteri dalam Menguraikan Logam Berat

Limbah penambangan emas dan tembaga (tailling) yang banyak mengandung logam berat terutama air raksa (Hg), industri logam dan penyamakan kulit banyak menghasilkan limbah logam berat terutama cadmium (Cd), serta penggunaan pupuk (misalnya pupuk fosfat) yang mengandung logam berat seperti Hg, Pb, dan Cd sekarang banyak menimbulkan masalah pencemaran logam berat. Logam berat dalam konsentrasi rendah dapat membahayakan kehidupan karena afinitasnya yang tinggi dengan sistem enzim dalam sel, sehingga menyebabkan inaktivasi enzim dan berbagai gangguan fisiologi sel.

Bakteria dapat menghasilkan senyawa pengkhelat logam yang berupa ligan berberat molekul rendah yang disebut siderofor. Siderofor dapat membentuk kompleks dengan logam-logam termasuk logam berat. Umumnya pengkhelatan logam berat oleh bakteri adalah sebagai mekanisme bakteri untuk mempertahankan diri terhadap toksisitas logam. Bakteri yang tahan terhadap toksisitas logam berat mengalami perubahan terhadap sistem transport di membran selnya, sehingga terjadi penolakan atau pengurangan logam yang masuk ke dalam sitoplasma. Dengan demikian logam yang tidak dapat

melewati membran sel akan terakumulasi dan diendapkan atau dijerap di permukaan sel.

Untuk mengambil logam berat yang sudah terakumulasi oleh bakteri, dapat dilakukan dengan beberapa macam cara. Logam dari limbah cair dapat dipisahkan dengan memanen mikroba. Logam yang berada dalam tanah lebih sulit untuk dipisahkan, tetapi ada cara pengambilan logam dengan menggunakan tanaman pengakumulasi logam berat. Tanaman yang termasuk sawi-sawian (misal *Brassica juncea*) dapat digunakan bersama-sama dengan rhizobacteria pengakumulasi logam (misal *Pseudomonas fluorescens*) untuk mengambil logam berat yang mencemari tanah. Selanjutnya logam yang telah terserap tanaman dapat dipanen dan dibakar untuk memisahkan logam beratnya. Limbah pabrik yang banyak mengandung logam berat dapat dibersihkan oleh mikroorganisme yang dapat menggunakan logam berat sebagai nutrisi atau hanya menjebak (imobilisasi) logam berat. Mikroorganisme yang dapat digunakan diantaranya adalah *Thiobacillus ferrooxidans* dan *Bacillus subtilis*. *Thiobacillus ferrooxidans* mendapatkan energi dari senyawa anorganik seperti besi sulfida dan menggunakan energi untuk membentuk bahan-bahan yang berguna seperti asam fumarat dan besi sulfat. *Bacillus subtilis* memiliki kemampuan mengikat beberapa logam berat seperti Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Al dan Fe dalam bentuk nitrat. Logam-logam tersebut dapat dilarutkan kembali setelah bakterinya dilisiskan. Logam tersebut dapat digunakan kembali oleh industri-industri logam. Kemampuan remobilisasi (pelarutan kembali) logam di sini untuk Pb dapat mencapai 79%, untuk Cd dapat mencapai 67% dan untuk Ni hanya dapat mencapai 17%. Keberhasilan ini dipengaruhi oleh larutan remobilisasi (seperti NaOH atau Ca), bahan pengekstraksi (seperti asam nitrit).

7. Penggunaan Mikroba dalam Menguraikan Limbah Organik

Penggunaan mikroba dalam mengolah limbah organik dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu menjadikannya pupuk organik dan menjadikannya biogas.

a. Produksi pupuk organik

Pupuk organik merupakan hasil penguraian bahan organik oleh jasad renik atau mikroorganisme yang berupa zat-zat makanan yang dibutuhkan oleh tanaman. Misal Kompos, pupuk kandang, dan pupuk hijau. Kompos atau pupuk kandang sudah cukup lama dikenal dan dipergunakan, tetapi baru

sebatas menggunakan apa adanya, belum sampai pada usaha untuk meningkatkan kualitas dari kompos dan pupuk kandang tersebut. Rakitan teknologi pembuatan pupuk alternatif mulai membudaya di masyarakat kita, yaitu upaya pembuatan kompos.

1) Kompos

Kompos adalah bahan organik hasil proses dekomposisi dan mempunyai susunan yang relatif stabil. Kompos banyak digunakan untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Secara alami kompos dapat terjadi dari peruraian sisa-sisa tumbuhan dan hewan. Pengomposan secara alami berlangsung dengan lambat, tetapi dengan berkembangnya bioteknologi maka proses pengomposan dapat dipercepat.

Pada proses pengomposan terjadi proses biokonversi bahan organik oleh berbagai kelompok mikroba heterotrof. Mikroba yang berperan dalam proses tersebut adalah bakteri, jamur actinomycetes dan protozoa. Peranan mikroba yang bersifat selulolitik dan lignolitik sangat besar pada proses dekomposisi sisa tanaman yang banyak mengandung lignoselulosa.

Selama pengomposan terjadi proses oksidasi C-organik menjadi CO_2 yang dapat membebaskan energi dalam bentuk panas. Dalam pengomposan tertutup, suhunya dapat mencapai 65-75°C. Pada suhu tersebut aktifitas mikroba pada umumnya turun, dan proses perombakannya dilanjutkan oleh mikroba termofil yang mulai berkembang apabila suhu meningkat sampai 50°C. Setelah suhu turun kembali akan ditumbuhi lagi oleh mikroba mesofil, dan merupakan pertanda bahwa kompos sudah mulai matang.

Dari uraian di atas maka diketahui bahwa terdapat banyak faktor yang mempengaruhi proses pengomposan, seperti nisbah C/N bahan yang akan dikomposkan, ukuran bahan, kelembaban dan aerasi, suhu, kemasaman (pH), adanya mikroba, dan lain sebagainya.

Nisbah C/N yang ideal untuk pengomposan adalah 30-40, apabila nisbah terlalu rendah banyak nitrogen yang hilang (tidak efisien) dan apabila terlalu tinggi proses pengomposan lambat. Ukuran bahan yang lebih kecil akan memperbesar luas permukaan, sehingga memperbesar

kontak dengan mikroba. Ukuran yang terlalu halus dan kandungan lengasnya terlalu tinggi menyebabkan keadaan anaerob, sehingga sebaiknya dicampur dengan bahan kasar untuk menciptakan keadaan yang aerob. Kelembaban optimum yang baik antara 50-60%. Pengomposan akan berjalan baik jika pH awal sedikit asam (pH 6), dan selama pengomposan pada keadaan netral, setelah pH meningkat pH sedikit alkalis (pH 7,5-8,5). pengomposan dapat dipercepat dengan inokulasi mikroba seperti mikroba termofil, selulolitik, lignolitik, dan sebagainya.

Tanda-tanda kompos yang telah matang adalah berwarna coklat sampai kehitaman, tidak larut dalam air dan sebagian dapat tersuspensi koloidal, ekstrak dalam larutan basa berwarna gelap (mengandung asam humat, fulvat, dan humin), nisbah C/N antara 15-20, KPK dan kapasitas adsorpsi air besar.

2) Bokhasi

Bokhasi adalah pupuk organik yang dibuat melalui proses fermentasi menggunakan bakteri (microorganisme). Sampah organik dengan proses fermentasi dapat menjadi pupuk organik yang bermanfaat meningkatkan kualitas tanah.

b. Produksi biogas

Limbah-limbah organik dan peternakan yang diuraikan oleh bakteri kelompok metanogen dapat menghasilkan biogas yang sebagian besar berupa metana. Biogas (metana) dapat terjadi dari penguraian limbah organik yang mengandung protein, lemak dan karbohidrat. Penguraian ini dilakukan untuk fermentasi oleh bakteri anaerob sehingga bejana yang digunakan untuk fermentasi limbah ini harus ditutup.

Ada tiga tahap dalam pembuatan biogas, yaitu sebagai berikut:

- 1) Tahap pertama adalah reduksi senyawa organik yang kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh bakteri hidrolitik. Bakteri hidrolitik ini bekerja pada suhu antara 30-40°C untuk kelompok mesofilik dan antara 50-60°C untuk kelompok termofilik. Tahap pertama ini berlangsung dengan pH optimum antara 6 sampai 7.

- 2) Tahap kedua adalah perubahan senyawa sederhana menjadi asam organik yang mudah menguap seperti asam asetat, asam butirat, asam propionat dan lain-lain. dengan terbentuknya asam organik maka pH akan terus menurun, namun pada waktu yang bersamaan terbentuk buffer yang dapat menetralkan pH. Di sisi lain untuk mencegah penurunan pH yang drastis maka perlu ditambahkan kapur sebagai buffer sebelum tahap pertama berlangsung. Bakteri pembentuk asam-asam organik tersebut diantaranya adalah *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Escherichia* dan *Aerobacter*.
- 3) Tahap ketiga adalah konversi asam organik menjadi metana, karbondioksida dan gas-gas lain seperti hidrogen sulfida, hidrogen dan nitrogen.

Bahan organik $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2 + \text{N}_2$

Konversi ini dilakukan oleh bakteri metan, seperti *Methanobacterium omelianskii*, *Methanobacterium sohngei*, *Methanobacterium suboxydans*, *Methanobacterium propionicum*, *Methanobacterium formicum*, *Methanobacterium ruminantium*, *Methanosarcina barkeri*, *Methanococcus vannielli* dan *Methanococcus mazei*. Bakteri metana ini sangat sensitif terhadap perubahan suhu dan pH, oleh karenanya kedua parameter ini harus dikendalikan dengan baik. PH optimum adalah antara 7, 0-7, 2, sedangkan pada pH 6,2 bakteri metana akan mengalami keracunan.

Bakteri-bakteri yang terlibat dalam ketiga tahap tersebut pada umumnya telah terdapat dalam limbah bahan-bahan organik, tetapi untuk meningkatkan kinerja produksi biogas maka perlu ditambahkan bakteri metanogen yang telah direkayasa.

Secara lebih ringkas, dapat dinyatakan bahwa bakteri yang berperan dalam perombakan bahan organik dalam produksi biogas ada dua macam, yaitu bakteri pembentuk asam dan bakteri pembentuk gas metan. Bakteri pembentuk asam merombak bahan organik dan menghasilkan asam lemak. Proses ini dilakukan oleh bakteri-bakteri *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alkaligenes*, *Escherichia*, dan *Aerobacter*. Selanjutnya asam lemak ini akan dirombak oleh bakteri metan dan menghasilkan gas bio (sebagian besar menghasilkan gas metan). Bakteri-bakteri tersebut adalah *Methanobacterium*,

Methanosarchina dan *Methanococcus*. Disamping itu juga ada bakteri lain yang memanfaatkan unsur sulfur (S) dan membentuk H_2S yaitu bakteri *Desulfovibrio*.

Proses produksi biogas biasanya dilakukan secara semi sinambung (substrat dimasukkan satu kali di dalam selang waktu tertentu), tetapi untuk mendapatkan kemungkinan metode produksi optimal, sistem batch (substrat hanya dimasukkan sekali saja) juga dapat digunakan. Kecepatan produksi biogas dalam sistem batch mula-mula akan naik sehingga mencapai kecepatan maksimum dan akhirnya akan turun lagi ketika sejumlah besar bahan telah dirombak.

Fermentasi atau perombakan tersebut adalah proses mikrobiologi yang merupakan himpunan proses metabolisme sel. Fermentasi bahan organik ini dapat terjadi dalam keadaan aerobik maupun anaerobik. Untuk proses fermentasi aerobik akan menghasilkan gas-gas amonia (NH_3) dan karbondioksida (CO_2). Proses dekomposisi anaerobik dari bahan organik akan menghasilkan gas bio. Proses produksi gas bio ini juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, diantaranya adalah suhu, pH, total padatan, dan rasio C/N.

SUHU :

Terdapat dua selang suhu optimum untuk produksi biogas, yaitu selang mesofilik ($30-40^{\circ}C$) dan selang termofilik ($50-60^{\circ}C$). Secara umum, pada suhu yang lebih tinggi didapatkan produksi biogas yang lebih tinggi pula.

pH :

pH optimum untuk memproduksi biogas adalah netral. Di kedua sisi pH netral tersebut, maka akan muncul gangguan dalam produksi biogas.

TOTAL PADATAN :

Kandungan total padatan yang mampu mendukung produksi biogas yang optimal adalah antara 7-9%. Kandungan padatan yang lebih tinggi atau lebih rendah akan menimbulkan gangguan terhadap produksi biogas.

RASIO C/N :

Rasio C/N substrat yang optimum untuk produksi biogas adalah berkisar 25: 1 dan 30: 1. Besaran rasio C/N yang terlalu tinggi akan menaikkan kecepatan perombakan tetapi buangnya (sludge) akan mempunyai kandungan nitrogen yang tinggi. Substrat dengan rasio C/N yang terlalu

rendah akan menyiasakan banyak nitrogen yang akan berubah menjadi amonia dan meracuni bakteri. Pencampuran limbah pertanian dengan kotoran ternak akan merubah rasio C/N untuk produksi gas yang lebih baik.

8. Penggunaan Bakteri Dalam Pengolahan Limbah Yang Kaya Protein

Limbah-limbah yang kaya protein jika terdekomposisi oleh bakteri dekomposer akan menghasilkan nitrat, nitrit dan amonia. Ketiga hasil dekomposisi ini dapat mengakibatkan permasalahan lingkungan dan kesehatan. Nitrit jika bereaksi dengan senyawa amin akan menjadi senyawa nitrosamin yang merupakan senyawa karsinogenik bagi lambung. Untuk mengatasi hal tersebut harus ditambahkan bakteri denitrifikasi yang telah direkayasa seperti *Alcaligenes faecalis*, *Bacillus lichemiformis*, *Pseudomonas denitrifikasi*, *Pseudomonas stutzeri*, *micrococcus denitrificans* dan *Thiobacillus denitrificans*. Bakteri-bakteri ini mengubah nitrat menjadi nitrogen bebas yang tidak berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Denitrifikasi ini dapat terjadi dalam filter pasir aliran ke atas (*moving bed upflow sand filter*) maupun filter pasir ke bawah (*moving bed down flow sand filter*). Penambahan etanol sebagai sumber karbon tambahan sebanyak 3,3 – 3,5g CH₃OH/g NO₃-Neq dengan *hydraulic loading rate* sebesar 10 m/jam serta *sand turnover rate* sebesar 3,8 bed/ d akan menghasilkan kinerja denitrifikasi menjadi baik sehingga nitrogen efluen akan baik (<1,0 g/m³) dengan waktu yang dibutuhkan selama 13 jam.

E. KONSEP MIKROBIOLOGI LIMBAH CAIR

(Peran Mikroba Untuk Mengatasi Masalah Pencemaran)

1. Biopestisida

Pestisida mikroba termasuk biopestisida yang telah banyak digunakan untuk menggantikan pestisida kimia sintetik yang banyak mencemari lingkungan. Penggunaan pestisida mikroba merupakan bagian dari pengendalian hama secara hayati menggunakan parasit, hiperparasit, dan predator. Salah satu keuntungan pestisida yang dikembangkan dari mikroba adalah:

- a. Dapat berkembang biak secara cepat dalam jasad inangnya (hospes).
- b. Dapat bertahan hidup di luar hospes.
- c. Sangat mudah tersebar di alam.

Mikroba yang telah dikembangkan untuk biopestisida adalah berbagai macam mikroba sebagai berikut:

- a. Virus penyebab penyakit hama, seperti NPV (*nuclear polyhidrosis virus*), CPV (*cytoplasmic polyhidrosis virus*), dan GV (*granulosis virus*) untuk mengendalikan Lepidoptera. *Baculovirus* untuk mengendalikan Lepidoptera, Hymenoptera, dan diptera.
- b. Bakteri yang dapat mematikan serangga hama, yang terkenal adalah *Bacillus thuringiensis* (Bt). bakteri ini dapat digunakan untuk mengendalikan Lepidoptera, Hymenoptera, diptera, dan coleoptera. Bakteri ini dapat menghasilkan kristal protein toksin yang dapat mematikan serangga hama. Selain itu ada bakteri lain seperti *Pseudomonas aeruginosa* dan *Proteus vulgaris* untuk mengendalikan belalang, *Pseudomonas septica* dan *Bacillus larvae* untuk hama kumbang, *Bacillus sphaericus* untuk mengendalikan nyamuk, dan *B. Moritai* untuk mengendalikan lalat.
- c. Jamur yang termasuk entomophagus dapat digunakan untuk mengendalikan hama. Sebagai contoh *Metarhizium anisopliae* dapat digunakan untuk mengendalikan kumbang Rhinoceros dan belalang cokelat. *Beauveria bassiana* untuk mengendalikan kumbang kentang, *Nomurea rilevi* untuk mengendalikan lepidoptera, *Paecylomyces lilacinus* dan *Gliocladium roseum* dapat digunakan untuk mengendalikan nematoda.

2. Biofertilizer/ Pupuk Hayati

Beberapa mikroorganisme tanah seperti Rhizobium, Azospirillum, Azootobacter, mikoriza, bakteri pelarut fosfat, mikoriza perombak selulosa, CM (Crops Mikrobial) dan Effective mikroorganisme (EM) bila dimanfaatkan secara tepat dalam sistem pertanian organik akan membawa pengaruh yang positif baik bagi ketersediaan hara yang dibutuhkan tanaman, lingkungan edapik, maupun upaya pengendalian beberapa jenis penyakit. Sehingga akan dapat diperoleh pertumbuhan dan produksi tanaman yang optimal dan hasil panen yang lebih sehat. Mikroorganisme tersebut sering disebut sebagai biofertilizer atau pupuk hayati.

a. Bakteri Rhizobium

Bakteri Rhizobium adalah salah satu contoh kelompok bakteri yang berkemampuan sebagai penyedia hara bagi tanaman. Bakteri ini biasanya bersimbiosis dengan tanaman legum dengan cara menginfeksi akar tanaman dan membentuk bintil akar di dalamnya. Rhizobium hanya dapat memfiksasi nitrogen atmosfer bila berada di dalam bintil akar dari mitra legumnya. Peranan Rhizobium terhadap pertumbuhan tanaman khususnya berkaitan dengan masalah ketersediaan nitrogen bagi tanaman inangnya.

b. Azospirillum dan Azotobacter

Ada beberapa jenis bakteri penambat nitrogen yang berasosiasi dengan perakaran tanaman. Bakteri yang mampu meningkatkan hasil tanaman tertentu apabila diinokulasikan pada tanah pertanian dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu *Azospirillum* dan *Azotobacter*.

Azospirillum merupakan salah satu mikroba perakaran. Infeksi yang disebabkan oleh bakteri ini tidak menyebabkan perubahan morfologi perakaran, meningkatkan jumlah akar rambut, dan menyebabkan percabangan akar lebih berperan dalam penyerapan hara. Keuntungan lain dari bakteri ini adalah pada saat berasosiasi dengan perakaran tidak dapat menambat nitrogen, maka pengaruhnya adalah meningkatkan penyerapan nitrogen yang ada di dalam tanah.

Azotobacter sp. Juga merupakan bakteri non-simbiosis yang hidup di daerah perakaran. *Azotobacter sp.* Hampir ditemui pada semua jenis tanah, tetapi populasinya relatif rendah. Bakteri ini mempunyai kemampuan untuk menambat nitrogen dan menghasilkan sejenis hormon yang kurang lebih sama dengan hormon pertumbuhan tanaman dan menghambat pertumbuhan jenis jamur tertentu, sehingga bakteri ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui pasokan nitrogen udara, pasokan pengatur tumbuh, mengurangi kompetisi dengan mikroba lain atau membuat kondisi tanah lebih menguntungkan untuk pertumbuhan tanaman. Bakteri ini berpengaruh positif pada perkecambahan benih dan memperbaiki pertumbuhan tanaman.

c. Mikrobia pelarut fosfat

Beberapa mikroba tanah mempunyai kemampuan untuk melarutkan fosfat yang tidak larut dalam air dan menjadikannya tersedia bagi tanaman.

Mikrobia ini merubah bentuk P di alam untuk mencegah proses terjadinya fiksasi P. Dalam proses pelarutan P oleh mikroba berhubungan dengan diproduksinya asam yang sangat erat berhubungan dengan proses metabolisme.

Ada beberapa jenis fungi dan bakteri yang mampu melarutkan P yang tidak larut menjadi tersedia bagi tanaman. Organisme-organisme tersebut diantaranya adalah *Bacillus striata*, *Aspergillus awamori*, dan *Penicillium digitatum*. Jumlah bakteri pelarut P dalam tanah sekitar 104-106 tiap gram.

d. Mikoriza

Asosiasi simbiotik antara jamur dan sisten perakaran tanaman tinggi diistilahkan dengan mikoriza. Dalam fenomena ini jamur menginfeksi dan mengkoloni akar tanpa menimbulkan nekrosis sebagaimana biasa terjadi pada infeksi jamur patogen, dan mendapat pasokan nutrisi secara teratur dari tanaman. Berdasarkan tempat berkembangnya, jamur mikoriza dibagi menjadi dua kelompok, yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza merupakan jamur yang berkembang di permukaan luar akar dan diantara sel-sel korteks akar. Endomikoriza merupakan jamur yang berkembang di dalam akar di antara dan di dalam sel-sel korteks akar. Jamur yang dapat bersimbiosis dengan akar tanaman ini contohnya adalah kelompok Endogonales.

e. CM (Crops Mikrobial)

CM (Crops Mikrobial) mengandung bakteri gram positif yang dapat hidup di permukaan akar yang mempunyai strain spesifik yang jelas dan terkendali. Bakteri tersebut adalah bakteri dari genus *Bacillus*, diantaranya adalah *Bacillus chitinosporous*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* dan *Bacillus lateroporous*. *Bacillus chitinosporous*, yang memproduksi metabolit enzim chitinase yang mampu menghancurkan, mengurai dan mencerna zat kitin yang terdapat pada sel telur nematoda, kulit serangga, larva dan pupa serangga. *Bacillus subtilis* dan *Bacillus pumilus* yang memproduksi metabolit yang menghambat fungi (cendawan). *Bacillus lateroporous* yang memproduksi metabolit spesifik (auksin dan gibrelin) yang mampu menstimulir benih, akar, batang, bunga dan buah.

f. EM (Effective Microorganism)

Efektif mikroorganisme merupakan kultur campuran berbagai jenis mikroorganisme yang bermanfaat (bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, actinomycetes, dan jamur peragian) yang dapat dimanfaatkan sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman mikroba tanah. EM merupakan kultur jaringan berbagai jenis mikrobia yang berasal dari lingkungan alami dan secara genetika bersifat asli (tidak dimodifikasi). Pemanfaatan EM dapat memperbaiki kualitas tanah dan selanjutnya memperbaiki pertumbuhan dan produksi tanaman.

F. PENCEMARAN AIR OLEH MIKROBA PATOGEN DAN PENYAKIT YANG DITIMBULKANNYA

Pencemaran air adalah masuknya atau di masukannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran air atau polusi air merupakan penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Sebagai contoh, meskipun di daerah pegunungan atau hutan yang terpencil dengan udara yang bersih dan bebas dari polusi, air hujan selalu mengandung bahan-bahan terlarut seperti CO_2 , O_2 dan N_2 , serta bahan-bahan tersuspensi seperti debu dan partikel-partikel lainnya yang terbawa dari atmosfer. Air permukaan dan air sumur biasanya mengandung bahan-bahan metal terlarut seperti Na, Mg, Ca dan Fe. Air yang mengandung komponen-komponen tersebut dalam jumlah tinggi disebut *air sadah*. Air minum pun bukan merupakan air murni. Meskipun bahan-bahan tersuspensi dan bakteri mungkin telah dihilangkan dari air tersebut, tetapi air minum mungkin masih mengandung komponen-komponen terlarut.

Ciri-ciri air yang mengalami pencemaran sangat bervariasi tergantung dari jenis air dan polutannya atau komponen yang mengakibatkan polusi. Sebagai contoh air minum yang tercemar mungkin rasanya akan berubah meskipun perubahan baunya mungkin sukar dideteksi, bau yang menyengat mungkin akan timbul pada pantai laut, sungai dan danau yang terpolusi, kehidupan hewan air akan berkurang pada air sungai yang terpolusi berat, atau minyak yang terlihat terapung pada permukaan air laut menunjukkan adanya polusi. Tanda-tanda polusi air yang berbeda ini disebabkan oleh sumber dan jenis polutan yang berbeda-beda.

Pencemaran air dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori yaitu sumber langsung dan sumber tidak langsung.

1. Sumber Langsung

Sumber langsung adalah buangan (effluent) yang berasal dari sumber pencemarnya yaitu limbah hasil pabrik atau suatu kegiatan dan limbah domestik berupa buangan tinja dan buangan air bekas cucian, serta sampah. Pencemaran terjadi karena buangan ini langsung di buang ke dalam badan air, (system) seperti sungai , kanal, parit atau selokan .

2. Sumber Tidak Langsung

Sumber – sumber tidak langsung adalah kontaminan yang masuk melalui air tanah akibat adanya pencemaran pada air permukaan baik dari limbah industri maupun dari limbah domestik.

Beberapa jenis pencemar air dapat dikelompokkan atas sembilan grup berdasarkan perbedaan sifat-sifatnya sebagai berikut:

1. Padatan
2. Bahan buangan yang membutuhkan oksigen (oxygen-demanding wastes)
3. Mikroorganisme
4. Komponen organik sintetik
5. Nutrien tanaman
6. Minyak
7. Senyawa anorganik dan mineral
8. Bahan radioaktif
9. Panas

Salah satu jenis pencemar air adalah mikroorganisme. Mikroorganisme yang terdapat di dalam air berasal berbagai sumber seperti udara, tanah, sampah, lumpur, tanaman hidup atau mati, hewan hidup atau mati (bangkai), kotoran manusia atau hewan, bahan organik lainnya, dan sebagainya.

1. PENCEMARAN AIR OLEH MIKROBA PATOGEN

Air dapat merupakan medium pembawa mikroorganisme patogenik yang berbahaya bagi kesehatan. Bahaya atau resiko kesehatan yang berhubungan dengan pencemaran air secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua yakni bahaya langsung dan bahaya tidak langsung. Bahaya langsung terhadap kesehatan manusia dapat terjadi akibat mengonsumsi air yang tercemar atau air

yang berkualitas buruk, baik langsung diminum, melalui makanan dan dapat juga akibat dari pemakaian air yang tercemar untuk keperluan sehari-hari seperti mencuci peralatan makan dan lain sebagainya. Bahaya bagi kesehatan masyarakat dapat pula diakibatkan oleh berbagai dampak kegiatan industri dan pertanian. Sedangkan bahaya tak langsung dapat terjadi misalnya akibat dari mengonsumsi ikan, yang dimana ikan tersebut sudah tercemar atau mengandung zat-zat polutan berbahaya.

Pencemaran air oleh virus, bakteri patogen, dan parasit lainnya atau oleh zat kimia dapat terjadi pada sumber air bakunya, ataupun terjadi pada saat pengairan olahan dari pabrik ke konsumen. Di beberapa negara berkembang, termasuk Indonesia, sungai, danau, kolam, laut sering digunakan untuk beberapa keperluan sehari-hari, misalnya mandi, mencuci pakaian, mencuci alat makan dan makanan, bahkan untuk tempat pembuangan tinja, sehingga air tersebut menjadi tercemar berat oleh virus, bakteri patogen dan mikroorganisme parasit lainnya.

Patogen yang sering ditemukan di dalam air terutama adalah bakteri-bakteri penyebab infeksi saluran pencernaan seperti *Vibrio cholerae* penyebab penyakit kolera, *Shigella dysenteriae* penyebab disentri basiler, *Salmonella typosa* penyebab tifus dan *S. paratyphi* penyebab paratifus, virus polio dan hepatitis, dan *Entamoeba histolytica* penyebab disentri amuba. Untuk mencegah penyebaran penyakit melalui air perlu dilakukan control terhadap polusi air.

2. MIKROBA PATOGEN PENYEBAB PENCEMARAN AIR

Beberapa mikroba patogen biasanya ditemukan di dalam air limbah domestik dan juga di dalam efluen dari unit pengolahan limbah. Mikroba yang menjadi agen penyebab pencemaran air adalah bakteri, virus.

a. Bakteri Patogen

Bakteri penyebab pencemaran air dan bersifat patogen antara lain sebagai berikut :

1) Salmonella

Salmonella adalah enterobacteriaceae yang terdistribusi secara luas di dalam lingkungan dan meliputi lebih dari 2000 stereotipe. *Salmonella* merupakan bakteri patogen paling utama yang terdapat di air limbah yang dapat menyebabkan demam typhus dan paratyphus

dan gastroenteritis (radang lambung / perut). Konsentrasi Salmonella di dalam air limbah berkisar dari beberapa sel samapi mencapai 8000 organisme per 100 ml air limbah. Diperkirakan bahwa hampir 0.1% penduduk mengeluarkan Salmonella di dalam tinja. Di Amerika Serikat Salmonellosis terutama disebabkan oleh kontaminasi pada makanan, tetapi pada kontaminasi air minum juga masih menjadi perhatian yang utama.

2) Shigella

Shigella secara sepintas adalah agen disentri bacillus, yaitu suatu penyakit diare yang menyebabkan berak darah sebagai akibat dari peradangan dan pendarahan selaput dinding usus. Ada empat spesies shigella yang bersifat patogen, yaitu *Shigella flexneri*, *Shigella dysenteriae*, *Shigella boydii*, dan *Shigella sonnei*. Keempat Shigella patogen tersebut dapat berpindah secara kontak langsung dengan penderita yang telah terinfeksi, dimana orang yang terinfeksi mengeluarkan Shigella didalam tinjanya.

Meskipun perpindahan atau penularan Shigella melalui kontak antar orang adalah cara penularan yang utama, tetapi melalui air juga perlu diperhatikan. Contohnya, seperti yang terjadi di Florida, penggunaan air tanah mempunyai andil terhadap Shigellosis yang telah menginfeksi sekitar 1200 orang.

3) Vibrio Cholerae

Vibrio cholerae adalah bakteri gram-negative yang berbentuk batang melengkung. Bakteri ini dapat berpindah melalui air. *Vibrio Cholerae* mengeluarkan suatu enterotoksin yang menyebabkan diare, mulai dari ringan sampai hebat, muntah, dan kehilangan cairan tubuh secara cepat, dan menyebabkan kematian dalam waktu singkat. *Vibrio cholerae* sering muncul sebagai endemik di banyak wilayah Asia. Organisme patogen tersebut dapat menyebabkan pencemaran air dengan konsentrasi sebesar 10 – 10.000 organisme per 100 ml air pada saat terjadi endemik. Ledakan endemik Kolera pernah terjadi di Peru dan Chilli yang diakibatkan mengonsumsi sayuran yang telah terkontaminasi oleh air yang telah tercemar oleh *Vibrio Cholerae*.

4) Virus

Air dan limbah dapat terkontaminasi oleh 140 jenis virus. Virus ini dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui mulut dan berkembang biak dalam saluran pencernaan dan kemudian dikeluarkan dalam jumlah yang besar melalui kotoran manusia yang terinfeksi. Virus-virus yang masuk ke dalam tubuh manusia kadangkala menyebabkan infeksi yang tidak terlihat, sehingga sulit untuk dideteksi. Virus ini penyebab penyakit yang bervariasi, mulai dari penyakit kulit, demam, infeksi pernafasan, penyakit yang berhubungan dengan pencernaan dan kelumpuhan. Virus-virus ini relatif sedikit di dalam air buangan, namun demikian sampel sebanyak 100-1000 liter harus dipekatkan untuk mendeteksi keberadaan patogen ini.

Ditinjau dari ilmu epidemi, virus umumnya berpindah melalui kontak antar perorangan namun dapat juga melalui perantara air baik secara langsung (air minum, kolam renang) maupun secara tidak langsung yaitu melalui makanan yang terkontaminasi.

3. MIKROORGANISME INDIKATOR PENCEMAR

Mikroorganisme indikator adalah sekelompok mikroorganisme yang digunakan sebagai petunjuk kualitas air. Mikroorganisme indikator telah digunakan untuk mendeteksi dan menghitung kontaminasi tinja di air, makanan, dan sampel lainnya. Untuk digunakan sebagai mikroorganisme indikator, terdapat persyaratan yang harus dipenuhi oleh mikroorganisme tersebut, kendati demikian, persyaratan ini tidak mutlak untuk dipenuhi seluruhnya, tergantung kondisi yang ada. Syaratnya antara lain:

- a. Dapat digunakan untuk berbagai jenis air
- b. Mikroorganisme harus muncul bila patogen enterik dan sumber polusi muncul
- c. Tidak ada di air yang terpolusi
- d. Mudah diisolasi, murah, mudah diidentifikasi, dan mudah dihitung
- e. Lebih banyak jumlahnya dan lebih tahan dibanding patogen
- f. Bukan merupakan patogen
- g. Tidak berkembang biak di air

- h. Merespon perlakuan dan kondisi lingkungan
- i. Kepadatan indikator harus berkaitan langsung dengan derajat polusi
- j. Menjadi bagian dari mikroflora dalam saluran pencernaan hewan berdarah panas

MIKROORGANISME INDIKATOR BAKTERI

Terdapat lima bakteri yang umum digunakan sebagai indikator :

a. Koliform

Koliform tidak termasuk dalam taksonomi bakteri namun hanya istilah untuk menyebutkan kelompok mikroorganisme yang berada di air. Ciri-ciri bakteri koliform adalah gram negatif, berbentuk batang, merupakan anaerob fakultatif yang dapat memfermentasikan laktosa dengan pembentukan asam dan gas pada suhu 35 °C selama 24-48 jam. Memiliki enzim tambahan yaitu sitokrom oksidase dan beta-galaktosidase. Koliform dapat ditemukan di saluran pencemaran hewan, tanah, atau secara alami pada sampel lingkungan.

Pada keadaan normal, koliform terdapat di air dalam jumlah standar dan dapat diukur, namun bila terjadi pencemaran air, jumlah koliform akan menjadi banyak dan dapat melebihi jumlah bakteri patogen lain. Oleh karena itu, koliform dapat digunakan sebagai indikator pencemaran air. Jika terdapat bakteri koliform dalam air, belum tentu bakteri patogen juga ada di air tersebut, namun jika bakteri koliform terdapat dalam jumlah besar maka perlu diperiksa kembali keberadaan bakteri patogen lain.

b. Koliform tinja

Digunakan untuk mendeteksi pencemaran tinja. Merupakan bakteri termotoleran yang dapat beradaptasi dengan cara stabilisasi protein pada suhu di saluran pencernaan. Koliform tinja dapat melakukan fermentasi dengan menghasilkan asam dan gas pada suhu 44.5 °C. Koliform tinja memiliki korelasi yang kuat dengan pencemaran tinja hewan berdarah panas. Untuk mendeteksi *E.coli* pada koliform tinja secara lebih spesifik dapat digunakan enzim MUG yang akan berpendar dengan sinar UV.

c. Streptococcus Tinja – Enterococcus

Merupakan mikrobiota pada manusia dan hewan.

Contoh *Streptococcus* pada manusia adalah *S. faecalis* dan *S. faecium*

d. Clostridium

Merupakan mikrobiota pada hewan berdarah panas dan limbah. Sifatnya lebih stabil dibanding patogen dan memiliki spora sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi polusi yang terjadi di waktu lampau.

e. Pseudomonas

Digunakan sebagai indikator kolam renang selain *Staphylococcus aureus*.

Memiliki sifat tahan terhadap desinfeksi kimiawi.

Berpigmen pyocyanin dan dapat berpendar.

G. PENYAKIT YANG BERHUBUNGAN DENGAN PENCEMARAN AIR AKIBAT DARI MIKROORGANISME PARASIT

Beberapa penyakit yang berhubungan dengan air yang tercemar oleh mikroorganisme parasit telah dikenal sejak lama. Pencemaran air oleh air limbah ataupun kotoran (tinja) manusia yang mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit, seperti virus, bakteri patogen dan sebagainya dapat menyebabkan wabah atau peledakan jumlah penderita penyakit di suatu wilayah dalam waktu yang relatif singkat.

Beberapa ciri khusus penyebaran penyakit-penyakit tersebut antara lain yakni proses penularan pada umumnya melalui mulut, terjadi di wilayah yang airnya tercemar, penderita pada umumnya terkonsentrasi pada suatu wilayah secara temporer, penderitanya tidak terbatas pada usia, ataupun jenis kelamin tertentu. Meskipun sulit untuk mendeteksi bakteri patogen di dalam air, tetapi dapat diperkirakan melalui pemeriksaan bakteri *E.coli* yang disebabkan oleh pencemaran tinja, dan waktu inkubasinya biasanya lebih panjang daripada keracunan makanan. Penyakit yang biasanya berhubungan dengan pencemaran air akibat mikroorganisme parasit antara lain adalah :

1. DISENTRI

Disentri berasal dari bahasa Yunani, yaitu *dys* (=gangguan) dan *enteron* (=usus), yang berarti radang usus yang menimbulkan gejala meluas, tinja lendir bercampur darah. Disentri adalah peradangan usus besar

yang ditandai dengan sakit perut dan buang air besar. Buang air besar ini berulang-ulang yang menyebabkan penderita kehilangan banyak cairan dan darah. Penyebab umumnya adalah infeksi parasit *Entamoeba histolytica* yang menyebabkan disentri amuba dan infeksi golongan Shigella yang menjadi penyebab disentri basiler. Penderita perlu segera mendapatkan perawatan medis, jika tidak dapat mengancam jiwa

Penyebab Penyakit:

a. Bakteri (Disentri basiler)

- 1) *Shigella*, penyebab disentri yang terpenting dan tersering ($\pm$ 60% kasus disentri yang dirujuk serta hampir semua kasus disentri yang berat dan mengancam jiwa disebabkan oleh Shigella. Penyebabnya adalah bakteri *Shigella dysenteriae*. Waktu inkubasinya sekitar 1 – 7 hari, biasanya 4 sekitar kurang dari 4 hari.
- 2) *Escherichia coli enteroinvasif* (EIEC)
- 3) *Salmonella*
- 4) *Campylobacter jejuni*, terutama pada bayi

b. Amoeba (Disentri amoeba), disebabkan *Entamoeba histolytica*, lebih sering pada anak usia > 5 tahun

Preventif (Pencegahan)

Langkah pencegahan yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi penyakit disentri adalah dengan memperhatikan pola hidup sehat dan bersih; menjaga kebersihan makanan dan minuman dari kontaminasi kotoran dan serangga pembawa bakteri; dan membiasakan untuk selalu mencuci tangan sebelum makan.

2. DEMAM THIPOID (TYPHUS)

Penyakit Demam Tifoid (bahasa Inggris: Typhoid fever) yang biasa juga disebut typhus atau types dalam bahasa Indonesianya, merupakan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella enterica*, khususnya turunannya yaitu *Salmonella typhi* terutama menyerang bagian saluran pencernaan. Demam tifoid adalah penyakit infeksi akut yang selalu ada di masyarakat (endemik) di Indonesia, mulai dari usia balita, anak-anak dan dewasa. Di Indonesia, diperkirakan antara 800 – 100.000 orang terkena penyakit tifus atau demam tifoid sepanjang tahun. Demam ini terutama muncul di musim kemarau dan

konon anak perempuan lebih sering terserang, peningkatan kasus saat ini terjadi pada usia dibawah 5 tahun. Sumber penularan yang utama adalah penderita itu sendiri atau karier, dan penularan dapat terjadi karena infeksi yang disebabkan oleh bakteri yang ada di dalam tinja penderita yang akan mengontaminasi air, air minum, makanan, ataupun kontak langsung.

Penyebab Penyakit :

Penyebabnya adalah bakteri jenis bacillus thypus yaitu *Salmonella thyposa*, dengan waktu inkubasi sekitar 1 sampai 3 minggu. Bakteri tersebut masuk melalui mulut dan menjangkiti lymph (getah bening) pada bagian bawah usus halus, kemudian masuk ke aliran darah dan akan terbawa ke organ-organ internal sehingga gejala muncul pada seluruh tubuh, misalnya seluruh badan lemas, pusing, hilang nafsu makan, dan timbul demam serta mengigil.

Preventif (Pencegahan)

Pencegahan penyakit demam Tifoid bisa dilakukan dengan cara perbaikan kebersihan dan sanitasi lingkungan serta penyuluhan kesehatan. Imunisasi dengan menggunakan vaksin oral dan vaksin suntikan (antigen Vi Polysaccharida capular) telah banyak digunakan. Saat ini pencegahan terhadap kuman *Salmonella* sudah bisa dilakukan dengan vaksinasi bernama chotipa (cholera-tifoid-paratifoid) atau tipa (tifoid-paratifoid). Untuk anak usia 2 tahun yang masih rentan, bisa juga divaksinasi.

3. KOLERA

Kolera merupakan penyakit yang sudah langka di negara-negara perindustrian dalam seratus tahun belakangan ini, tetapi penyakit ini masih sering terdapat di beberapa bagian dunia termasuk sub-benua India dan bagian benua Afrika di sebelah selatan gurun Sahara (sub-Sahara). Kolera adalah penyakit diare akut, yang disebabkan oleh infeksi usus akibat terkena bakteri *Vibrio cholerae*. Infeksi biasanya ringan atau tanpa gejala, tapi terkadang parah. Kurang lebih 1 dari setiap 20 penderita mengalami sakit yang berat dengan gejala diare yang sangat encer, muntah-muntah, dan kram di kaki. Bagi mereka ini, kehilangan cairan tubuh secara cepat ini dapat mengakibatkan dehidrasi dan shock atau reaksi fisiologik hebat terhadap trauma tubuh. Kalau tidak diatasi, kematian dapat terjadi dalam beberapa jam. Sumber utama penularan penyakit ini adalah air minum atau makanan yang tercemar (terkontaminasi) oleh kotoran atau

muntahan penderita yang mengandung bakteri kholera ataupun tercemar oleh inang atau pembawa bakteri kholera.

Penyebab Penyakit

- a. Cholera Asiatica disebabkan oleh baksil *Vibrio comma*
- b. Cholera Eltor disebabkan oleh baksil *Vibrio eltor*

Penyebabnya adalah bakteri patogen jenis *Vibrio cholerae*, dan waktu inkubasinya antar beberapa jam sampai dengan 5 hari. Bakteri ini masuk melalui mulut dan akan berkembang di dalam usus halus (small intestine), dan akan menghasilkan eksotoksin yang menyebabkan rasa mual.

Preventif (Pencegahan)

Cara pencegahan dan memutuskan tali penularan penyakit kolera adalah dengan prinsip sanitasi lingkungan, terutama kebersihan air dan pembuangan kotoran (feces) pada tempatnya yang memenuhi standar lingkungan. Lainnya ialah meminum air yang sudah dimasak terlebih dahulu, cuci tangan dengan bersih sebelum makan memakai sabun/antiseptik, cuci sayuran dengan air bersih terutama sayuran yang dimakan mentah (lalapan), hindari memakan ikan dan kerang yang dimasak setengah matang.

Bila dalam anggota keluarga ada yang terkena kolera, sebaiknya diisolasi dan secepatnya mendapatkan pengobatan. Benda yang tercemar muntahan atau tinja penderita harus di sterilisasi, sebarang alat (vektor) penular lainnya segera diberantas. Pemberian vaksinasi kolera dapat melindungi orang yang kontak langsung dengan penderita.

4. DIARE

Diare (atau dalam bahasa kasar disebut menceret) (BM = diarea; Inggris = diarrhea) adalah sebuah penyakit di mana penderita mengalami rangsangan buang air besar yang terus-menerus dan tinja atau feses yang masih memiliki kandungan air berlebihan. Di Dunia ke-3, diare adalah penyebab kematian paling umum kematian balita, dan juga membunuh lebih dari 1,5 juta orang per tahun. Diare merupakan salah satu penyakit yang paling banyak terjadi di negara berkembang termasuk di Indonesia. Yang paling banyak terserang penyakit ini umumnya adalah anak-anak dan balita, dan bila keadaannya parah seringkali mengakibatkan dehidrasi, yang apabila tidak segera ditangani dapat berujung pada kematian. Bakteri patogen yang

menyebabkan penyakit ini berasal dari tinja dan masuk ke tubuh manusia melalui mulut, makanan, minuman atau melalui kontak perorangan. Seringkali organisme penyebab infeksi entrik tersebut diakibatkan oleh kondisi lingkungan rumah yang kotor dan tidak sehat. Hal tersebut juga dikarenakan oleh pencucian tangan yang kurang bersih pada waktu buang kotoran, ataupun melalui lalat. Banyak juga kasus yang terjadi akibat mengonsumsi air yang telah tercemar oleh bakteri patogen penyebab diare tersebut.

Penyebab Penyakit

Diare kebanyakan disebabkan oleh beberapa infeksi virus tetapi juga seringkali akibat dari racun bakteri. Dalam kondisi hidup yang bersih dan dengan makanan mencukupi dan air tersedia, pasien yang sehat biasanya sembuh dari infeksi virus umum dalam beberapa hari dan paling lama satu minggu. Namun untuk individu yang sakit atau kurang gizi, diare dapat menyebabkan dehidrasi yang parah dan dapat mengancam jiwa bila tanpa perawatan. Virus penyebab diare adalah *Viral gastroenteritis* atau yang dikenal sebagai stomach virus (virus perut). Selain oleh virus, diare juga disebabkan oleh bakteri. Bakteri-bakteri tersebut antara lain adalah *E.coli*, *Salmonella enteritidis*, *Compylobacter bacteria*, *Shigella*, *Giardo*, *Cryptosporidium*.

Preventif (Pencegahan)

Pencegahan diare merupakan salah satu upaya yang baik dilakukan untuk menghindari gejala diare secara efektif. Cuci tangan terutama saat ingin makan atau aktivitas lain merupakan upaya pencegahan *diare* agar virus tidak menyebar. Untuk *pencegahan diare* yang disebabkan oleh makanan yang tercemar dapat dilakukan beberapa cara, antara lain :

- a. Sajikan makanan dimasak atau dipanaskan. Jika belum diolah dinginkan makanan dalam kulkas. Membiarkan makanan pada suhu kamar dapat mendorong pertumbuhan bakteri sehingga dapat dilakukan pencegahan diare.
- b. Cuci permukaan alat atau perkakas untuk menghindari penyebaran kuman dari satu tempat ke tempat yang lain.
- c. Selalu memberikan ASI eksklusif kepada bayi yang berusia di bawah enam bulan.
- d. Buang air besar pada tempatnya (WC, toilet) dan menyediakan tempat sampah yang memadai.

- e. Memberantas lalat agar tidak menghinggapi makanan yang ada di rumah.
- f. Mengupayakan lingkungan rumah selalu menjadi lingkungan hidup yang sehat

H. METODA PENGAMBILAN CONTOH AIR LIMBAH

Informasi berikut mungkin dapat dijadikan sebagai referensi bagi petugas kesehatan lingkungan dan menambah acuan pelaksanaan tupoksinya. Dalam rangka menyeragamkan teknik pengambilan contoh air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metoda Analisis Kualitas Air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang Air dan air limbah – Bagian 59: Metode pengambilan contoh air limbah. SNI ini diterapkan untuk teknik pengambilan contoh air limbah sebagaimana yang tercantum di dalam Keputusan Menteri tersebut.

1. METODA UNTUK PENGAMBILAN CONTOH AIR PENGUJIAN SIFAT FISIKA DAN KIMIA AIR LIMBAH

Metoda ini digunakan untuk pengambilan contoh air guna keperluan pengujian sifat fisika dan kimia air limbah. Metode berikut menggunakan acuan SNI 6989.59:2008

a. PERALATAN

Persyaratan alat pengambil contoh

Alat pengambil contoh harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh
- 2) Mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya;
- 3) Contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya
- 4) Mudah dan aman di bawa
- 5) Kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.

Jenis alat pengambil contoh

Alat pengambil contoh sederhana:

Alat pengambil contoh sederhana dapat berupa ember plastik yang dilengkapi dengan tali atau gayung plastik yang bertangkai panjang.

Botol biasa yang diberi pemberat yang digunakan pada kedalaman tertentu.

Alat pengambil contoh air otomatis:

Alat ini dilengkapi alat pengatur waktu dan volume yang diambil, digunakan untuk contoh gabungan waktu dan air limbah, agar diperoleh kualitas air rata-rata selama periode tertentu

ALAT PENGUKUR PARAMETER LAPANGAN

Peralatan yang perlu dibawa antara lain:

- 1) DO meter atau peralatan untuk metode Winkler;
- 2) pH meter;
- 3) turbidimeter;
- 4) konduktimeter;
- 5) termometer; dan
- 6) 1 set alat pengukur debit.

CATATAN Alat lapangan sebelum digunakan perlu dilakukan kalibrasi.

- 1) Alat pendingin, Alat ini dapat menyimpan contoh pada $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, digunakan untuk menyimpan contoh untuk pengujian sifat fisika dan kimia.
- 2) Alat ekstraksi (corong pemisah), Corong pemisah terbuat dari bahan gelas atau teflon yang tembus pandang dan mudah memisahkan fase pelarut dari contoh.
- 3) Alat penyaring, Alat ini dilengkapi dengan pompa isap atau pompa tekan serta dapat menahan saringan yang mempunyai ukuran pori 0,45 μm .

b. BAHAN

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 di uji.

Wadah contoh:

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

- 1) Terbuat dari bahan gelas atau plastik poli etilen (PE) atau poli propilen (PP) atau teflon (Poli Tetra Fluoro Etilen, PTFE);

- 2) Dapat ditutup dengan kuat dan rapat
- 3) Bersih dan bebas kontaminan
- 4) Tidak mudah pecah
- 5) Tidak berinteraksi dengan contoh.

Persiapan wadah contoh:

Lakukan langkah-langkah persiapan wadah contoh, sebagai berikut:

- 1) Untuk menghindari kontaminasi contoh di lapangan, seluruh wadah contoh harus benar-benar dibersihkan di laboratorium sebelum dilakukan pengambilan contoh.
- 2) Wadah yang disiapkan jumlahnya harus selalu dilebihkan dari yang dibutuhkan, untuk jaminan mutu, pengendalian mutu dan cadangan.
- 3) Jenis wadah contoh dan tingkat pembersihan yang diperlukan tergantung dari jenis contoh yang akan diambil, sebagai berikut:

Wadah contoh untuk pengujian senyawa organik yang mudah menguap (Volatile Organic Compound, VOC)apkan wadah contoh untuk senyawa organik yang mudah menguap, dengan langkah kerja sebagai berikut:

- 1) Cuci gelas vial, tutup dan septum dengan deterjen. Bilas dengan air biasa dan kemudian bilas dengan air bebas analit
- 2) Bilas dengan metanol berkualitas analisis dan dikeringkan selama 1 jam
- 3) Keluarkan vial dan biarkan mendingin dalam posisi terbalik di atas lembaran aluminium foil
- 4) Setelah vial dingin, putar tutup dan septum untuk menutup vial tersebut.

CATATAN Untuk mencegah kontaminasi saat pencucian wadah contoh yang akan digunakan untuk analisa organik, harus dihindari penggunaan sarung tangan plastik atau karet dan sikat.

- 1) Wadah contoh untuk pengujian senyawa organik yang dapat diekstraksi
- 2) Siapkan wadah contoh untuk senyawa organik yang dapat diekstraksi, dengan langkah kerja sebagai berikut
- 3) Cuci botol gelas dan tutup dengan deterjen. Bilas dengan air kemudian dengan air bebas analit

- 4) Masukkan 10 mL aseton berkualitas analisis ke dalam botol dan rapatkan tutupnya, kemudian kocok botol dengan baik agar aseton tersebar merata dipermukaan dalam botol serta mengenai lining teflon dalam tutup
- 5) Buka tutup botol dan buang aseton dan biarkan botol mengering dan kemudian kencangkan tutup botol agar tidak terjadi kontaminasi baru.

Wadah contoh untuk pengujian logam total dan terlarut

Siapkan wadah contoh untuk pengujian logam total dan terlarut, dengan langkah kerja sebagai berikut:

- 1) Cuci botol gelas atau plastik dan tutupnya dengan deterjen kemudian bilas dengan air bersih.
- 2) ilas dengan asam nitrat (HNO_3) 1:1, kemudian bilas lagi dengan air bebas analit sebanyak 3 kali dan biarkan mengering, setelah kering tutup botol dengan rapat.

Wadah contoh untuk pengujian KOB, KOK dan nutrien

Siapkan wadah contoh untuk pengujian KOB, KOK dan nutrien, dengan langkah kerja sebagai berikut:

- 1) Cuci botol dan tutup dengan deterjen bebas fosfat kemudian bilas dengan air bersih
- 2) Cuci botol dengan asam klorida (HCl) 1:1 dan bilas lagi dengan air bebas analit sebanyak 3 kali dan biarkan mengering, setelah kering tutup botol dengan rapat.

Wadah contoh untuk anorganik non-logam

Siapkan wadah contoh untuk pengujian anorganik non-logam, dengan langkah kerja sebagai berikut:

- 1) Cuci botol dan tutup dengan deterjen, bilas dengan air bersih kemudian bilas dengan air bebas analit sebanyak 3 kali dan biarkan hingga mengering
- 2) Setelah kering tutup botol dengan rapat.

Pencucian wadah contoh:

Lakukan pencucian wadah contoh sebagai berikut:

- 1) Peralatan harus dicuci dengan deterjen dan disikat untuk menghilangkan partikel yang menempel di permukaan

- 2) Bilas peralatan dengan air bersih hingga seluruh deterjen hilang
 - 3) Bila peralatannya terbuat dari bahan non logam, maka cuci dengan asam HNO_3 1:1, kemudian dibilas dengan air bebas anal it;
 - 4) Biarkan peralatan mengering di udara terbuka
 - 5) Peralatan yang telah dibersihkan diberi label bersih-siap untuk pengambilan contoh.
- c. Volume contoh
- Volume contoh yang diambil untuk keperluan pengujian di lapangan dan laboratorium bergantung dari jenis pengujian yang diperlukan.
- d. Tipe contoh
- Beberapa tipe contoh air limbah:
- 1) Contoh sesaat (grab sample)
 - 2) Contoh gabungan waktu (composite samples)
 - 3) Contoh gabungan tempat (integrated samples)
 - 4) ontoh gabungan waktu dan tempat.
- e. Pemilihan lokasi pengambilan contoh
- Lokasi pengambilan contoh air limbah industri harus mempertimbangkan ada atau tidak adanya Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).
- Contoh harus diambil pada lokasi yang telah mengalami pencampuran secara sempurna.
- f. Penentuan lokasi pengambilan contoh
- Lokasi pengambilan contoh dilakukan berdasarkan pada tujuan pengujian, sebagai berikut:
- Untuk keperluan evaluasi efisiensi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).Contoh diambil pada lokasi sebelum dan setelah IPAL dengan memperhatikan waktu tinggal (waktu retensi).
- Titik lokasi pengambilan contoh pada inlet:
- Dilakukan pada titik pada aliran bertubulensi tinggi agar terjadi pencampuran dengan baik, yaitu pada titik dimana limbah mengalir pada akhir proses produksi menuju ke IPAL.
- Apabila tempat tidak memungkinkan untuk pengambilan contoh maka dapat ditentukan lokasi lain yang dapat mewakili karakteristik air limbah.

g. Titik lokasi pengambilan contoh pada outlet

Pengambilan contoh pada outlet dilakukan pada lokasi setelah IPAL atau titik dimana air limbah yang mengalir sebelum memasuki badan air penerima (sungai).

Untuk keperluan pengendalian pencemaran air

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

- 1) Pada perairan penerima sebelum tercampur limbah (upstream)
- 2) Pada saluran pembuangan air limbah sebelum ke perairan penerima
- 3) Pada perairan penerima setelah bercampur dengan air limbah (downstream), namun belum tercampur atau menerima limbah cair lainnya

h. Untuk industri yang belum memiliki IPAL

Air limbah industri dengan proses kontinyu berasal dari satu saluran pembuangan

Jika tidak terdapat bak ekualisasi

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

Jika terdapat bak ekualisasi

Pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (grab sampling).

Air limbah industri dengan proses batch berasal dari satu saluran pembuangan

Jika tidak terdapat bak equalisasi

Kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi, maka pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara komposit waktu dan proporsional pada saat pembuangan dilakukan.

Jika terdapat bak equalisasi

Pengambilan contoh dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah, dengan cara sesaat (grab sampling).

Air limbah industri dengan proses kontinyu berasal dari beberapa saluran pembuangan

Jika tidak terdapat bak equalisasi

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

Jika terdapat bak equalisasi

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

Air limbah industri dengan proses batch berasal dari beberapa saluran pembuangan

Jika tidak terdapat bak equalisasi

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

Jika terdapat bak equalisasi:

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

Untuk industri yang memiliki IPAL:

Lakukan pengambilan contoh pada saluran pembuangan air limbah sebelum ke perairan penerima.

CARA PENGAMBILAN CONTOH

Pengambilan contoh untuk pengujian kualitas air>

- 1) Siapkan alat pengambil contoh sesuai dengan saluran pembuangan;
- 2) Bilas alat dengan contoh yang akan diambil, sebanyak 3 (tiga) kali;
- 3) Ambil contoh sesuai dengan peruntukan analisis dan campurkan dalam penampung sementara, kemudian homogenkan;
- 4) Masukkan ke dalam wadah yang sesuai peruntukan analisis;
- 5) Lakukan segera pengujian untuk parameter suhu, kekeruhan dan daya hantar listrik, pH dan oksigen terlarut yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan;
- 6) asil pengujian parameter lapangan dicatat dalam buku catatan khusus

- 7) Pengambilan contoh untuk parameter pengujian di laboratorium dilakukan pengawetan.

CATATAN Untuk contoh yang akan di uji kandungan senyawa organiknya dan logam, hendaknya tidak membilas alat 3 kali dengan contoh air, tetapi digunakan wadah yang bersih dan siap pakai.

PENGAMBILAN CONTOH UNTUK PENGUJIAN OKSIGEN TERLARUT, Pengambilan contoh dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

Cara langsung:

- 1) Gunakan alat DO meter.
- 2) Cara pengoperasian alat, lihat petunjuk kerja alat.
- 3) Nilai oksigen terlarut dapat langsung terbaca.

Cara tidak langsung (Cara umum):

Pengukuran oksigen terlarut dilakukan dengan cara titrasi, sebagai berikut:

- 1) Siapkan botol KOB yang bersih dengan volume yang diketahui serta dilengkapi dengan tutup asah
- 2) 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;
- 3) Isi botol sampai penuh dan hindarkan terjadinya turbulensi dan gelembung udara selama pengisian, kemudian botol ditutup
- 4) contoh siap untuk dianalisa.

Cara tidak langsung (Cara khusus)

Tahapan pengambilan contoh dengan cara alat khusus, dilakukan sebagai berikut:

- 1) Siapkan botol KOB yang bersih dengan volume yang diketahui serta dilengkapi dengan tutup asah
- 2) Masukkan botol ke dalam alat khusus (lihat Gambar 3);
- 3) Ikuti prosedur pemakaian alat tersebut
- 4) Alat pengambil contoh untuk pengujian oksigen terlarut ini dapat ditutup segera setelah terisi penuh.

Pengambilan contoh untuk pengujian senyawa organik mudah menguap (Volatile Organic Compound, VOC). Tahapan pengambilan contoh untuk pengujian senyawa VOC, dilakukan sebagai berikut:

- 1) Selama melakukan pengambilan contoh untuk pengujian senyawa VOC, sarung tangan lateks harus terus dipakai, sarung tangan plastik atau sintetis tidak boleh digunakan;
- 2) Saat mengambil contoh untuk analisa VOC, contoh tidak boleh terkocok untuk menghindari aerasi, aerasi contoh akan menyebabkan hilangnya senyawa volatil dari dalam contoh;
- 3) Bila menggunakan alat bailer
 - a) Jangan menyentuh bagian dalam septa, buka vial VOC 40 mL dan masukkan contoh secara perlahan ke dalam vial hingga terbentuk convex meniscus di puncak vial
 - b) Tutup vial secara hati-hati dan tidak boleh ada udara dalam vial
 - c) Balikkan vial dan tahan
 - d) Bila terlihat gelembung dalam vial, contoh harus diganti dan ambil contoh yang baru.

CATATAN Contoh VOC biasanya dibuat dalam dua atau tiga buah contoh, tergantung kebutuhan laboratorium; ulangi pengambilan contoh bila diperlukan.

Pengambilan contoh untuk pengujian senyawa aromatik dan akrolein dan akrilonitril

Tahapan pengambilan contoh untuk pengujian senyawa aromatik dan akrolein dan akrilonitril, dilakukan sebagai berikut:

- 1) Lakukan pengambilan contoh seperti pada butir 8.3 untuk pengujian senyawa aromatik, tetapi vialnya hanya diisi setengah dan sisanya ditambahkan dengan asam dalam jumlah yang diperlukan;
- 2) Untuk pengujian senyawa akrolein dan akrilonitril contoh diatur hingga pH 4 – 5.
- 3) ontoh akrolein dan akrilonitril harus dianalisa dalam waktu 3 hari setelah pengambilan contoh.

Pengambilan contoh untuk pengujian senyawa organik yang dapat diekstraksi

Tahapan pengambilan contoh untuk pengujian senyawa organik yang dapat diekstraksi, dilakukan sebagai berikut:

- 1) Ambil contoh dengan menggunakan bailer
- 2) Buka tutup botol gelas 1000 mL secara hati-hati agar tidak menyentuh bagian dalam dari tutup
- 3) Isi botol hingga 1 cm dari puncak botol
- 4) Bila satu bailer tidak cukup untuk mengisi botol, tutup botol untuk menghindari kontaminasi contoh dan ambil lagi contoh, dan lanjutkan pengisian botol
- 5) Bila contoh memerlukan analisa pestisida, pH contoh harus diatur antara pH 5 – 9 dengan menggunakan H_2SO_4 atau $NaOH$.

Pengambilan contoh untuk pengujian total logam dan terlarut

Tahapan pengambilan contoh untuk pengujian total logam dan terlarut, dilakukan sebagai berikut:

- 1) Bilas botol contoh dan tutupnya dengan contoh yang akan dianalisa;
- 2) Buang air pembilas dan isi botol dengan sampel hingga beberapa cm di bawah puncak botol agar masih tersedia ruang untuk menambahkan pengawet dan melakukan pengocokan.

CATATAN Pengambilan contoh untuk pengujian logam terlarut, lakukan penyaringan contoh.

I. PENGUJIAN PARAMETER LAPANGAN

Pengujian parameter lapangan yang dapat berubah dengan cepat, dilakukan langsung setelah pengambilan contoh. Parameter tersebut antara lain; pH (SNI 06-6989.11-2004), suhu (SNI 06-6989.23-2005), daya hantar listrik (SNI 06-6989.1-2004), alkalinitas (SNI 06- 2420-1991), asiditas (SNI 06-2422-1991) dan oksigen terlarut (SNI 06-6989.14-2004).

Penyaringan contoh

Bila analisis tidak dapat segera dilakukan, maka perlu dilakukan penyaringan di lapangan untuk pemeriksaan parameter yang terlarut. Cara penyaringan dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Contoh yang akan disaring diambil sesuai keperluannya
2. Masukkan contoh tersebut ke dalam alat penyaring yang telah dilengkapi saringan yang mempunyai ukuran pori 0,45 μm dan saring sampai selesai;

3. Air saringan ditampung dalam wadah yang telah disiapkan sesuai keperluannya.
Pengawetan contoh:

Pengawetan contoh dilakukan apabila pemeriksaan tidak dapat langsung dilakukan setelah pengambilan contoh.

Jaminan mutu dan pengendalian mutu:

Jaminan mutu

1. Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
2. Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
3. Dikerjakan oleh petugas pengambil contoh yang kompeten.

Pengendalian mutu

Untuk menjamin kelayakan pengambilan contoh maka kemampuan melacak seluruh kejadian selama pelaksanaan pengambilan contoh harus dijamin.

Kontrol akurasi dapat dilakukan dengan beberapa cara berikut ini: Contoh split

1. Contoh terbelah diambil dari satu titik dan dimasukkan ke dalam wadah yang sesuai.
2. Contoh dicampur sehomogen mungkin serta dipisahkan ke dalam dua wadah yang telah disiapkan.
3. Ke dua contoh tersebut diawetkan dan mendapatkan perlakuan yang sama selama perjalanan dan preparasi serta analisa laboratorium.

Contoh duplikat

1. Contoh diambil dari titik yang sama pada waktu yang hampir bersamaan.
2. Bila contoh kurang dari lima, contoh duplikat tidak diperlukan.
3. Bila contoh diambil 5 contoh sampai dengan 10 contoh, satu contoh duplikat harus diambil.
4. Bila contoh diambil lebih dari 10 contoh, contoh duplikat adalah 10% per kelompok parameter matrik yang diambil.

Contoh blanko:

1. Blanko media
 - a. Digunakan untuk medeteksi kontaminasi pada media yang digunakan dalam pengambilan contoh (peralatan pengambilan atau wadah).
 - b. Peralatan pengambilan, sedikitnya satu blanko peralatan harus tersedia untuk setiap dua puluh) contoh per kelompok parameter untuk matrik yang sama.

- c. Wadah, salah satu wadah yang akan digunakan diambil secara acak kemudian diisi dengan media bebas analit dan dibawa ke lokasi pengambilan contoh. Blanko tersebut kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.
2. Blanko perjalanan
 - a. Blanko digunakan apabila contoh yang diambil bersifat mudah menguap.
 - b. Sekurang-kurangnya satu blanko perjalanan disiapkan untuk setiap jenis contoh yang mudah menguap.
 - c. Berupa media bebas analit yang disiapkan di laboratorium.
 - d. Blanko dibawa ke lokasi pengambilan, ditutup selama pengambilan contoh dan dibawa kembali ke laboratorium.

Pelaporan:

Catat pada lembar data jaminan mutu untuk setiap parameter yang diukur dan contoh yang diambil, lembar data parameter yang diukur di lapangan harus memiliki informasi sekurang-kurangnya sebagai berikut:

1. Identifikasi contoh.
2. Tanggal.
3. Waktu.
4. Nama Petugas Pengambil Contoh (PPC).
5. Nilai parameter yang diukur di lapangan.
6. Analisa yang diperlukan.
7. Jenis contoh (misalnya contoh, contoh split, duplikat atau blanko).
8. Komentar dan pengamatan.

BAB IV

KONSEP MIKROBIOLOGI TANAH

A. LATAR BELAKANG

Mikrobiologi Tanah. Tanah dihuni oleh mikroorganisme diantaranya bakteri dan jamur yang sangat mempengaruhi kesuburan tanah. Mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah memiliki aspek penting dalam pembentukan suatu ekosistem. Selain itu mikroorganisme juga berperan atas pelapukan bahan organik dan daur ulang unsur hara, sehingga mempunyai pengaruh terhadap sifat kimia dan fisik tanah.

Mikroorganisme tanah ada yang menguntungkan dan merugikan. Beberapa mikroba tanah yang hidup di sekitar perakaran tanaman memiliki peranan dalam memperbaiki kualitas tanah. Mikroba yang digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah biasa dikenal dengan pupuk hayati yang hidup berasosiasi dengan akar tanaman.

Salah satu mikroba tanah yang menguntungkan adalah fungi mikoriza arbuskula (FMA). Pemanfaatan FMA memberikan pengaruh yang menguntungkan bagi peningkatan status nutrisi tanaman dan kemampuan tanaman untuk dapat bertahan pada kondisi stress lingkungan sehingga simbiosis ini menjadi salah satu kunci untuk pertanian yang berkelanjutan. Manfaat ini bervariasi tergantung strain FMA yang digunakan pada saat inokulasi dan pemilihan FMA yang efektif yang sesuai dengan kondisi lingkungan akan memberikan respon asosiasi yang positif. Penggunaan mikoriza di pembibitan kopi dapat menjadi teknologi yang menjanjikan untuk produksi kopi yang sehat dan plantlet kopi yang kuat, sehingga meningkatkan kelangsungan hidup setelah transplantasi di lapangan. Namun pengetahuan tentang peran dan manfaat mikoriza masih jarang

Mikrobiologi lingkungan adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari interaksi antara mikroorganisme, bumi, dan atmosfer. Mikrobiologi lingkungan membahas antara lain mikrobiologi tanah dan udara, mikrobiologi limbah, dan mikrobiologi akuatik. Mikrobiologi lingkungan diterapkan pada bidang pertanian, industri, perikanan, kesehatan, dan lain sebagainya.

Subjek utama mikrobiologi lingkungan adalah mikroorganisme. Mikroorganisme merupakan makhluk hidup terkecil di bumi, namun memegang peranan penting bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Banyak sekali tipe mikroba di bumi. Kita hanya mengetahuinya tidak lebih dari 1% dari jumlah spesies mikroba di bumi. Mikroba

berada di sekeliling kita, di udara, tanah, dan air. Dalam satu gram tanah terdapat 1 miliar mikroba yang terdiri dari ribuan spesies.

B. PENGERTIAN TANAH

Tanah adalah tempat hidup bakteri-bakteri penting. Mikroorganisme tanah dapat menguraikan zat beracun yang berasal dari polusi. Hal ini menjadi dasar bioremediasi, yaitu penggunaan mikroorganisme untuk mendetoksifikasi dan menguraikan zat berbahaya dalam lingkungan atau struktur tanah ketersediaan hara, dan menahan kapasitas air semuanya dipengaruhi oleh, atau tergantung pada, mikroorganisme tanah. Semua mikroorganisme tersebut adalah biota tanah yang berfungsi di ekosistem bawah tanah di akar tumbuhan dan sampah sebagai sumber makanan.

Penyinaran (radiasi) dari matahari berpengaruh besar terhadap kehidupan mikroorganisme di dalam tanah. Partikel tanah, elemen-elemen, pH, udara, air, sinar adalah komponen-komponen anorganik, mereka merupakan faktor-faktor alam. Di dalam tanah terdapat juga hancuran dari sisa makhluk hidup, yang mana bagian-bagian ini merupakan komponen-komponen organik.

Tanah yang mempunyai nilai produktivitas yang tinggi, tidak hanya terdiri dari bagian padat, cair dan udara saja, tetapi harus ada jasad hidup yang merupakan organisme hidup. Sebaliknya aktivitas organisme tanah dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu :

1. Iklim organisme tanah lebih banyak ditemui jumlah (populasi) nya dan keragamannya pada tanah didaerah yang mempunyai curah hujan dan temperatur yang tinggi dibandingkan di daerah yang mempunyai curah hujan dan temperatur rendah.
2. Tanah tingkat kemasaman, kandungan hara dan umur tanah dapat mempengaruhi organisme dalam tanah. Bakteri lebih banyak ditemui pada daerah yang berkemasaman sedang (normal), sedangkan jamur/cendawan lebih banyak pada tanah yang kemasaman rendah (masam). Tanah-tanah yang diberi kapur dan pupuk, umumnya lebih banyak populasi organismenya. Pada tanah perawan, populasi dan keragaman organisme-nya lebih banyak dibandingkan pada tanah-tanah tua.
3. Vegetasi pada lokasi tanah-tanah hutan ditemui organisme yang lebih banyak dan lebih beragam dibandingkan pada lokasi padang rumput.

Di permukaan tanah terdapat mikroorganisme dalam jumlah dan variasi yang banyak. Hal tersebut karena permukaan tanah mengandung banyak sumber makanan dari tumbuhan dan hewan. Biota tanah membentuk sistem berdasarkan energi dan nutrisi yang dihasilkan dari proses dekomposisi tumbuhan dan hewan. Dekomposer primer adalah bakteri dan jamur.

Mikroorganisme seperti alga dan lumut kerak adalah koloni yang menghuni permukaan batu. Kolonisasi organisme ini merupakan proses awal pembentukan tanah yang diperlukan oleh tumbuhan tingkat tinggi melalui proses dekomposisi oleh decomposer.

Dekomposer mengurai, mendaur ulang energi, karbon, dan nutrisi dalam tumbuhan dan hewan mati menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Oleh karena itu, mikroorganisme memegang peran penting dalam proses kehidupan di bumi. Perubahan bentuk elemen dalam proses dekomposisi dijabarkan pada siklus elemen.

C. PERAN MIKROORGANISME DALAM TANAH

Mikroorganisme terdapat pada tanah yang subur. Mengapa sampai mikroorganisme berperan dalam menentukan tanah yang subur? Alasannya adalah karena:

1. Mikroorganisme Pemantap Agregat

Stabilitas agregat pada umumnya meningkat dengan makin banyaknya jumlah mikroorganisme. Hal ini dapat dilihat dari penambahan jumlah bakteri (*Azotobacter chroococcum* dan *Pseudomonas sp.*) dan ragi (*Lypomyces starkeyi*) yang ternyata meningkatkan stabilitas agregat terhadap kekuatan air. Sebaliknya tanah yang ditambah jenis jamur (*Mucor hiemalis*) menunjukkan hasil yang berbeda. Berbeda dengan kasus jamur , dengan adanya jamur perekatan ini tidak terjadi, karena hifa jamur akan menghalangi kontak antara partikel tanah dengan bakteri disekelilingnya. Namun dalam kondisi yang lain, hifa jamur dapat melindungi agregat primer yang dibentuk oleh perekatan bakteri untuk membentuk agregat sekunder. Di alam, bahan perekat yang dijumpai jarang yang berupa mikroorganisme saja, tetapi umumnya berkombinasi dengan ikatan asam organik.

2. Mikroorganisme Pendorong Serapan Hara

Pemanfaatan mikroorganisme tanah untuk meningkatkan efisiensi serapan hara oleh akar tanaman pada umumnya melalui peningkatan kelarutan unsur hara

yang dibutuhkan tanaman baik yang berasal dari pupuk maupun yang berasal dari mineral tanah dan atau peningkatan kemampuan akar menyerap hara. Hal ini berkaitan dengan bakteri pelarut hara dan yang berkaitan dengan jamur mikoriza. *Pseudomonas sp.* dan *Bacillus sp.* adalah jenis bakteri yang mampu meningkatkan kelarutan fosfat dalam tanah. Jenis yang pertama mampu mengakumulasi nitrit, sehingga dapat meracuni tanaman. *Pseudomonas fluorescens-putida* mampu membentuk koloni di rhizosfer dengan cepat sehingga dapat meningkatkan hasil kentang, bit gula dan lobak sebanyak 144 %. Pada tanaman kedelai kombinasi antara *Pseudomonas putida* dan *Azospirillum sp.* meningkatkan serapan N dan P. Pemberian bakteri pelarut fosfat juga meningkatkan laju pertumbuhan bibit lamtoro, meningkatkan ketersediaan fosfat pada tanah ber pH tinggi >7 dan kadar P tanah tersedia tinggi (95 ppm).

D. MIKROORGANISME TANAH YANG MENGUNTUNGKAN

Peran mikroorganisme tanah yang menguntungkan contohnya dalam proses biogeokimia sebagai berikut:

1. SIKLUS KARBON

Pada siklus karbon, mikroorganisme mengubah sisa-sisa jasad tumbuhan dan hewan menjadi karbon dioksida dan bahan organik tanah yang disebut humus. Humus meningkatkan kapasitas tanah untuk menampung air, menyediakan nutrisi bagi tumbuhan, dan mendukung pembentukan tanah. Tahap pertama dalam siklus karbon (fotosintesis) CO bergabung didalam senyawa-senyawa organik oleh jasad fotoautotrof seperti tumbuhan hijau, algae, dan bakteri. Tahap berikutnya pada siklus ini, kemoautotrof yang menggunakan senyawa-senyawa organik. Hewan-hewan memakan jasad fotoautotrof terutama tumbuhan hijau dan binatang lain, sehingga dengan peristiwa makan memakan inilah terjadi transfer karbon dioksida dari jasad yang satu ke jasad yang lain. Bakteri yang berperan dalam siklus ini yaitu *Metylococcus* yang menoksidasi metan menjadi karbon.

2. SIKLUS NITROGEN

Nitrogen merupakan salah satu unsure yang diperlukan oleh semua jasad hidup untuk sintesis. Pada siklus nitrogen terjadi beberapa reaksi/proses yaitu:1)

amonifikasi, 2) nitrifikasi 3) denitrifikasi, 4) fiksasi nitrogen. Mikroorganisme yang berperan dalam proses fiksasi nitrogen seperti *Azotobact.*, *er*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Rhodospirillum*, *Chlorobium*, *Cyanobacteria*. Populasi tertinggi ditemukan adalah *Rhizobium sp.* Mikroorganisme tanah berperan dalam siklus nitrogen. Atmosfir mengandung 80% nitrogen (N_2), yaitu bentuk nitrogen yang hanya dapat digunakan oleh tumbuhan jika diubah dalam bentuk amonia (NH_3). Perubahan bentuk menjadi amonia dilakukan oleh bakteri tanah melalui proses fiksasi N_2 atau oleh manusia (dengan menggunakan pupuk). Hampir semua nitrogen yang terdapat dalam tanah berada dalam molekul-molekul organik, terutama dalam molekul-molekul protein. Yang terkandung dalam jasad hidup. Jika jasad hidup mati maka terjadi proses perombakan molekul protein menjadi asam-asam amino. Bakteri tanah juga terlibat dalam proses denitrifikasi yang mengembalikan oksigen ke atmosfer dengan mengubah NO_3 menjadi N_2 atau gas N_2O .

E. JENIS-JENIS DAN FUNGSI MIKROORGANISME DALAM TANAH

1. BAKTERI

Bakteri dapat dibedakan menjadi dua yaitu autotroph dan heterotroph. Autotroph yaitu bakteri yang menghasilkan makanannya sendiri dari bahan anorganik, misalnya melalui proses fotosintesis. Heterotroph yaitu bakteri yang mendapatkan makanannya dari bahan organik yang telah ada. Beberapa jenis bakteri dalam tanah seperti *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Agrobacterium*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*.

2. JAMUR

Jamur adalah tubuhan yang tidak mempunyai klorofil sehingga bersifat heterotrof. Beberapa jamur yang biasa ditemukan pada tanah diantaranya adalah *Penicillium sp.*, *Trichoderma harzianum.*, *Rhizopus sp.*, *Humicola sp.*, *Fusarium sp.*, *Phytophthora infestans.*, dan *Aspergillus sp.* Jamur tanah merupakan salah satu mikroorganisme yang paling banyak ditemui di tanah. Kebanyakan jamur patogen terhadap tanaman. Spesies *Aspergillus* merupakan jamur yang umum ditemukan di tanah. Meskipun terdapat lebih dari 100 spesies, jenis yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia ialah *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, dan *Aspergillus fumigatus* yang semuanya menular

dengan transmisi inhalasi. Umumnya *Aspergillus* akan menginfeksi paru-paru. *Aspergillus* dapat menyebabkan banyak penyakit pada manusia, bisa jadi akibat reaksi hipersensitivitas atau invasi langsung. Penyakit yang ditimbulkan diantaranya adalah aflatoxicosis, aspergillosis, dan aspergillosis.

Peran ekologi jamur yaitu berperan dalam dinamika air/drainase, siklus hara dan pengendalian penyakit, bersama dengan bakteri, jamur berperan penting dalam proses dekomposisi pada rantai makanan tanah, jamur dapat mengkonversi bahan aorganik menjadi bahan yang dapat dimanfaatkan oleh organisme lain, hifa jamur secara fisik berfungsi sebagai perekat pada agregat tanah sehingga dapat memperbaiki stabilitas agregat tanah yang dapat meningkatkan infiltrasi dan kapasitas menahan air. Patogen atau parasit dari jamur yaitu menyebabkan produksi tanaman menurun atau mati jika mengkoloni akar dan dapat menyebabkan kematian pada organisme lain, peran positifnya dapat mengeliminir hama tanaman tertentu sehingga dapat dipakai untuk pengendalian hama dan penyakit secara biologi.

3. ALGA

Alga (jamak *Algae*) adalah sekelompok organisme autotrof yang tidak memiliki organ dengan perbedaan fungsi yang nyata. Alga mempunyai klorofil dan terdiri dari green algae, blue green algae, yellow green algae, dan diatomeae. Berkembang biak pada tanah yang subur. Pada tanaman padi sawah alga membantu mempertahankan jumlah N dalam tanah dengan mengikat N yang ada di udara.

Ganggang tanah dibagi menjadi tiga golongan umum: Hijau-biru, Hijau, Diatome

4. PROTOZOA

Protozoa merupakan hewan bersel satu yang memakan bakteri, sehingga dapat menghambat daur ulang unsur hara atau menghambat berbagai proses dalam tanah yang melibatkan bakteri. Habitatnya lingkungan berair/kelembaban tinggi, paling banyak dijumpai pada tanah terutama pada tanah dengan tekstur kasar dan kandungan liat yg tinggi. Peranannya dalam kesuburan tanah merupakan penyuply nitrogen (di rizosfer) dalam tanah, mengatur/menstimulir populasi bakteri “dekomposisi dan agregasi tanah dan organisme pathogen.

Fungsi Protozoa:

- a. Protozoa membantu mengisikan dgn mineral nutrisi, yang membuat mereka tersedia untuk digunakan oleh tanaman dan organisme tanah yang lain.
- b. Protozoa mengatur populasi bakteri saat mereka merumput di bakteri dan tampaknya untuk merangsang pertumbuhan populasi bakteri.
- c. Protozoa merupakan sumber makanan bagi organisme tanah yang lain.
- d. Mereka membantu untuk menekan penyakit dengan memberi makan pada patogen.

F. FUNGSI MIKROORGANISME DALAM TANAH

Mikroorganisme penyubur tanah yang sering digunakan dalam bidang pertanian antara lain adalah:

1. Bakteri Fiksasi Nitrogen

Hara N sebenarnya tersedia melimpah di udara kurang lebih 74%. Namun, N udara tidak dapat langsung diserap oleh tanaman. Tidak ada satupun tanaman yang dapat menyerap N dari udara. N harus difiksasi/ditambat oleh mikroba tanah dan diubah bentuknya menjadi tersedia bagi tanaman. Mikroba penambat N ada yang bersimbiosis dengan tanaman dan ada pula yang hidup bebas di sekitar perakaran tanaman.

Berbagai jenis bakteri fiksasi N_2 secara hayati, antara lain terdiri atas rhizobia, sianobakter (ganggang hijau biru), bakteri foto-autotrofik pada air tergenang dan permukaan tanah, dan bakteri heterotrofik dalam tanah dan zona akar. Bakteri fiksasi N_2 yang hidup bebas pada daerah perakaran dan jaringan tanaman padi, seperti *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae*, *Bacillus*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, dan *Herbaspirillum* telah terbukti mampu melakukan fiksasi N_2 . Bakteri fiksasi N_2 pada rizosfer tanaman gramineae, seperti *Azotobacter* paspali dan *Beijerinckia* spp., termasuk salah satu dari kelompok bakteri aerobik yang mengkolonisasi permukaan akar. Kelompok prokariotik fotosintetik, seperti sianobakter, mampu mempertahankan kesuburan ekosistem pada kondisi alami lahan pertanian melalui kemampuannya mengikat N_2 .

Bakteri fiksasi N_2 yang hidup bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan (rhizobia) disebut juga sebagai bakteri bintil akar (root nodulating bacteria). Pemanfaatan rhizobia sebagai inokulan pupuk hayati dapat meningkatkan

ketersediaan N bagi tanaman, yang dapat mendukung peningkatan produktivitas tanaman kacang-kacangan. Keefektifan inokulasi rhizobia dipengaruhi oleh kesesuaian inokulan rhizobia dengan jenis dan varietas tanaman dan jenis tanah yang diinokulasi, serta dipengaruhi oleh factor kompetisi dengan rhizobia indigenous.

2. Mikroba Pelarut Fosfat

Mikroba tanah lain yang berperan di dalam penyediaan unsur hara tanaman adalah mikroba pelarut fosfat (P) dan kalium (K). Tanah-tanah yang lama diberi pupuk superfosfat (TSP/SP 36) umumnya kandungan P-nya cukup tinggi (jenuh). Namun, hara P ini sedikit/tidak tersedia bagi tanaman, karena terikat pada mineral liat tanah yang sukar larut.

Berbagai spesies mikroba pelarut P, antara lain *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Penicillium*, *Sclerotium*, *Fusarium*, dan *Aspergillus*, berpotensi tinggi dalam melarutkan P terikat menjadi P tersedia dalam tanah. Mekanisme pelarutan P dari bahan yang sukar larut terkait erat dengan aktivitas mikroba bersangkutan dalam menghasilkan enzim fosfatase dan fitase dan asam-asam organik hasil metabolisme seperti asetat, propionat, glikolat, fumarat, oksalat, suksinat, dan tartrat, sitrat, laktat, dan ketoglutarat.

Mekanisme pelarutan P yang terikat dengan Fe (ferric phosphate) pada tanah sawah terjadi melalui peristiwa reduksi, sehingga Fe dan P menjadi tersedia bagi tanaman. Proses utama pelarutan senyawa fosfat-sukar larut karena adanya produksi asam organik dan sebagian asam anorganik oleh mikroba yang dapat berinteraksi dengan senyawa P-sukar larut dari kompleks Al-, Fe-, Mn-, dan Ca-. Kemampuan cendawan melarutkan P lebih besar dibanding bakteri. Cendawan dapat melarutkan P hingga dua kali pada pH 4,6-2,9, dan bakteri sekitar 1,5 kali pada pH 6,5-5,1.

3. MIKORIZA

Mikoriza berperan meningkatkan serapan P dan unsur mikro Zn, Cu, dan Fe. Hal ini terjadi melalui percepatan pertumbuhan akar dengan adanya simbiosis jamur tersebut. Mikoriza memiliki struktur hifa yang menjalar luas ke dalam tanah, melampaui jauh jarak yang dapat dicapai oleh rambut akar. Pada saat P berada di sekitar rambut akar, maka hifa membantu menyerap P di tempat-tempat yang tidak dapat lagi dijangkau rambut akar. Daerah akar bermikoriza

tetap aktif dalam mengabsorpsi hara untuk jangka waktu yang lebih lama dibandingkan dengan akar yang tidak bermikoriza.

Berbagai tanaman berbeda ketergantungannya terhadap mikoriza. Pada umumnya hubungan simbiosis antara tanaman dan cendawan mikoriza tidak bersifat spesifik, tetapi memiliki spektrum yang luas. Sebagai contoh, 10 spesies cendawan mikoriza dapat mengkolonisasi dan efektif pada jagung dan kedelai. Tanaman dengan akar besar lebih tergantung pada mikoriza daripada tanaman dengan sistem akar yang memiliki rambut akar banyak dan panjang. Cendawan mikoriza dapat bersimbiosis dengan tanaman pangan, hortikultura, kehutanan, dan perkebunan.

4. BAKTERI PEREDUKSI SULFAT

Degradasi bahan organik di lingkungan anerob dapat terjadi melalui proses reduksi sulfat. Reduksi sulfat hampir mencapai 100% dari total emisi CO₂ dari sediment mangrove. Bakteri pereduksi sulfat yang terdiri atas *Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum*, *Desulfosarcina*, dan *Desulfococcus* mempunyai kemampuan memetabolisme senyawa sederhana, seperti laktat, asetat, propionat, butirat, dan benzoat.

Perkembangan populasi bakteri pereduksi sulfat terhambat pada ketersediaan sulfat di ambang batas 2-10 µM per liter. Ketersediaan Fe dan P dalam sedimen mangrove bergantung pada aktivitas bakteri pereduksi sulfat. Pada saat sulfat direduksi oleh bakteri pereduksi sulfat maka senyawa sulfur H₂S dan HS akan diproduksi dan bereaksi dengan Fe. Fe direduksi dari Fe(III) menjadi Fe(II), yang akan menghasilkan pirit (FeS₂) dan melepas P terlarut. Bakteri pereduksi sulfat merupakan perombak bahan organik utama dalam sedimen anaerob, dan berperan penting dalam mineralisasi sulfur organik dan produksi Fe dan P mudah larut.

5. MIKROORGANISME PENGHASIL ZAT PEMACU TUMBUH

Beberapa spesies bakteri rizosfer (di sekitar perakaran) yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman sering disebut Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) atau Rhizobakteria Pemacu Pertumbuhan Tanaman (RPPT). RPPT terdiri atas genus *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Bacterium*, *Mycobacterium*, dan *Pseudomonas*.

Kelompok mikroba yang mampu menghasilkan hormon tanaman, antara lain: *Pseudomonas* sp dan *Azotobacter* sp. Bakteri pemacu tumbuh secara langsung

memproduksi fitohormon yang dapat menginduksi pertumbuhan. Metabolit yang dihasilkan selain berupa fitohormon, juga antibiotik, siderofor, sianida, dan sebagainya. Fitohormon atau hormon tumbuh yang diproduksi dapat berupa auksin, giberelin, sitokinin, etilen, dan asam absisat.

Bakteri pemacu tumbuh secara tidak langsung juga menghambat patogen melalui sintesis senyawa antibiotik, sebagai kontrol biologis. Beberapa jenis endofitik bersimbiosis mutualistik dengan tanaman inangnya dalam meningkatkan ketahanannya terhadap serangga hama melalui produksi toksin, di samping senyawa anti mikroba seperti fungi *Pestalotiopsis microspora*, dan *Taxus walkchiana* yang memproduksi taxol (zat antikanker).

6. MIKROBA PEROMBAK BAHAN ORGANIK

Mikroorganisme perombak bahan organik atau biodekomposer adalah mikroorganisme pengurai serat, lignin, dan senyawa organik yang mengandung nitrogen dan karbon dari bahan organik (sisa-sisa organik dari jaringan tumbuhan atau hewan yang telah mati). Mikroba perombak bahan organik terdiri atas *Trichoderma reesei*, *T. harzianum*, *T. koningii*, *Phanerochaeta cryosporium*, *Cellulomonas*, *Pseudomonas*, *Thermospora*, *Aspergillus niger*, *A. terreus*, *Penicillium*, dan *Streptomyces*. Fungi perombak bahan organik umumnya mempunyai kemampuan yang lebih baik dibanding bakteri dalam mengurai sisa-sisa tanaman (hemiselulosa, selulosa dan lignin). Umumnya mikroba yang mampu mendegradasi selulosa juga mampu mendegradasi hemiselulosa. Kelompok fungi menunjukkan aktivitas biodekomposisi paling nyata, yang dapat segera menjadikan bahan organik tanah terurai menjadi senyawa organik sederhana, yang berfungsi sebagai penukar ion dasar yang menyimpan dan melepaskan hara di sekitar tanaman.

Mikroba perombak bahan organik secara alami atau sengaja diinokulasikan untuk mempercepat pengomposan dan meningkatkan mutu kompos. Jumlah dan jenis mikroorganisme turut menentukan keberhasilan proses dekomposisi atau pengomposan. Di dalam ekosistem, mikroorganisme perombak bahan organik memegang peranan penting karena sisa organik yang telah mati diurai menjadi unsur-unsur yang dikembalikan ke dalam tanah dalam bentuk hara mineral N, P, K, Ca, Mg, dan atau dalam bentuk gas yang dilepas ke atmosfer berupa CH₄ atau CO₂. Dengan demikian terjadi siklus hara yang berjalan

secara alamiah, dan proses kehidupan di muka bumi dapat berlangsung secara berkelanjutan.

Beberapa enzim yang terlibat dalam perombakan bahan organik antara lain adalah β -glukosidase, lignin peroksidase (LiP), manganese peroksidase (MnP), dan lakase, selain kelompok enzim reduktase yang merupakan penggabungan dari LiP dan MnP, yaitu enzim versatile peroksidase. Enzim-enzim ini dihasilkan oleh *Pleurotus eryngii*, *P. ostreatus*, dan *Bjerkandera adusta*. Selain mengurai bahan berkayu, sebagian besar fungi menghasilkan zat yang bersifat racun, sehingga dapat dipakai untuk menghambat pertumbuhan/perkembangan organisme pengganggu, seperti beberapa strain *T. harzianum* yang merupakan salah satu anggota Ascomycetes. Apabila kebutuhan karbon (C) tidak tercukupi, fungi tersebut akan menghasilkan racun yang dapat menggagalkan penetasan telur nematoda. *Meloidogyn javanica* (penyebab bengkok akar), sedangkan bila kebutuhan C tercukupi akan bersifat parasit pada telur atau larva nematoda tersebut. Fungi Zygomycetes (Mucorales) sebagian besar berperan sebagai pengurai amylum, protein, lemak, dan hanya sebagian kecil yang mampu mengurai selulosa dan khitin. Inokulan perombak bahan organik telah tersedia secara komersial dengan berbagai nama, seperti EM-4, Starbio, M-Dec, Stardek, dan Orgadek.

7. JENIS MIKROBA PENYUBUR TANAH LAINNYA

- a. *Azotobacter* SP berfungsi untuk melindungi atau menyelimuti hormon tumbuhan dan juga berfungsi sebagai mikroba penambat N (nitrogen) dari udara bebas.
- b. *Azoosporilium* SR berfungsi sebagai penambat N (nitrogen) dari udara bebas untuk diserap oleh tanaman.
- c. Selulolitik Menghasilkan enzim selulose yang berguna dalam proses pembusukan bahan organik.
- d. Rill kroba Pelarut Fosfat berfungsi untuk melarutkan fosfat yang terikat dalam mineral Hat tanah menjadi senyawa yang mudah diserap oleh tanaman, selain itu dapat membantu proses dekomposisi.
- e. *Pseudomonas* sp dapat menghasilkan enzim pengurai yang disebut lignin berfungsi juga untuk memecah mata rantai dari zat-zat kimia yang tidak dapat terurai oleh mikroba lainnya.

- f. Nitrosococcus merupakan bakteri yang memiliki metabolisme berbasis oksigen. Berperan dalam proses penambahan kesuburan tanah (membentuk humus).
- g. Nitrosomonas merupakan sebuah bakteri berbentuk batang yang terdiri dari genus chemoautotrophic. berperan dalam proses nitrifikasi menghasilkan ion nitrat yang dibutuhkan tanaman

G. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI MIKROORGANISME DALAM TANAH

Pada umumnya biomassa kebanyakan kelompok mikroorganisme menurun jumlahnya dengan meningkatnya kedalaman tanah, kecuali pada gambut. Setiap spesies mikroorganisme mempunyai persyaratan tertentu untuk pertumbuhannya dan jika lingkungannya tidak sesuai, pertumbuhan atau aktivitasnya akan menurun sehingga mempengaruhi total populasinya.

1. Temperatur

Berdasar temperatur mikroorganisme terbagi atas golongan psikrofil (<50C optimum serupa mesofil), mesofil (optimum antara 250C dan 370C) dan termofil (optimum antara 550C dan 650C)

2. Tekanan Osmotik

Pada umumnya mikroorganisme mempunyai daya adaptasi yang cukup terhadap tekanan osmotik dari lingkungan hidupnya. Protoplasma mikroorganisme yang normal mempunyai kadar solute yang lebih tinggi dari tekanan osmotik lingkungan hidupnya. Kadaan ini menyebabkan kecenderungan air masuk ke sel, sehingga turgor sel dapat dipertahankan.

3. Tegangan Permukaan

Hal ini berkaitan dengan kelembaban dimana distribusi mikroorganisme dalam tanah tidak merata dan terutama terdapat pada bagian organik dari partikel tanah yang mengandung cukup air. Dalam hal ini bahan organik sebagai sumber nutrisi dan air berfungsi dalam metabolisme mikroorganisme (transpor nutrisi dari luar sel ke dalam sel dan untuk proses metabolisme). Di dalam tanah, mikroorganisme umumnya aktif pada kelembaban > 15 bar (kapasitas lapang 1/3 bar, titik layu 15 bar). Beberapa mikroorganisme yang termasuk fungi dan khamir dapat tumbuh pada tekanan 70 bar.

4. Fenomena Adsorpsi

Partikel liat sering berukuran sama dengan ukuran bakteri, bahkan liat bisa lebih kecil. Bakteri dan liat mempunyai muatan sehingga keduanya dapat berinteraksi, sebab muatan pada sel dan liat terpolarisasi atau diperantarai oleh ion metal.

5. Air

Air mempengaruhi aktivitas mikroorganisme sebab air merupakan komponen utama dari protoplasma. Air yang berlebih akan membatasi pertukaran gas sehingga menurunkan suplay O₂, lingkungan akan menjadi anaerob.

6. pH

pH mempengaruhi tidak saja aktivitas mikroorganisme tetapi juga keragaman spesiesnya. *Streptomyces* (*Actinomycetes*) tidak akan tumbuh pada pH < 7,5. Pada umumnya kebanyakan mikroorganisme tumbuh optimum pada kisaran pH 6 – 8. Meskipun demikian mikroorganisme juga masih dapat tumbuh dengan baik diluar kisaran pH tersebut. Fungi umumnya lebih tahan terhadap pH masam, bakteri belerang dapat tumbuh pada pH 0 – 1, sebaliknya *Actinomycetes* sangat peka terhadap pH < 5.

7. Nutrien (hara)

Terjadinya perubahan nutrien dapat menyebabkan perubahan komponen sel (RNA), protein dan kecepatan tumbuh (medium kaya, medium miskin).

H. KONSEP MIKROBIOLOGI TANAH

1. Pengaruh Organisme Terhadap Lingkungan Tanah

Organisme tanah atau disebut juga biota tanah merupakan semua makhluk hidup baik hewan (fauna) maupun tumbuhan (flora) yang seluruh atau sebagian dari fase hidupnya berada dalam sistem tanah. Tanah menyimpan milyaran organisme di dalamnya. Selain makhluk hidup yang tampak secara kasat mata, di dalam tanah juga terdapat milyaran organisme yang tinggal di dalamnya. Organisme tanah pada umumnya berada pada lapisan tanah bagian atas, kurang lebih 10 cm di bawah permukaan tanah. Aktivitas biologis yang ada di tanah 80-100% dilakukan oleh jamur dan bakteri. Beberapa contoh mikroorganisme dalam tanah antara lain sebagai berikut :

No	Jenis Mikroorganisme	Peran dan Fungsi	Contoh
1	Bakteri	a. Perubahan organik b. Memonopoli dalam reaksi enzimatik (oksidasi dan Fiksasi) c. Senyawa ekstraselluler berperan sebagai pengikat (binding agent) partikel-partikel tanah	Nitrosomonas, Ozotobakter, dan Rizobium
2	Protozoa	a. Mempercepat tersedianya unsur hara bagi tanaman b. Dekomposisi bahan organik c. Memangsa bakteri dan jamur	Amoeba, Siliata, dan Flagelata
3	Jamur (fungi)	a. Sangat penting dalam dekomposisi senyawa organik yang resisten terhadap pelapukan (lignin) b. Hifanya berperan penting dalam pembentukan struktur (mengikat partikel tanah) c. Beberapa jenis jamur bersimbiose dengan perakaran tanaman untuk meningkatkan pengambilan air dan hara serta menekan populasi penyakit	Mikoriza dan Rhizobium

Hasil dari aktivitas biologis yang dilakukan oleh mikroorganisme inilah yang dapat mempengaruhi kesuburan, tekstur tanah, dan kegemburan tanah. Berikut ini uraian lebih lanjut tentang beberapa peranan organisme tanah :

a. Dekomposer

Organisme tanah melakukan dekomposisi atau penguraian terhadap bahan-bahan organik yang berasal dari sisa makhluk hidup. Misalnya, daun-daun yang telah jatuh ke tanah, ranting-ranting, dan jasad hewan yang telah mati menjadi materi organik yang lebih sederhana. Selain menguraikan materi organik, organisme tanah juga dapat membantu pelapukan bantuan menjadi bahan-bahan anorganik atau yang biasa kita sebut mineral tanah. Materi organik dan mineral yang ada di tanah inilah yang disebut dengan zat hara atau nutrisi bagi tanaman. Keberadaan organisme tanah sebagai dekomposer

dimanfaatkan untuk membuat pupuk kompos, yaitu pembuatan pupuk dari bahan organik.

b. Perekasi Kimia dalam Tanah

Bakteri yang terdapat di tanah terlibat dalam reaksi penguraian materi organik. Misalnya bakteri *Nitrosomonas* yang terlibat dalam reaksi penguraian materi organik kompleks yang berasal dari sisa makhluk hidup menjadi nitrat, senyawa yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Mikoriza, yaitu jamur yang mampu membantu tanaman untuk meningkatkan kemampuannya menyerap unsur hara berupa fosfor.

c. Pengurai Polutan dalam Tanah

Organisme tanah dapat berperan sebagai agen biologis yang mampu membersihkan polutan dalam tanah. Organisme tanah menguraikan bahan kimia yang masuk ke tanah misalnya herbisida dari hasil pertanian. Penguraian herbisida dapat dilakukan dengan lebih cepat jika aktivitas organisme tanah semakin tinggi. Unsur racun dan polutan seperti arsenik, kromium, dan merkuri dapat “terkunci” di tanah karena terakumulasi di dalam tubuh bakteri. Polutan-polutan tersebut tidak menyebabkan polusi bertambah parah.

d. Pencegah Penyakit Tanah

Pada kondisi normal ketika tanah memiliki jumlah senyawa organik dan aktivitas organisme yang tinggi maka organisme tanah dapat melawan organisme penyakit yang masuk ke tanah. Kondisi tanah yang normal dapat tercipta ketika aktivitas pertanian dan perkebunan tidak berlebihan dan tidak banyak menggunakan bahan kimia untuk pupuk dan pestisida. Secara alami, organisme yang ada di tanah memanfaatkan prinsip pengendalian biologis, yaitu predator dan mangsa sehingga organisme yang mengganggu tanah dapat terkendali.

b. Pemberi Pengaruh pada Tekstur Tanah

Tanah dapat digolongkan menjadi beberapa jenis berdasarkan teksturnya. Jenis tanah dapat ditentukan berdasarkan jumlah partikel penyusun yang paling banyak terdapat pada tanah tersebut. Partikel yang terdapat di dalam tanah adalah pasir, liat, dan debu. Pembentukan tekstur tanah ini tentunya tidak lepas dari bantuan beberapa makhluk hidup seperti cacing atau akar

tumbuhan yang mampu mempercepat pemecahan partikel-partikel tersebut dari batuan.

c. Pengatur Kegemburan dan Struktur Tanah

Struktur tanah merupakan susunan partikel-partikel tanah yang terikat satu sama lain menjadi suatu gumpalan. Partikel-partikel tanah direkatkan oleh suatu perekat seperti bahan organik yang dihasilkan oleh organisme tanah. Lendir yang dihasilkan oleh organisme tanah akan bercampur dengan tanah dan membuat partikel tanah terkumpul membentuk gumpalan-gumpalan tanah. Gumpalan tanah yang baik akan menunjang kehidupan organisme tanah dan juga menunjang pertumbuhan populasi organisme tanah. Keberadaan jamur di tanah juga mampu membantu pembentukan gumpalan tanah.

Struktur tanah dan kegemburan tanah saling memiliki keterkaitan. Organisme tanah juga mampu membuat pori-pori tanah yang dapat menggemburkan tanah dan memungkinkan udara masuk ke dalam tanah (aerasi tanah). Pori-pori tanah dapat terbentuk karena adanya pergerakan organisme tanah seperti cacing tanah, lipan, dan kaki seribu. Pori-pori tanah juga berguna untuk meningkatkan penyerapan air oleh tanah. Tanah yang memiliki aerasi dan jumlah air yang cukup, sangat baik untuk menunjang pertumbuhan tanaman.

d. Mendaur ulang bahan organik

Organisme tanah mendaur ulang (recycle) bahan organik dengan cara memakan bahan tanaman dan hewan yang mati, kotoran hewan dan organisme tanah yang lain. Mereka memecah bahan organik menjadi bagian-bagian yang lebih kecil sehingga dapat dibusukkan oleh jasad renik seperti jamur dan bakteri. Ketika mereka memakan bahan organik, sisa makanan dan kotoran mereka dapat membantu perbaikan struktur dan kesuburan tanah.

e. Organisme tanah membantu meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman.

Ketika organisme tanah memakan bahan organik atau makanan yang lain, sebagian hara yang tersedia disimpan didalam tubuh mereka dan hara yang tidak diperlukan, dikeluarkan didalam kotoran mereka (sebagai contoh, phosphor dan nitrogen). Hara di dalam kotoran organisme tanah ini dapat diserap oleh akar tanaman.

Sebagian organisme tanah membina hubungan simbiosis dengan akar tanaman dan dapat membantu akar tanaman menyerap lebih banyak unsur

hara dibandingkan kalau tidak ada kerjasama dengan organisme tanah. Sebagai contoh adalah mycorrhiza, yang membantu tanaman untuk menyerap lebih banyak posfor, sedangkan rhizobia membantu tanaman untuk menyerap lebih banyak nitrogen.

- f. Organisme tanah dapat membantu pengendalian serangan hama dan penyakit
Organisme tanah yang memakan organisme lain yang lebih kecil dapat menekan serangan hama penyakit dengan cara mengontrol jenis dan jumlah organisme di dalam tanah.

- g. Pengelolaan lahan yang dapat memperkaya organisme tanah

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan para petani untuk meningkatkan kegiatan organisme tanah di lahan mereka, diantaranya adalah:

- 1) Menyediakan makanan.

Petani dapat menyediakan bahan makanan untuk organisme tanah dengan cara memelihara tanaman penutup tanah dan menambah bahan organik seperti mulsa, kompos, merang, pupuk hijau, dan pupuk kandang ke dalam tanah yang mereka kelola.

- 2) Menyediakan cukup oksigen (aerasi tanah yang baik).

Seperti makhluk hidup yang lain, organisme tanah membutuhkan cukup oksigen untuk hidup. Petani dapat menjamin ketersediaan oksigen yang cukup untuk organisme tanah dengan cara mencegah pemadatan tanah. Pemadatan tanah dapat mengurangi pori-pori tanah sehingga ketersediaan udara menjadi lebih sedikit. Pemadatan tanah dapat terjadi apabila tanah diinjak-injak oleh hewan dan manusia atau dilalui mesin-mesin berat secara berlebihan (trampling), terutama pada saat tanah sedang basah.

- h. Menyediakan air.

Organisme tanah juga membutuhkan air dalam jumlah tertentu. Tetapi kalau terlalu banyak air (dalam tanah yang jenuh), mereka bisa mati karena kekurangan oksigen. Petani dapat mengatur ketersediaan air didalam tanah dengan cara memperbaiki struktur tanah. Aggregat tanah yang lebih besar dapat menyimpan air di dalam pori-pori halus, dan dapat mengeluarkan kelebihan air melalui pori-pori besar. Drainase yang cukup di lahan yang banjir juga dapat memperbaiki kondisi tanah untuk habitat organisme tanah.

i. Melindungi habitat mereka.

Petani dapat mendukung kehidupan organisme tanah dengan cara melindungi habitat mereka. Pemeliharaan tanaman penutup tanah adalah cara yang terbaik untuk melindungi habitat organisme tanah dari bahaya kekeringan. Penggunaan mulsa juga dapat melindungi habitat mereka. Penggunaan mulsa organik dapat juga berfungsi sebagai sumber makanan bagi organisme tanah. Mulsa plastik dapat mengurangi resiko penyakit dan hama tertentu karena mulsa tersebut cenderung meningkatkan suhu permukaan tanah dan dapat menghambat pergerakan hama dari tanah ke tanaman. Tetapi mulsa plastik tidak dapat meningkatkan bahan organik tanah sehingga pendauran ulang unsur hara tidak terjadi. Cara yang lain adalah dengan pengolahan tanah yang tepat guna. Pengolahan tanah yang berlebihan dapat merusak pori-pori tanah dimana organisme tanah hidup.

2. Populasi mikrobiologis tanah

Mikroorganisme Tanah. Tanah merupakan tempat bermukimnya berbagai kehidupan tumbuhan, hewan, dan jasad renik yang tidak terhitung banyaknya. Kehidupan di dalam tanah sangat beranekaragam, berkisar dari organisme bersel tunggal yang mikroskopis sampai hewan besar yang menggali liang. Masing masing ekosistem mempunyai kombinasi makhluk hidup dan sumberdaya abiotik yang unik yang berfungsi mempertahankan aliran energi dan hara yang berkesinambungan. Tanah dengan nilai produktivitas yang tinggi, tidak hanya terdiri dari komponen komponen padat, cair dan udara (gas), akan tetapi harus mengandung jasad hidup tanah yang banyak. Dengan adanya jasad hidup tanah, maka tingkat kesuburan tanah akan dipengaruhi, karena jasad hidup memegang peranan penting dalam proses pelapukan bahan organik di dalam tanah sehingga unsur hara menjadi lebih tersedia bagi tanaman. Secara ekologis tanah tersusun oleh tiga kelompok material, yaitu material hidup (faktor biotik) berupa biota (jasad hayati), faktor abiotik berupa bahan organik dan faktor abiotik pasir (sand), debu (silt) dan liat (clay). Kesuburan tanah tidak hanya bergantung pada komposisi kimiawinya melainkan juga pada ciri alami mikroorganisme yang menghuninya. Mikroorganisme yang menghuni tanah dapat dikelompokkan menjadi bakteri, aktinomysetes, jamur, alga, dan protozoa. Setiap tanah mempunyai populasi organisme yang berbeda. Berbagai populasi dan habitat

dalam tanah bersama sama membentuk ekosistem. Dalam suatu ekosistem tanah, berbagai mikroba hidup, bertahan hidup, dan berkompetisi dalam memperoleh ruang, oksigen, air, hara, dan kebutuhan hidup lainnya, baik secara simbiotik maupun nonsimbiotik sehingga menimbulkan berbagai bentuk interaksi antar mikroba. Organisme tanah tinggal di lapisan seresah organik atau lapisan permukaan tanah, dan horizon tanah yang lebih dalam. Distribusi vertikal dan horizon tanah biasanya dibatasi oleh temperatur, kandungan air dan tekstur tanah. Dalam hal ini kandungan bahan organik mengendalikan proses biotik tanah. Distribusi organisme tanah mempunyai hubungan erat dengan pori tanah, pertikel tanah, dan akar tanaman.

Populasi mikrobiologis tanah

Populasi mikrobiologis tanah terbagi dalam tiga golongan besar, yaitu:

- a. Autochthonous: golongan ini dapat dikatakan sebagai mikroba setempat atau pribumi pada tanah tertentu, selalu hidup dan berkembang di tanah tersebut dan atau selalu diperkirakan ada ditemukan di dalam tanah tersebut.
- b. Mikroba zimogenik: golongan mikroba yang berkembang di bawah pengaruh perlakuan perlakuan khusus pada tanah, seperti penambahan bahan bahan organik, pemupukan.
- c. Mikroba transient (penetap sementara): terdiri dari organisme organisme yang ditambahkan ke dalam tanah, secara disengaja seperti dengan inokulasi leguminosa, atau yang tidak secara disengaja seperti dalam kasus unsur unsur penghasil penyakit tanaman dan hewan, organisme ini kemungkinan akan segera mati atau bertahan untuk sementara waktu setelah berada di dalam tanah.

Bahan organik tanah berasal dari sisa-sisa tanaman dan hewan yang mengalami proses perombakan, selama proses perombakan ini berbagai jasad hayati tanah baik yang menggunakan tanah sebagai liangnya ataupun yang hidup dan beraktifitas di dalam tanah, memainkan peran penting dalam perubahan bahan organik dari bentuk segar (termasuk juga sel sel jasad mikro yang mati) hingga terurai menjadi senyawa senyawa sederhana yang tersedian bagi tanaman

Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal dengan konfigurasi selular prokariotik yang khas, uniseluler dan tidak mengandung struktur yang terbatas membran di dalam sitoplasmanya. Ciri ciri dasar yang memiliki sel prokariotik dapat dirangkumkan sebagai berikut: 1) Tidak ada membran internal yang

memisahkan nukleus dari sitoplasma. Juga tidak ada membran internal yang melingungi struktur atau tubuh lain di dalam sel. 2) Pembelahan nukleus dengan proses pembagian asexual yang sederhana dan tidak melalui mitosis (proses pembagian nukleus yang rumit yang umum dijumpai pada eukariota). 3) Dinding sel mengandung semacam molekul kompleks yang disebut mukopeptide, yang memberikan kekuatan pada struktur selnya.

3. Struktur Sel Bakteri

Struktur bakteri terbagi menjadi dua yaitu struktur dasar yang hampir dimiliki semua jenis bakteri dan struktur tambahan yang dimiliki beberapa jenis bakteri tertentu. Struktur dasar bakteri terdiri dari:

- a. Dinding sel, yang tersusun dari peptidoglikan.
- b. Membran plasma, yang tersusun atas lapisan fosfolipid dan protein.
- c. Sitoplasma yang merupakan cairan sel.

Struktur tambahan diluar dinding sel yang mungkin dapat dilihat adalah flagela, pili, dan kapsul. Flagelum (flagela) merupakan embel seperti rambut yang tipis menembus dinding sel dan bermula dari tubuh dasar yang merupakan struktur granular tepat di bawah membran sel di dalam sitoplasma. Flagelum menyebabkan motilitas (pergerakan) pada sel bakteri. Flagelum terdiri dari tiga bagian: tubuh dasar, struktur seperti kait, dan sehelai filamen panjang di luar dinding sel. Panjang flagelum biasanya beberapa kali lebih panjang dari selnya, namun diameternya jauh lebih kecil dari pada diameter selnya. Flagelum dibuat dari subunit-subunit protein, protein ini disebut flagelin.

Bakteri yang tidak memiliki alat gerak biasanya hanya mengikuti pergerakan media pertumbuhannya atau lingkungan tempat bakteri tersebut berada. Berdasarkan tempat dan jumlah flagel yang dimiliki, bakteri dibagi menjadi lima golongan yaitu 1) atrik, tidak mempunyai flagel, 2) monotrik, mempunyai satu flagel pada salah satu ujungnya, 3) lofortik, mempunyai sejumlah flagel pada salah satu ujungnya, 4) amfitrik, mempunyai satu flagel pada kedua ujungnya, 5) peritrik, mempunyai flagel pada seluruh permukaan tubuhnya.

Banyak bakteri gram negatif mempunyai embel embel seperti filamen yang bukan flagela. Pili berukuran lebih kecil, lebih pendek, dan lebih banyak dari flagela. Beberapa pili berfungsi sebagai alat untuk melekat pada bagian permukaan.

4. Morfologi Sel Bakteri

Ukuran Satuan ukuran bakteri ialah mikrometer (μm), yang setara dengan $1/1000$ mm atau 10^{-3} mm. Bakteri yang paling umum dipelajari berukuran kira-kira $0,5 - 1,0 \times 2,0 - 5,0 \mu\text{m}$. Sel bakteri yang khas berdiameter $0,5$ sampai $1,5 \mu\text{m}$ dan panjangnya $1,0$ sampai $3,0 \mu\text{m}$. Sel beberapa spesies bakteri amat panjang; panjangnya dapat melebihi $100 \mu\text{m}$ dan diameternya berkisar dari $0,1$ sampai $0,2 \mu\text{m}$. Sekelompok bakteri yang dikenal dengan mikoplasma, ukurannya khas amat kecil yaitu hanya berukuran $0,001 \mu\text{m}$ sehingga hampir tidak tampak di bawah mikroskop cahaya. Bakteri juga termasuk pleomorfik yaitu morfologinya amat beragam.

Memang sukar untuk memahami bakteri yang ukurannya sangat kecil dari segi kuantitatif seperti yang yang disebutkan. Satu volume sebanyak 1 cm^3 mengandung sekitar setengah triliun bakteri berbentuk batang berukuran rata-rata. Kalkulasi menunjukkan bahwa kira-kira 1 triliun bakteri mempunyai berat hanya 1 g , nilai ini sangat tinggi dibandingkan dengan mikroorganisme yang lebih besar. Ciri khusus sel bakteri akan diketahui bila perbandingan antara luas permukaan terhadap volumenya dihitung. Dari segi praktis hal ini berarti bahwa isi suatu sel bakteri menjadi terbuka terhadap batas permukaan antara dinding sel dan nutrisi di sekitarnya. Sifat inilah yang merupakan salah satu penyebab tingginya laju metabolisme dan pertumbuhan bakteri. Satu gram tanah lapisan atas yang subur dapat mengandung lebih dari 1 milyar bakteri. Para peneliti memperkirakan bahwa bobot hidup bakteri setiap acre mungkin melebihi 2000 pon atau 2000 kilogram per hektar.

Berdasarkan bentuknya, bakteri di bagi menjadi tiga golongan besar, sel individu bakteri dapat berbentuk seperti bola, batang, atau spiral. Masing masing ciri ini penting dalam mencirikan morfologi suatu spesies.

Sel bakteri yang berbentuk seperti bola atau elips dinamakan kokus. Kokus muncul dalam beberapa penataan yang khas bergantung kepada spesiesnya. Beberapa variasi kokus seperti: 1) monococcus, 2) diplococcus, 3) tetracoccus, 4) sarcina, 5) staphylococcus, 6) streptococcus.

Sel bakteri berbentuk seperti batang dinamakan basilus. Ada banyak perbedaan dalam ukuran panjang dan lebar diantara berbagai spesies basilus. Ujung beberapa basilus tampak persegi, yang lain bundar, dan yang lain lagi tetap saling melekat satu dengan lainnya, ujung dengan ujung, sehingga memberikan

penampilan rantai. Beberapa variasi basil sebagai berikut: 1) diplobacillus, 2) streptobacillus. Bakteri berbentuk spiral atau spirillum, terutama dijumpai sebagai individu individu sel yang tidak saling melekat. Individu sel dari spesies yang berbeda beda menunjukkan perbedaan perbedaan yang menyolok dalam hal panjang, jumlah, dan amplitudo spiralnya serta kekakuan dinding selnya. Sebagai contoh: beberapa spirillum berukuran pendek, spiralnya berpilin ketat, yang lain sangat panjang dan menunjukkan sederetan pelintiran dan lengkungan. Beberapa variasi spiral sebagai berikut: 1) vibrio, 2) spiral, 3) spirochete.

5. Pertumbuhan dan Reproduksi Bakteri

Sebagian besar bakteri berkembang biak melalui pembelahan biner (aseksual) dimana dari satu sel membelah menjadi dua sel yang identik. Beberapa bakteri dapat membentuk struktur reproduktif yang lebih kompleks yang memfasilitasi penguraian dua sel yang baru terbentuk. Beberapa membelah setiap 20 menit dan mungkin memperbanyak diri dengan sangat cepat dalam keadaan yang menguntungkan. Telah dihitung bila bakteri tinggal membelah setiap jam dan setiap bakteri berikutnya melakukan hal yang sama, maka 17 juta sel akan dihasilkan dalam satu hari. Pertumbuhan bakteri yang terkontrol akan melewati empat fase yang berbeda.

- a. Fase lag adalah fase pertumbuhan lambat, yang disebabkan oleh kebutuhan bakteri untuk beradaptasi dengan lingkungannya untuk mencapai fase pertumbuhan cepat.
- b. Fase log (fase logaritmik), dikenal juga dengan fase eksponensial, yang ditandai dengan pertumbuhan yang sangat cepat secara eksponensial. Tingkat dimana sel berkembang biak pada fase ini disebut sebagai growth rate. Waktu yang dibutuhkan sel untuk membelah diri menjadi dua bagian dalam fase ini disebut sebagai generation time. Selama fase log, nutrisi dicerna pada kecepatan maksimal sampai semuanya habis.
- c. Fase stasioner, fase ini ditandai dengan habisnya nutrisi yang tersedia. Sel mulai menghentikan aktivitas metabolismenya serta menghancurkan protein non esensial yang mereka miliki. Fase stasioner merupakan masa transisi dari perkembangan yang sangat cepat menuju masa dormansi. Setelah priode waktu pada fase stasioner yang bervariasi pada tiap organisme dan kondisi kultur, kemudian berlanjut pada fase penurunan.

- d. Fase penurunan dimana kecepatan kematian meningkat sampai mencapai tingkat yang tetap, seringkali setelah mayoritas sel mati kecepatan kematian menurun drastis sehingga sejumlah kecil sel yang hidup akan bertahan.

Pembagian Bakteri memperlihatkan keragaman yang luas dalam hal respon terhadap oksigen bebas, dan atas dasar ini maka bakteri dibagi menjadi empat kelompok:

- a. Aerobik (organisme yang membutuhkan oksigen).
- b. Anaerobik (tumbuh tanpa oksigen molekular).
- c. Anaerobik fakultatif (tumbuh pada keadaan aerobik dan anaerobik).
- d. Mikroaerofilik (tumbuh terbalik bila ada sedikit oksigen atmosferik).

Kondisi biakan (inkubasi) Suhu (kisaran pertumbuhan) : minimum dan maksimum : optimumnya pada suatu titik Psikrofil Mesofil Termofil 0–30 °C 25–40 °C di dalam kisaran bergantung pada spesies Termofil fakultatif Termofil obligat 25–55 °C 45–75 °C Persyaratan akan gas Aerob Anaerob Anaerob fakultatif Mikroaerofil Hanya tumbuh bila ada oksigen bebas Hanya tumbuh tanpa oksigen bebas Tumbuh baik walaupun tanpa oksigen bebas Tumbuh bila ada oksigen bebas dalam jumlah kecil Keasaman pH Kebanyakan bakteri berkaitan dengan kehidupan hewan dan tumbuhan beberapa spesies eksotik pH optimum 6,5–7,5 pH minimum 0,5 pH maksimum 9,5 Cahaya Fotosintetik (autotrof dan heterotrof) Sumber cahaya Salinitas Halofil (halofil obligat) Konsentrasi garam yang tinggi Pertumbuhan dengan adanya atau tidak adanya oksigen diambil sebagai kriteria untuk membedakan dalam kondisi ada tidaknya oksigen. Faktor lain yang mempengaruhi populasi bakteri dalam tanah adalah pH, praktik pertanian, pemupukan dan pemakaian pestisida dan penambahan bahan organik. Di alam, faktor faktor pertumbuhan utama yang membatasi adalah hara atau sumber energi. Beberapa bakteri membentuk spora bila keadaan menjadi tidak menguntungkan. Kebanyakan bakteri cukup resisten terhadap pengeringan, dan beberapa terdapat pada tanah kering – udara selama beberapa tahun. Bakteri menimbulkan berbagai perubahan kimiawi pada substansi yang ditumbuhinya, mereka mampu mengancurkan banyak zat. Organisme ini amat penting untuk memelihara lingkungan yaitu dengan menghancurkan bahan yang tertumpuk di dalam daratan dan lautan. Organisme

ini sangat luas penyebarannya dalam dan pada permukaan bumi, di atmosfer, dan di lingkungan sehari-hari.

Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme dalam tanah yang paling dominan dan mungkin meliputi separuh dari biomassa mikroba dalam tanah. Bakteri terdapat dalam segala macam tipe tanah tetapi populasinya menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Secara umum, profil horizon A terdiri dari lebih banyak mikroorganisme dari pada horizon B dan C.

I. PENGAMBILAN SAMPEL TANAH

1. Pengertian

Sampel adalah sebagian dari populasi. Artinya tidak akan ada sampel jika tidak ada populasi. Populasi adalah keseluruhan elemen atau unsur yang akan kita teliti. Penelitian yang dilakukan atas seluruh elemen dinamakan sensus. Idealnya, agar hasil penelitiannya lebih bisa dipercaya, seorang peneliti harus melakukan sensus. Namun karena sesuatu hal peneliti bisa tidak meneliti keseluruhan elemen tadi, maka yang bisa dilakukannya adalah meneliti sebagian dari keseluruhan elemen atau unsur tadi.

2. Syarat sampel yang baik

- a. Akurasi atau ketepatan, yaitu tingkat ketidakadaan “bias” (kekeliruan) dalam sampel. Dengan kata lain makin sedikit tingkat kekeliruan yang ada dalam sampel, makin akurat sampel tersebut. Tolok ukur adanya “bias” atau kekeliruan adalah populasi.

Tidak ada keragaman pengukuran yang disebabkan karena pengaruh yang diketahui atau tidak diketahui, yang menyebabkan skor cenderung mengarah pada satu titik tertentu. Sebagai contoh, jika ingin mengetahui rata-rata luas tanah suatu perumahan, lalu yang dijadikan sampel adalah rumah yang terletak di setiap sudut jalan, maka hasil atau skor yang diperoleh akan bias. Kekeliruan semacam ini bisa terjadi pada sampel yang diambil secara sistematis

- b. Presisi. Kriteria kedua sampel yang baik adalah memiliki tingkat presisi estimasi. Presisi mengacu pada persoalan sedekat mana estimasi kita dengan karakteristik populasi. Contoh : Dari 300 pegawai produksi, diambil sampel 50 orang. Setelah diukur ternyata rata-rata perhari, setiap orang menghasilkan 50 potong produk “X”. Namun berdasarkan laporan

harian, pegawai bisa menghasilkan produk “X” per harinya rata-rata 58 unit. Artinya di antara laporan harian yang dihitung berdasarkan populasi dengan hasil penelitian yang dihasilkan dari sampel, terdapat perbedaan 8 unit. Makin kecil tingkat perbedaan di antara rata-rata populasi dengan rata-rata sampel, maka makin tinggi tingkat presisi sampel tersebut.

Belum pernah ada sampel yang bisa mewakili karakteristik populasi sepenuhnya. Oleh karena itu dalam setiap penarikan sampel senantiasa melekat keasalahan-kesalahan, yang dikenal dengan nama “sampling error” Presisi diukur oleh simpangan baku (standard error). Makin kecil perbedaan di antara simpangan baku yang diperoleh dari sampel (S) dengan simpangan baku dari populasi (σ), makin tinggi pula tingkat presisinya. Walau tidak selamanya, tingkat presisi mungkin bisa meningkat dengan cara menambahkan jumlah sampel, karena kesalahan mungkin bisa berkurang kalau jumlah sampelnya ditambah. Dengan contoh di atas tadi, mungkin saja perbedaan rata-rata di antara populasi dengan sampel bisa lebih sedikit, jika sampel yang ditariknya ditambah. Katakanlah dari 50 menjadi 75.

3. Teknik Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah merupakan tahapan terpenting di dalam program uji tanah. Analisis kimia dari contoh tanah yang diambil diperlukan untuk mengukur kadar hara, menetapkan status hara tanah dan dapat digunakan sebagai petunjuk penggunaan pupuk dan kapur secara efisien, rasional dan menguntungkan. Namun, hasil uji tanah tidak berarti apabila contoh tanah yang diambil tidak mewakili areal yang dimintakan rekomendasinya dan tidak dengan cara benar. Oleh karena itu pengambilan sampel tanah merupakan tahapan terpenting di dalam program uji tanah.

Sampel tanah dapat diambil setiap saat, tidak perlu menunggu saat sebelum tanam namun tidak boleh dilakukan beberapa hari setelah pemupukan. Keadaan tanah saat pengambilan sampel tanah pada lahan kering sebaiknya pada kondisi kapasitas lapang (kelembaban tanah sedang yaitu keadaan tanah kira-kira cukup untuk pengolahan tanah). Sedang pengambilan pada lahan sawah sebaiknya diambil pada kondisi basah.

4. Peralatan untuk pengambilan contoh sampel tanah
 - a. Alat untuk mengambil contoh tanah seperti bor tanah (auger, tabung), cangkul, sekop.
 - b. Alat untuk membersihkan bor, cangkul dan sekop seperti pisau dan sendok tanah untuk mencampur atau mengaduk
 - c. Ember plastic untuk mengaduk kumpulan contoh tanah individu
 - d. Kantong plastic agak tebal yang dapat memuat 1 kg tanah, dan kantong plastic untuk label.
 - e. Kertas manila karton untuk label dan benang kasur untuk mengikat label luar.
 - f. Spidol (water proof) untuk menulis isi label.
 - g. Lembaran informasi contoh tanah yang diambil.

Hal- hal yang perlu diperhatikan :

- a. Jangan mengambil contoh tanah dari galengan, selokan, bibir teras, tanah tererosi sekitar rumah dan jalan, bekas pembakaran sampah/ sisa tanaman/ jerami, bekas penimbunan pupuk, kapur dan bahan organik, dan bekas penggembalaan ternak.
- b. Permukaan tanah yang akan diambil contohnya harus bersih dari rumput-rumputan, sisa tanaman, bahan organik/ serasah, dan batu- batuan atau kerikil.
- c. Alat- alat yang digunakan bersih dari kotoran- kotoran dan tidak berkarat. Kantong plastic yang digunakan sebaiknya masih baru, belum pernah dipakai untuk keperluan lain.

5. Cara Pengambilan contoh Sampel Tanah

- a. **Sampel Sesaat (Grab Sample)** : Sampel yng diambil secara langsung dr badan tanah yang sedang dipantau. Sampel ini hanya menggambarkan karakteristik tanah pada saat pengambilan sampel.
- b. **Sampel komposit (Compsite sample)** : Sampel campuran dari beberapa waktu pengambilan. Pengambilan sampel komposit dapat dilakukan secara manual ataupun secara otomatis dgn menggunakan peralatan yang dapat mengambil air pada waktu-waktu tertentu. Pengambilan sampel

scara otomatis hanya dilakukan jika ingi mengetahui gambaran tentang karakteristik kualitas tanah secara terus-menerus

- c. **Sampel gampungan tempat (integrated sample)** : sampel gabungan yang diambil secara terpisah dari beberpa tempat, dengan volume yang sama. Selain itu ada juga satu metode yang biasa digunakan dalam pengambilan sampel penelitian yaitu:
- d. **Automatic Sampling** (Pengambilan Contoh Otomatis), Cara ini dikembangkan untuk memenuhi program pengamatan kualias sampel secara menyeluruh. Peralatan memerlukan bangunan khusus dengan penampungan dan pemeliharaan yang baik alat mengambil contoh otomatis biasanya bekerja dalam 24 jam.

Contoh tanah yang diambil dapat berbentuk contoh tanah terganggu (***disturb soil samples***)

Contoh tanah utuh atau tidak terganggu (***undisturb soil samples***).

Contoh tanah utuh biasanya diperlukan untuk analisis sifat fisik tanah (bobot isi, porisitas dan permeabilitas tanah), sedangkan contoh tanah terganggu diperlukan untuk analisis sifat kimia tanah dan sifat fisik tanah lainnya (tekstur, kadar air tanah/pF).

Pengambilan contoh tanah utuh (***undisturb soil samples***) harus menggunakan “ring sampels”, sedangkan contoh tanah terganggu dapat diambil dengan menggunakan alat cangkul, sekop, atau *auger* (bor tanah).

Untuk keperluan evaluasi status kesuburan tanah, sebaiknya contoh yang diambil merupakan contoh komposit yaitu contoh tanah campuran dari contoh-contoh tanah individu (sub samples).

Suatu contoh komposit harus mewakili suatu bentuk/unit lahan yang akan dikembangkan atau digunakan untuk tujuan pertanian.

Satu contoh komposit mewakili suatu hamparan lahan yang homogen (10 – 15 Ha).

Untuk lahan miring dan bergelombang satu contoh komposit dapat mewakili tidak kurang dari 5 hektar.

Satu contoh komposit terdiri dari campuran 15 contoh tanah individu (sub samples).

6. Pengambilan contoh sampel tanah kimia dan mikrobiologi
 - a. Sampling Time
 - 1) Contoh tanah dapat diambil setiap saat, dan langsung dilakukan analisis di laboratorium.
 - 2) Keadaan tanah saat pengambilan contoh tanah sebaiknya pada kondisi kapasitas lapang (keadaan kelembaban tanah sedang) yaitu keadaan tanah kira-kira cukup untuk dilakukan pengolahan tanah).
 - 3) Pengambilan contoh tanah terkait erat dengan tujuan yang ingin dicapai dalam suatu kegiatan perencanaan pengelolaan tanah-tanaman.
 - b. Frekuensi Pengambilan Contoh
 - 1) Secara umum contoh tanah diambil sekali dalam 4 tahun untuk sistem pertanaman di lapangan.
 - 2) Untuk tanah yang digunakan secara intensif untuk budidaya pertanian, contoh tanah diambil paling sedikit sekali dalam setahun.
 - 3) Pada tanah-tanah dengan nilai uji tanah tinggi, contoh tanah disarankan diambil setiap 5 tahun sekali.
7. Cara Mengambil Sampel Tanah Komposit
 - a. Menentukan tempat pengambilan sampel tanah individu, terdapat dua cara yaitu cara sistematis seperti sistem diagonal atau zig-zag dan cara acak.
 - b. Rumput rumput, batu batuan atau kerikil, sisa tanaman atau bahan organik segar/ serasah yang terdapat dipermukaan tanah di bersihkan.
 - c. Untuk lahan kering keadaan tanah pada saat pengambilan sampel tanah sebaiknya pada kondisi kapasitas lapang (kelembaban tanah sedang yaitu kondisi kira-kira cukup untuk pengolahan tanah). Sedang untuk lahan sawah contoh tanah sebaiknya diambil pada kondisi basah atau seperti kondisi saat terdapat tanaman.
 - d. Sampel tanah individu diambil menggunakan bor tanah (auger atau tabung) atau cangkul dan sekop. Jika menggunakan bor tanah, sampel tanah individu diambil pada titik pengambilan yang telah ditentukan, sedalam +20 atau lapisan olah. Sedangkan jika menggunakan cangkul dan sekop, tanah dicangkul sedalam lapisan olah (akan membentuk seperti huruf v), kemudian tanah pada sisi yang tercangkul diambil setebal 1,5 cm dengan menggunakan cangkul atau sekop.

- e. Sampel- sampel tanah indivisu tersebut dicampur dan diaduk merata dalam ember plastic, lalu bersihkan dari sisa tanaman atau akar. Setelah bersih dan teraduk rata, diambil sampel seberat kira-kira 1 kg dan dimasukkan kedalam kantong plastic (sampel tanah komposit). Untuk menghindari kemungkinan pecah pada saat pengiriman, kantong plastic yang digunakan rangkap dua. Pemberian label luar dan dalam. Label dalam harus dibungkus dengan plastic dan dimasukkan diantara plastik pembungkus supaya tulisan tidak kotor atau basah, sehingga label tersebut dapat dibaca sesampainya dilaboratorium tanah. Sedangkan label luar disatukan pada sat pengikatan plastic. Pada label diberi keterangan mengenai kode pengambilan, nomor sampel tanah, asal dari (desa/kecamatan/kabupaten), tanggal pengambilan, nama dan alamat pemohon. Selain label yang diberi keterangan, akan lebih baik jika sampel tanah yang dikirim dilengkapi dengan peta situasi atau peta lokasi.

BAB V

KONSEP MIKROBIOLOGI MAKANAN MINUMAN

A. PENGERTIAN.

1. Makanan.
 - a. Menurut WHO, yang dimaksud makanan adalah : *“Food include all substances, whether in a natural state or in a manufactured or prepared form, which are part of human diet.”* Batasan makanan tersebut tidak termasuk air, obat-obatan dan substansi-substansi yang diperlukan untuk tujuan pengobatan.
 - b. Makanan adalah kebutuhan pokok manusia yang diperlukan setiap saat dan memerlukan pengolahan yang baik dan benar agar bermanfaat bagi tubuh (BPOM No. 1639 tanggal 30 April 2003).
 - c. Makanan adalah kebutuhan pokok manusia yang dibutuhkan setiap saat dan memerlukan pengelolaan yang baik dan benar agar bermanfaat bagi tubuh. (Depkes RI, 2008).
2. Makanan Jajanan.
 - a. Pengertian.

Apabila kita tidak sempat makan makanan di rumah kita bisa beli makanan yang dijual oleh orang dan ini yang dinamakan makanan jajanan.

Definisi makanan jajanan, Menurut Irianto, K (2007) Makanan jajanan adalah Makanan yang banyak ditemukan di pinggir jalan yang dijual dalam berbagai bentuk, warna, rasa, serta ukuran sehingga menarik minat dan perhatian orang yang membelinya.
 - b. Jenis makanan Jajanan.

Jenis makanan jajanan menurut Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi (1998) yang dikutip oleh Sitorus (2007) dapat digolongkan menjadi 3 golongan, yaitu :

 - 1). Makanan jajanan yang berbentuk panganan, seperti kue-kue kecil, pisang goreng, dan sebagainya.
 - 2). Makanan jajanan yang diporsikan (menu utama) seperti nasi pecel, bakso, mie ayam, dan sebagainya.

- 3). Makanan jajanan yang berbentuk minuman, seperti es campur, es jus, dan sebagainya.

3. Makanan Jajanan Tradisional.

Makanan jajanan tradisional adalah makanan jajanan yang dibuat secara tradisional. Yang dimaksud dengan 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.

B. PERANAN MAKANAN SEBAGAI PERANTARA PENULARAN PENYAKIT.

Dalam hubungannya dengan penyakit / keracunan, makanan dapat berperan sebagai :

1. Sebagai Agent.

Dalam hubungannya dengan penyakit/keracunan, makanan dapat berperan sebagai agent penyakit. Maksudnya adalah makanan dapat menjadi penyebab timbulnya suatu penyakit. Contohnya : jamur, ikan, dan tumbuhan lain yang secara alamiah memang mengandung zat racun.

2. Sebagai *Vehicle*.

Makanan juga dapat sebagai pembawa (*vehicle*) penyebab penyakit. Seperti bahan kimia atau parasit yang ikut termakan bersama makanan dan juga beberapa mikroorganisme yang pathogen, serta bahan radioaktif.

Makanan tersebut dicemari oleh zat-zat yang membahayakan bagi kehidupan. Jadi makanan tersebut semula tidak mengandung zat-zat yang membahayakan tubuh, Tetapi karena satu dan lain hal, akhirnya mengandung zat yang membahayakan kesehatan. Hal-hal yang dapat membawa penyebab penyakit dapat berasal dari luar ataupun berasal dari makanan itu sendiri.

3. Sebagai Media.

Maksudnya adalah makanan sebagai tempat bagi pertumbuhan / perkembangbiakan kuman penyebab penyakit.

Makanan yang kadar proteinnya tinggi, biasanya tidak stabil dan berarti mudah membusuk, karena merupakan media yang baik bagi perkembangbiakan kuman. Selain karena kandungan proteinnya, makanan akan disukai bakteri jika keadaan kelembabannya cocok dan suhunya sesuai dengan suhu pertumbuhan bakteri, karena mikroorganisme penyebab keracunan makanan dapat tumbuh subur pada

media yang lembab basah dan pada suhu normal. Kontaminasi yang jumlahnya kecil jika dibiarkan berada dalam makanan dengan suhu dan waktu yang cukup, maka bisa menyebabkan wabah yang serius.

C. KONTAMINASI/PENCEMARAN MAKANAN (*FOOD CONTAMINATION*).

Menurut Depkes RI,(2004) Kontaminasi atau pencemaran adalah masuknya zat asing ke dalam makanan yang tidak dikehendaki, yang dikelompokkan dalam 4 (empat) macam, yaitu :

1. Pencemaran mikroba, seperti bakteri, “jamur”, cendawan dan virus.
2. Pencemaran fisik, seperti rambut, debu, tanah dan kotoran lainnya.
3. Pencemaran kimia, seperti pupuk, pestisida, mercury, cadmium, arsen.
4. Pencemaran radioaktif, seperti radiasi, sinar alfa, sinar gamma, radioaktif.

Terjadinya pencemaran dapat dibagi dalam 2 (dua) cara, yaitu :

1. Pencemaran langsung, yaitu adanya pencemaran yang masuk kedalam secara langsung, baik disengaja maupun tidak disengaja.

Contoh :

Masuknya rambut kedalam nasi, penggunaan zat pewarna makanan dan sebagainya.

2. Pencemaran silang (*cross contamination*), yaitu pencemaran yang terjadi secara tidak langsung sebagai ketidaktahuan dalam pengolahan makanan.

Contoh :

Makanan bercampur dengan pakaian atau peralatan kotor, menggunakan pisau pada pengolahan bahan mentah untuk bahan makanan jadi (makanan yang sudah terolah).

D. MACAM-MACAM PENYAKIT MELALUI MAKANAN.

Penyakit-penyakit yang ditularkan melalui makanan atau keracunan makanan dapat digolongkan menjadi beberapa jenis penyebab, antara lain :

1. Penyakit Infeksi.

Merupakan suatu penyakit yang penyebabnya adalah bakteri pathogen yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan. Jadi penyakit ini tergantung pada bakteri pathogen yang menyebabkan, mempunyai masa inkubasi dan gejala sesuai dengan pathogentitasnya.

Manifestasi tidak tergantung pada makanan yang dimakan, karena makanannya hanya sebagai *vehicle*. Letusan penyakit ini biasanya disebabkan karena :

- a. Pemasakan yang kurang sempurna yaitu kurang panas/kurang lama.
- b. Makanan yang terdiri dari telur yang dikeringkan/diawetkan.
- c. Bahan makanan lain yang tidak dipasteurisasi/diawetkan.

2. Keracunan Makanan.

Yang dimaksud dengan keracunan makanan adalah kesakitan yang disebabkan oleh makanan yang terkontaminasi oleh adanya bakteri yang menghasilkan toksin/racun atau oleh adanya makanan tambahan yang bersifat racun dalam makanan. Gejala keracunan ini ditandai dengan pusing, mual, muntah, diare dan kejang perut yang dapat timbul segera setelah makan suatu makanan. Akibat dari keracunan ini keras tidaknya tergantung pada jumlah yang dimakan.

Kejadian-kejadian keracunan dapat timbul oleh bermacam – macam sebab, antara lain :

- a. Adanya pembubuhan bahan kimia yang melebihi dosis.
- b. Karena terkontaminasi secara sengaja/tidak oleh zat kimia.
- c. Adanya kuman yang mengeluarkan toxin pada makanan.

Macam-macam keracunan dari adanya bakteri yang mengeluarkan toksin, antara lain :

- a. Keracunan *Staphylococcus*.
- b. Keracunan *Botulisme*.
- c. Keracunan *Clostridium Perfringens*.

3. Infeksi Parasit.

Merupakan penyakit yang disebabkan oleh bakteri/parasit yang terdapat pada makanan serta membahayakan bagi kesehatan.

Macam penyakit infeksi parasit antara lain :

- a. *Taenia Saginata* (cacing pita sapi).
- b. *Taenia Solium* (cacing pita babi).
- c. *Diphyllobotrium latum* (cacing pita ikan).
- d. *Trichinella Spirallis*.

E. FAKTOR FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERTUMBUHAN MIKROORGANISME

1. PENGERTIAN.

Secara umum pertumbuhan adalah pertambahan secara teratur semua komponen di dalam sel hidup. Untuk organisme multiseluler, pertumbuhan adalah peningkatan jumlah sel per organisme, dimana ukuran sel juga menjadi lebih besar. Sedang untuk organisme uniseluler, pertumbuhan adalah pertambahan jumlah sel yang berarti pertambahan jumlah organisme.

2. FAKTOR FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERTUMBUHAN MIKROORGANISME.

Menurut Mossel ada 4 faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme :

1. Faktor Instrinsik.

Yaitu sifat-sifat dari bahan pangan yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme, meliputi :

a. Aktivitas air (Water Activity = a_w).

Aktivitas air adalah jumlah air yang terdapat dalam pangan. Air murni mempunyai a_w :

Hampir semua pangan segar mempunyai a_w 0,99. Keadaan ini dapat diturunkan dengan substansi terlarut seperti gula dan garam. Pangan yang dikeringkan mempunyai a_w 0,6. Pangan dengan aktifitas air tinggi yaitu : 0,95-0,99 dapat ditumbuhi oleh semua jenis mikroorganisme, tetapi karena bakteri dapat tumbuh lebih cepat dari kapang dan khamir, maka akibat kerusakan pangan banyak disebabkan oleh bakteri. Aktivitas air bahan pangan akan mempengaruhi jenis mikroorganisme yang akan tumbuh.

Tabel : Aktivitas air minimal beberapa mikroorganisme

Organisme	a_w Minimal
Sebagian Bakteri	0,91
Sebagain Khamir	0,88
Sebagian Jamur	0,80
Khamir Osmofilik	0,60

b. Nilai pH.

Bahan pangan pada umumnya mempunyai pH 3,0 – 8,0. Berdasar nilai pH-

nya makanan digolongkan :

- 1). Makanan berasam rendah, pH lebih besar dari 5,3, misalnya jagung, daging, ikan susu.
- 2). Makanan berasam sedang , mempunyai pH sekitar (4,5 – 5,3), misalnya bayam, waluh kuning.
- 3). Makanan Asam mempunyai pH (3,7 – 4,5) misalnya tomat, pear, nanas.
- 4). Berasam tinggi mempunyai pH kurang dari 3,7 misanya acar, sayur asin.

Nilai pH pada makanan akan menentukan jenis mikroorganisme yang tumbuh. Pada umumnya mikroorganisme tumbuh pada pH 6,0 – 8,0, bakteri tumbuh optimum pada pH 6,5 – 7,5. Khamir dan bakteri asam laktat tumbuh optimum pada pH 3,0 – 6,0, sedang kapang tumbuh optimum pada pH 5 – 7. Kerusakan pangan berasam tinggi misalnya buah-buahan disebabkan khamir dan kapang, sedang kerusakan daging dan hasil laut disebabkan oleh bakteri, karena pH-nya lebih kurang 7.

c. Potensial Redoks.

Potensial redoks adalah suatu indeks tingkat oksidasi. Potensial redoks suatu makanan mempengaruhi ketersediaan oksigen dalam makanan, semakin tinggi potensial redoks, maka semakin tinggi pula ketersediaannya oksigen. Berdasar kebutuhan oksigen, mikroorganisme dikelompokkan menjadi :

- 1). Aerob obligat, mikroorganisme yang hanya dapat tumbuh bila persediaan oksigen banyak.
- 2). Aerob Fakultatif, mikroorganisme tumbuh jika oksigen cukup, tetapi dapat tumbuh secara an aerob.
- 3). Anaerob Obligat, mikroorganisme yang hanya dapat tumbuh jika tidak ada oksigen.
- 4). Anaerob Fakultatif, mikroorganisme yang tumbuh baik jika tidak ada oksigen, tetapi dapat tumbuh secara aerob.

Bahan pangan yang mempunyai potensial redoks tinggi akan ditumbuhi mikroorganisme aerob, seperti kapang, khamir, bakteri aerob (*Pseudomonas*, *Salmonella*, *Shigella*) ,biasanya terjadi pada permukaan bahan pangan. Lingkungan di bagian bawah permukaan bahan pangan atau pangan yang

mengandung asam askorbat akan ditumbuhi mikroorganisme anaerob atau anaerob fakultatif (*Enterobacteriaceae*, *Clostridium*).

d. Zat Gizi.

Mikroorganisme membutuhkan zat gizi untuk kehidupan dan pertumbuhan, komposisi kimiawi bahan pangan akan menentukan jenis mikroorganisme yang dominan tumbuh. Misalnya bahan pangan yang mengandung gula, mikroorganisme yang dominan tumbuh kapang, khamir, *E. Coli*, *Enterobacter aerogenes*. Bahan pangan yang mengandung lemak, mikroorganisme yang dominan tumbuh *Pseudomonas fragii*, *Pseudomonas fluorescens*, dan khamir jenis *Candida lipolytica* yang menyebabkan ketengikan susu.

e. Struktur Biologis.

Struktur biologis seperti lapisan kulit, kulit telur, testa dari biji-bijian, kutikula dari bagian tanaman mencegah masuknya mikroorganisme dalam pangan tersebut.

f. Bahan Anti mikroba.

Bahan anti mikroba terdapat dalam makanan dapat secara alami, misalnya laktenin dalam susu dan avidin dalam telur, sengaja ditambahkan, misalnya asam benzoat ke dalam sari buah atau jeli, asam propionat ke dalam roti dan keju, asam sorbat ke dalam keju dan produk buah-buahan serta terbentuk selama pengolahan misalnya reaksi pencoklatan larutan gula pekat menyebabkan pembentukan furfural dan hidroksimetil furfural yang bersifat anti mikroba.

Bahan anti mikroba dalam bahan pangan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Misalnya antibiotik nisin yang diproduksi *Streptococcus lactis* menghambat pertumbuhan *Clostridium*. Asam propionat yang diproduksi propioni bacterium dalam keju menghambat pertumbuhan kapang.

g. Faktor Pengolahan.

Pengolahan bahan pangan bertujuan untuk mengurangi kerusakan dan perkembangan mikroorganisme patogen. Pengolahan bahan pangan dapat dilakukan dengan :

1). Pemanasan.

Kemampuan tahan panas mikroorganisme akan menentukan tipe mikroorganisme yang masih hidup / terdapat dalam bahan pangan.

Contoh : Pasterisasi dengan panas 76°C selama 30 menit memungkinkan mikroorganisme thermodurik (*Micrococcus* dan *Streptococcus*) dan bakteri pembentuk spora (*Bacillus* dan *Clostridium*) tetap hidup. Pemanasan dengan suhu 80°C selama 1 menit memungkinkan mikroorganisme pembentuk spora masih hidup.

2). Pengeringan dan Pembekuan.

Pengeringan dan pembekuan dapat merusak kontaminan yang ada dalam bahan pangan, tetapi mikroorganisme yang tahan tekanan-tekanan tersebut tetap hidup dan akan tumbuh serta menyebabkan kerusakan bila pangan direhidrasi / dicairkan.

3). Penggaraman dan Penggulaan.

Bahan pangan yang diawetkan dengan garam dan gula cenderung tercemar oleh khamir

4). Penambahan Bahan Kimia Pengawet.

Bahan pangan yang diawetkan dengan sulfur dioksida, asam benzoat dan sorbat akan dirusak oleh *Sacharomyces bailii* dan *Candida krusei* karena mikroorganisme tersebut tahan terhadap pengawet tersebut.

5). Penyinaran / Radiasi.

Sinar X dan Gamma akan mengganggu metabolisme sel, sehingga mematikan mikroorganisme.

2. Faktor Ekstrinsik.

Faktor ekstrinsik merupakan kondisi lingkungan dari penanganan dan penyimpanan bahan pangan tersebut, yang meliputi :

a. Suhu.

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan terpenting yang mempengaruhi kehidupan dan pertumbuhan mikroorganisme. Suhu mempengaruhi dalam dua cara yang berlawanan.

- 1). Bila suhu naik, kecepatan metabolisme naik dan pertumbuhan dipercepat. Sebaliknya bila suhu turun, kecepatan metabolisme juga turun dan pertumbuhan diperlambat.

- 2). Bila suhu naik atau turun, tingkat pertumbuhan mungkin terhenti, komponen menjadi tidak aktif dan sel-sel dapat mati.

Suhu dimana pangan disimpan sangat besar pengaruhnya terhadap jenis mikroorganisme yang tumbuh serta kecepatan pertumbuhannya.

Kapang dan khamir tumbuh dengan baik pada suhu (25 – 30) °C yaitu pada suhu kamar. Penyimpanan daging pada almari es akan dirusak organisme psikrofil dan psikrotrof (*Pseudomonas* dan *Proteus*). Dalam keadaan beku (- 15) °C pertumbuhan mikroorganisme terhenti dan kebanyakan mulai mati. Penyimpanan pada suhu panas (50 – 55) °C dalam waktu lama akan dirusak oleh mikroorganisme termofil dan thermotrof (*Bacillus* dan *Clostridium*).

b. Kelembaban.

Penyimpanan pada tempat yang lembab akan meningkatkan aktivitas air bahan pangan, sehingga mudah ditumbuhi mikroorganisme dan menyebabkan kerusakan. Misalnya biji kering yang disimpan di tempat yang lembab akan menyerap air sehingga mudah ditumbuhi kapang. Bahan pangan yang didinginkan bila diletakkan pada tempat yang lembab akan terjadi kondensasi air pada permukaan sehingga memungkinkan tumbuhnya bakteri.

c. Faktor Implisit.

Merupakan sifat yang terdapat dalam mikroorganisme itu sendiri, meliputi :

- 1). Phase lambat (Lag Phase)

Merupakan tahap penyesuaian dengan lingkungan baru, lama phase ini tergantung jenis species, umur sel inokulasi dan lingkungan.

- 2). Phase Log (Log Phase).

Pada phase ini sel tumbuh dan membelah secara eksponensial sampai jumlah maksimal, kecepatan pertumbuhan dipengaruhi pH, Nutrien serta kondisi lingkungan.

- 3). Phase Tetap (Stationary Phase).

Pada phase ini jumlah populasi tetap, karena jumlah sel yang tumbuh dan yang mati sama. Ukuran sel menjadi kecil karena zat gizi berkurang, sel lebih tahan terhadap keadaan ekstrim seperti panas,dingin, radiasi dan bahan kimia. Pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi zat gizi, zat gizi turun sehingga pertumbuhan turun atau

berhenti.

4). Phase menurun (Death Phase).

Pada phase ini mikroorganisme mulai mati karena nutrien / zat gizi habis dan energi cadangan dalam sel habis, sehingga terjadi kematian eksponensial.

Tiga parameter yang menandai laju pertumbuhan mikroorganisme adalah lamanya phase Lag, laju pertumbuhan eksponensial dan produksi masa sel total. Laju pertumbuhan mikroorganisme berbeda, bakteri pada umumnya tumbuh lebih cepat dari khamir dan kapang. Species *Pseudomonas* dan *Bacillus* tumbuh lebih cepat dari pada species *Lactobacillus* dan *Streptococcus*.

3. Simbiosis.

Simbiosis terjadi apabila pertumbuhan suatu organisme menyebabkan perubahan keadaan yang memungkinkan organisme lain tumbuh. Misalnya : pertumbuhan khamir pada bahan pangan kadang-kadang menghasilkan vitamin B, sehingga kadar vitamin B pada makanan meningkat, hal ini memungkinkan tumbuhnya *Lactobacillus* yang sangat membutuhkan zat gizi tersebut. Khamir dan kapang dapat memecah asam yang terdapat secara alamiah dalam bahan pangan, ini mengakibatkan naiknya pH bahan pangan, keadaan ini memungkinkan tumbuhnya bakteri pembusuk. Tumbuhnya mikroorganisme menyebabkan turunnya potensial redoks, hal ini memungkinkan species anaerob (*Clostridium*) untuk tumbuh. Pertumbuhan kapang pada buah-buahan akan merusak struktur bagian luar (kulit), ini memungkinkan masuknya khamir dan dapat tumbuh subur pada daging buah. Antibiotik nisin yang dihasilkan *Streptococci* akan dirusak *Lactobacillus* dan *Bacillus*, sehingga mikroorganisme yang sebelumnya terhambat pertumbuhannya mengambil bagian dalam proses pembusukan. Oksidasi asam asetat oleh *Acetobacter*, pemecahan asam benzoat oleh kapang dapat memberi kesempatan bagi mikroorganisme yang dulunya terhambat pertumbuhannya.

4. Antagonis.

Antagonis terjadi bila pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan menghasilkan zat atau mengubah keadaan sehingga mikroorganisme lain terhambat / terhenti pertumbuhannya. Misalnya : Perbedaan laju pertumbuhan mikroorganisme

memungkinkan suatu organisme menghabiskan zat gizi yang penting dalam substrat, hal ini merugikan jenis mikroorganisme lain, misalnya *Micrococcus* dapat menghambat perkembangan *Staphylococcus*. Perkembangan yang subur dari jenis bakteri an aerob dan an aerob fakultatif dalam pangan dapat menurunkan potensial redoks yang cukup untuk menghambat pertumbuhan jenis bakteri aerob seperti *Micrococcus* dan *Pseudomonas*. Pengasaman kobis, mentimun, susu, sosis daging oleh bakteri asam laktat dapat menekan pertumbuhan bakteri gram negatif berbentuk batang yang semula banyak terdapat.

3. PENGENDALIAN PERTUMBUHAN MIKROORGANISME.

Untuk mencegah kerusakan pangan, pertumbuhan mikroorganisme harus dikendalikan. Ini dapat dicapai dengan menghilangkan satu atau lebih kondisi yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme atau dengan pengaturan kondisi yang mempengaruhi metabolisme mikroorganisme. Metode yang dapat digunakan untuk pengendalian pertumbuhan mikroorganisme adalah :

1. Pengurangan aktivitas air.

Untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan, aktivitas air pangan harus diturunkan sampai 0,6 atau di bawahnya. Ini dapat dilakukan dengan penggunaan panas dan penambahan garam atau gula pada pangan.

2. Pengubahan Suhu.

Pertumbuhan mikroorganisme dapat dicegah dengan penurunan maupun peningkatan suhu.

a. Penurunan Suhu.

Ada dua macam :

1). Pendinginan (Chilling).

Pangan diletakkan pada suhu di atas titik beku air ($0 - 5$) °C. Ini dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan sebagian mikroorganisme dapat mati. Tetapi ada beberapa mikroorganisme tetap tumbuh lambat, spora bakteri tetap hidup.

2). Pembekuan (Deep Freezing).

Pangan disimpan pada suhu -18°C atau lebih. Dilakukan pembekuan pada pangan, bila pangan akan disimpan lebih dari tiga bulan. Dengan pembekuan bakteri akan mengalami kematian, tetapi spora tetap

bertahan hidup.

b. Peningkatan Suhu.

Sel bakteri maupun spora dapat dirusak dengan memanaskan bahan pada suhu tinggi selama beberapa jam. Destruksi sempurna mikroorganisme dengan panas disebut sterilisasi. Perebusan merupakan pengawetan pangan jangka pendek, dengan perebusan jumlah mikroorganisme dalam pangan akan berkurang. Pangan yang tidak berasam tinggi jika akan diawetkan pada waktu yang lama perlu dipanaskan pada suhu di atas 100°C.

3. Penghilangan Oksigen.

Penghilangan oksigen mencegah pertumbuhan jamur dan bakteri aerobik, tetapi khamir dapat melakukan respirasi secara anaerob dan beberapa bakteri patogen juga bersifat anaerob. Sehingga cara ini dapat efektif sebagai usaha pengawetan jika metode lain digunakan. Misal, destruksi dengan panas pada proses pengalengan.

4. Pengaturan pH.

Penurunan pH pangan dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Metode paling banyak adalah penggunaan vinegar (asam asetat) pada pembuatan acar.

5. Irradiasi.

Irradiasi menggunakan sinar Beta dan Gamma. Irradiasi untuk saat ini dibatasi hanya untuk pasteurisasi pangan yang didinginkan.

6. Bahan Kimia.

Bahan kimia dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada bahan pangan, yaitu pengawet makanan.

F. KONTAMINASI/PENCEMARAN MAKANAN (FOOD CONTAMINATION) OLEH JAMUR

Kontaminasi/Pencemaran Makanan (*food contamination*) Menurut Depkes RI,(2004) Kontaminasi atau pencemaran adalah masuknya zat asing ke dalam makanan yang tidak dikehendaki, salah satunya adalah Pencemaran Mikroba, Seperti “Jamur”.

Kita telah mengenal jamur dalam kehidupan sehari-hari meskipun tidak sebaik tumbuhan lainnya. Hal itu disebabkan karena jamur hanya tumbuh pada waktu tertentu, pada kondisi tertentu yang mendukung, dan lama hidupnya terbatas.

Jamur (fungi, kapang, cendawan) merupakan tumbuhan tingkat rendah dan tidak

berklorofil. Ilmu yang mempelajari tentang jamur disebut “Mikrologi”.

1. SIFAT-SIFAT JAMUR.

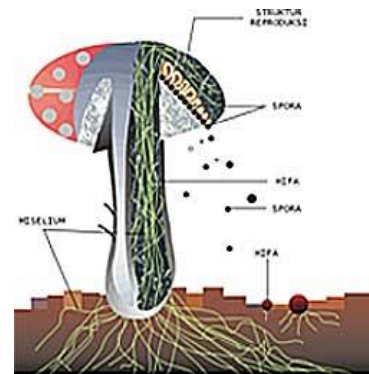
Tumbuhan jamur mempunyai inti yang sebenarnya (eukariotik). Sebagian jamur ada yang bersel satu (uniselluler) dan sebagian ada yang bersel banyak (multiselluler). Jamur yang bersel banyak tubuhnya terdiri atas benang-benang yang disebut hifa. Hifa yang bercabang-cabang membentuk jaring-jaring disebut miselium. Dinding sel atau dinding hifa terdiri atas selulosa, tetapi pada jamur tingkat tinggi dinding sel terdiri atas kitin. Habitat jamur pada tempat-tempat yang lembab mengandung zat-zat organik, sedikit asam, dan kurang cahaya matahari.

2. CIRI-CIRI UMUM JAMUR.

1. Struktur Tubuh.

Struktur tubuh jamur tergantung pada jenisnya.

Ada jamur yang satu sel, misalnya khamir, ada pula jamur yang multiseluler membentuk tubuh buah besar yang ukurannya mencapai satu meter, contohnya jamur kayu. Tubuh jamur tersusun dari komponen dasar yang disebut hifa. Hifa membentuk jaringan yang disebut *miselium*. Miselium menyusun jalinan-jalinan semu menjadi *tubuh buah*.



Hifa adalah struktur menyerupai benang yang tersusun dari dinding berbentuk pipa. Dinding ini menyelubungi membran plasma dan sitoplasma hifa. Sitoplasmanya mengandung organel eukariotik. Kebanyakan hifa dibatasi oleh dinding melintang atau *septa*. Septa mempunyai pori besar yang cukup untuk dilewati ribosom, mitokondria, dan kadangkala inti sel yang mengalir dari sel ke sel. Akan tetapi, adapula hifa yang tidak bersepta atau *hifa senositik*.

Struktur hifa senositik dihasilkan oleh pembelahan inti sel berkali-kali yang tidak diikuti dengan pembelahan sitoplasma. Hifa pada jamur yang bersifat parasit biasanya mengalami modifikasi menjadi *haustoria* yang merupakan organ penyerap makanan dari substrat, *haustoria* dapat menembus jaringan substrat.

2. Cara Makan dan Habitat Jamur.

Semua jenis jamur bersifat heterotrof. Namun, berbeda dengan organisme lainnya, jamur tidak memangsa dan mencernakan makanan. Untuk memperoleh

makanan, jamur menyerap zat organik dari lingkungan melalui hifa dan miseliumnya, kemudian menyimpannya dalam bentuk glikogen. Oleh karena jamur merupakan konsumen, maka jamur bergantung pada substrat yang menyediakan karbohidrat, protein, vitamin, dan senyawa kimia lainnya. Semua zat itu diperoleh dari lingkungannya.

Sebagai makhluk heterotrof, jamur dapat bersifat : parasit obligat, parasit fakultatif, atau saprofit.

a. *Parasit obligat* .

Merupakan sifat jamur yang hanya dapat hidup pada inangnya, sedangkan di luar inangnya tidak dapat hidup. Misalnya, *Pneumonia carinii* (khamir yang menginfeksi paru-paru penderita AIDS).

b. *Parasit fakultatif*.

adalah jamur yang bersifat parasit jika mendapatkan inang yang sesuai, tetapi bersifat saprofit jika tidak mendapatkan inang yang cocok.

c. *Saprofit*.

Merupakan jamur pelapuk dan pengubah susunan zat organik yang mati. Jamur saprofit menyerap makanannya dari organisme yang telah mati seperti kayu tumbang dan buah jatuh. Sebagian besar jamur saprofit mengeluarkan enzim hidrolase pada substrat makanan untuk mendekomposisi molekul kompleks menjadi molekul sederhana sehingga mudah diserap oleh hifa. Selain itu, hifa dapat juga langsung menyerap bahan organik dalam bentuk sederhana yang dikeluarkan oleh inangnya.

Cara hidup jamur lainnya adalah melakukan simbiosis mutualisme. Jamur yang hidup bersimbiosis, selain menyerap makanan dari organisme lain juga menghasilkan zat tertentu yang bermanfaat bagi simbiionnya. Simbiosis mutualisme jamur dengan tanaman dapat dilihat pada *mikoriza*, yaitu jamur yang hidup di akar tanaman kacang-kacangan atau pada liken. Jamur berhabitat pada bermacam macam lingkungan dan berasosiasi dengan banyak organisme. Meskipun kebanyakan hidup di darat, beberapa jamur ada yang hidup di air dan berasosiasi dengan organisme air. Jamur yang hidup di air biasanya bersifat parasit atau saprofit, dan kebanyakan dari kelas Oomycetes.

Atau dengan kata lain, Ciri-ciri Jamur, adalah sebagai berikut :

1. Mempunyai membran Inti (eukariot = inti sel sudah dilapisi selaput), tetapi dapat membuat makanan sendiri karena mengandung klorofil. Jamur memperoleh makanan dari lingkungan di sekitarnya.
 2. Ada yang bersel tunggal (uniselluler) ada juga yang bersel banyak (multiselluler).
 3. Susunan jamur bersel banyak (multiseluler) berderet-deret membentuk benang-benang halus yang disebut hifa.
 4. Hifa bercabang-cabang membentuk anyaman yang disebut dengan miselium yang berfungsi menyerap makanan dan substratnya.
 5. Hifa ada yang tidak bersekat serta menyebar didalam protoplasma yang disebut hifa keonositik.
 6. Dinding sel jamur terdiri dari zat kitin (zat yang sama dengan eksoskeleton serangga).
 7. Jamur jenis Oomycotina dinding sel-nya terbuat dari selulosa.
 8. Tidak mempunyai klorofil.
 9. Bersifat saprofit dan parasit.
 10. Makanannya berupa materi organik dari lingkungan sendiri.
 11. Pencernaan dilakukan secara ekstrasel.
 12. Berkembang biak secara aseksual dan seksual.
 13. Perkembangbiakan secara aseksual dilakukan oleh jamur yang bersel tunggal (uniseluler), yaitu dengan pertunasan dan pemutusan hifa (fragmentasi).
 14. Perkembangbiakan secara seksual dilakukan dengan membentuk askus spora.
3. PERTUMBUHAN DAN REPRODUKSI.

Pada sejumlah jamur bersel banyak, benang-benang hifa akan membentuk alat reproduksi. Reproduksi jamur dapat secara seksual (generatif) dan aseksual (vegetatif). Secara aseksual, jamur menghasilkan spora. Spora jamur berbeda-beda bentuk dan ukurannya dan biasanya uniseluler, tetapi adapula yang multiseluler. Apabila kondisi habitat sesuai, jamur memperbanyak diri dengan memproduksi sejumlah besar spora aseksual. Spora aseksual dapat terbawa air atau angin. Bila mendapatkan tempat yang cocok, maka spora akan berkecambah dan tumbuh menjadi jamur dewasa.

Reproduksi secara seksual pada jamur melalui *kontak gametangium* (salah satu tipe alat reproduksi yang menghasilkan gamet jantan atau gamet betina) dan *Konjugasi*

(alat reproduksi yaitu sporangium yang menghasilkan spora). Kontak gametangium mengakibatkan terjadinya *Singami*, yaitu persatuan sel dari dua individu. Singami terjadi dalam dua tahap, tahap pertama adalah *Plasmogami* (peleburan sitoplasma) dan tahap kedua adalah *Kariogami* (peleburan inti). Setelah plasmogami terjadi, inti sel dari masing-masing induk bersatu tetapi tidak melebur dan membentuk *Dikarion*. Pasangan inti dalam sel dikarion atau miselium akan membelah dalam waktu beberapa bulan hingga beberapa tahun. Akhirnya inti sel melebur membentuk sel diploid yang segera melakukan pembelahan meiosis.

Dengan demikian, perkembanganbiakan pada jamur dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Secara Vegetatif (asexual) dengan spora, tunas (budding), konidia.
2. Secara Generatif (sexual), dengan konjugasi (peleburan dua individu yang belum dapat dibedakan jenis kelaminnya), ascus, basidium.

4. KLASIFIKASI JAMUR.

Dalam penggolongannya fungsi/ jamur, dibagi dalam 6 (enam) Division yaitu = Myxomycotina, Oomycotina, Zygomycotina, Ascomycotina, Basidiomycotina dan Deutero mycotina.

1. Myxomycotina (Jamur lendir).

Ciri-cirinya :

- a. Myxomycotina merupakan jamur yang paling sederhana.
- b. Mempunyai 2 fase hidup, yaitu :
 - 1). Fase vegetatif (fase lendir) yang dapat bergerak seperti amuba, disebut plasmodium.
 - 2). Fase tubuh buah.
- c. Reproduksi : secara vegetatif dengan spora, yaitu spora kembara yang disebut myxoflagelata.
- d. Contoh spesies : Physarum polycephalum.

2. Oomycotina.

Ciri-cirinya :

- a. Tubuhnya terdiri atas benang/hifa tidak bersekat, bercabang-cabang dan mengandung banyak inti.
- b. Dinding sel terdiri dari sellulosa.

c. Reproduksi :

- 1). Dengan cara aseksual (Vegetatif) : hidup di air dengan zoospora yang hidup di darat dengan sporangium dan konidia (dengan membentuk zoospora yang mempunyai dua flagel).
- 2). Dengan cara seksual (Generatif) : bersatunya gamet jantan dan betina membentuk oospora yang selanjutnya tumbuh menjadi individu baru.

d. Contoh :

- 1). Saprolegnia parasitia, jamur yang menyebabkan penyakit pada ikan air tawar (hidup saprofit pada bangkai ikan, serangga darat maupun serangga air).
- 2). Phytophthora infestans (jamur parasit penyebab penyakit busuk pada tanaman kentang).
- 3). Pythium de baryanum (jamur yang menyebabkan pembusukan pada kecambah, tembakau, bayam, kemiri, nanas, jahe dan kina).

3. Zygomycotina.

Nama Zygomycota berasal dari jenis perbanyakan diri seksual, terutama pada pembentukan zigospora.

Ciri-cirinya :

- a. Tubuh multiseluler.
- b. Hifa tidak bersekat.
- c. Biasa hidup (habitat) sebagai saprofit.
- d. Miselium bercabang banyak dan hifa tidak bersekat sehingga terlihat seperti pipa.
- e. Dinding sel terdiri atas kitin, tidak memiliki zoospora sehingga sporanya merupakan sel-sel yang berdinding. Spora inilah yang tersebar ke mana-mana.
- f. Perkembangbiakan secara seksual dilakukan dengan peleburan dua hifa, yaitu : hifa betina dan hifa jantan. Hifa jantan adalah hifa yang memberikan isi selnya. Hifa betina adalah hifa yang menerima isi selnya.
- g. Perkembangbiakan secara aseksual dilakukan dengan spora yang berasal dari sporangium yang telah pecah.

Ringkasnya reproduksi (berkembang biak) secara :

- 1). Aseksual (vegetatif), dengan spora, membentuk spora dalam

sporangium (kotak spora) atau Zygomycotina berkembang biak aseksual dengan spora.

2). Seksual (generatif).

- a). Berlangsung secara konjugasi, sehingga terbentuk zigospora (yang berisi banyak inti diploid).
- b). Secara seksual jamur berkembang biak dengan konjugasi yang terjadi pada ujung-ujung hifa yang berlainan jenis sehingga terjadi pembengkakan dan pemanjangan pada daerah tersebut.
- c). Dengan konjugasi hifa (+) dengan hifa (-) akan menghasilkan zigospora yang nantinya akan tumbuh menjadi individu baru.

h. Contoh :

- 1). *Rhizopus oryzae* (untuk pembuatan sake).
- 2). *Rhizopus oligosporus*, untuk pembuatan tempe.
- 3). *Rhizopus stoloniferus*, merupakan ragi untuk pembuatan tempe dan roti.
- 4). *Mucor mucedo*, yang mengandung bahan organik tinggi, saprofit (biasa hidup di kotoran ternak dan roti).

4. Ascomycotina.

Merupakan kelompok jamur terbesar.

Ascomycota adalah kelompok jamur yang berkembang biak dengan membentuk spora di dalam selnya (kantong kecil) yang disebut askus. Pembentukan askus inilah yang menjadi ciri Ascomycota.

Ciri-ciri :

- a. Hifa bersekat.
- b. Tubuh ada yang uniseluler (bersel satu) dan ada yang multiseluler (bersel banyak), yang bersel satu lebih dikenal dengan ragi/khamir.
- c. Spora tidak berflagel.
- d. Ascomycotina, multiseluler, hifanya bersekat dan berinti banyak.
- e. Hidupnya : ada yang parasit, saprofit, ada yang bersimbiosis dengan ganggang membentuk Lichenes (Lumut kerak).
- d. Cara reproduksi :

Perkembangbiakan secara seksual dilakukan dengan pembentukan askospora melalui beberapa tahap, yaitu :

- 1). Perkawinan (kopulasi) antara gametangium jantan dan gametangium betina.
- 2). Bersatunya plasma kedua gametangium yang disebut dengan plasmolisis.
- 3). Bersatunya inti yang berasal dari gametangium yang disebut dengan kariogami.
- 4). Kariogami yang menyebabkan terjadinya pembelahan reduksi, dilanjutkan dengan pembentukan askospora secara endogen menurut pembentukan sel bebas. Perkembangbiakan secara aseksual dapat dilakukan dengan pembentukan konidium, fragmentasi, dan pertunasan.

Atau dengan kata lain :

- 1). Perkembangan secara Vegetatif.
 - a). Bersel tunggal : Berkembang biak dengan membentuk tunas (budding) : pada *saccharomyces* (berkembang biak secara konjugasi untuk menghasilkan sel yang diploid).
 - b). Pada jamur uniseluler membentuk tunas-tunas, pada yang multiseluler membentuk spora dari konidia, (Bersel banyak Berkembang biak dengan membentuk konidia yang merupakan spora vegetatif, misal : pada *fusarin*).
 - c). Dengan kladospora, yaitu spora yang berdinding tebal dan bentuknya tidak teratur, misalnya : pada *fusarium*.
- 2). Perkembangbiakan secara Generatif.

Dengan membentuk spora yang terbentuk di dalam askus. Sehingga disebut askospora. Askus-askus berkumpul dalam tubuh buah yang disebut askospora.

e. Contoh :

- 1). *Saccharomyces cereviceae*.
 - a). Hidup sebagai saprofit dan sering dimanfaatkan untuk pembuatan kue, tape, alkohol, roti, bersifat uniseluler, sel berbentuk bulat, tidak berhifa, dan berkembang biak dengan pertunasan.
 - b). Ragi atau *Sacharomyces cereviceae* dimanfaatkan untuk

mengembangkan adonan roti dan pembuatan alkohol. (mengubah glukosa menjadi alkohol).

Misalnya : pada proses pembuatan tape, pengembang roti.

- 2) *Aspergillus niger* Pektinase, untuk menghilangkan O₂ dari sari buah (menjernihkan sari buah).
 - 3). *Aspergillus oryzae* untuk pembuatan tape, sake, kecap.
 - 4). *Aspergillus flavus*, menghasilkan racun aflaktosin pada makanan kaleng yang rusak, hidup pada biji-bijian. flatoksin salah satu penyebab kanker hati.
 - 5). *Aspergillus wentii*, jamur untuk pembuatan kecap dan tauco.
 - 6). *Penicillium notatum*, jamur penghasil antibiotika penicilin.
 - a). Dapat memberi citarasa yang khas untuk keju rokefort dan kamembert.
 - b). Sedangkan *penicillium notatum* dan *penicillium chrysogenum* adalah pembuat penisilin karena bersifat racun yang dapat menghasilkan zat mematikan, yaitu antibiotika.
 - 7). *Penicillium camemberti* dan *requeforti* untuk pembuatan keju.
 - 8). *Neurospora sitophyla* (*Neurospora crassa*).
 - a). Merupakan jamur yang dimanfaatkan untuk pembuatan oncom.
 - b). Berwarna oranye dan sering tumbuh di kayu yang telah terbakar.
 - 9). *Fusarium*, jamur yang menyebabkan penyakit pada daun padi, tomat, tebu, dan pisang.
 - 10) *Roselinia arcuata*, jamur saprofit pada kayu yang telah mati.
 - 11) *Sacharomyces cerevisiae* (sehari-hari dikenal sebagai ragi).
 - a). Berguna untuk membuat bir, roti maupun alkohol.
 - b). Mampu mengubah glukosa menjadi alkohol dan CO₂ dengan proses fermentasi.
 - 12) *Claviceps purpurea* (hidup sebagai parasit pada bakal buah Gramineae).
5. Basidiomycotina.

Basidiomycota merupakan kelompok jamur yang pembentukan sporanya terjadi di atas sel yang disebut basidium. Basidium terdiri dari beberapa sel yang masing-masing membentuk satu basidiospora. Jamur kelompok ini dapat

berkembang biak secara aseksual dengan membentuk konidium dan berkembang biak secara seksual dengan membentuk spora basidium.

Ciri-ciri :

- a. Ciri khasnya alat reproduksi generatifnya berupa basidium sebagai badan penghasil spora.
- b. Kebanyakan anggota spesies berukuran makroskopik.
- c. Pada umumnya tubuh buahnya makroskopis.
- d. Tubuh buahnya disebut basidiokarp yaitu tempat terbentuknya basidium yang di dalamnya terdapat spora.
- e. Hifa-nya bersekat.
- f. Hidupnya sebagai saprofit atau parasit.
- g. Reproduksi – Aseksual : membentuk spora vegetatif (konidia).
- h. Seksual : membentuk spora generatif (basidiospora).
- i. Contoh :
 - 1). *Volvariella volvacea* (yang mengguntungkan, misalnya : jamur merang).
 - 2). *Auricularia politrica* (jamur kuping).
 - 3). *Pleuroter* (jamur tiram/kayu).
 - 4). *Puccinia graminis* (jamur api/jamur karat), parasit pada gandum), parasit pada gramineae dan tumbuhan dikotyl.
 - 5). *Ustilago* (jamur karat), parasit pada jagung dan tebu.
 - 6). *Amanita phalloides* / *Amanita muscaria* (jamur beracun) berwarna putih dan merah, hidup di tanah, jamur beracun, habitat di daerah subtropis.
 - 7). *Corticium salmonella* (jamur upas).
 - 8). *Exobasidium vexans* : parasit pada pohon teh penyebab penyakit cacar daun teh atau blister blight.
 - 9). *Ustilago maydis* : jamur api, parasit pada jagung.

6. Deuteromycotina.

Disebut jamur tak sempurna (fungi imferpect) karena pada jamur ini belum diketahui dengan pasti cara pembiakan secara generatif.

Contoh : Jamur oncom sebelum diketahui pembiakan generatifnya dinamakan *Monilia sitophila* tetapi setelah diketahui pembiakan generatifnya yang berupa

askus, namanya diganti menjadi *Neurospora sitophila* dimasukkan ke dalam Ascomycotina.

Banyak penyakit kulit karena jamur (dermatomikosis) disebabkan oleh jamur dari golongan ini, misalnya : *Epidermophyton fluocosum* penyebab penyakit kaki atlet, *Microsporum* sp., *Trichophyton* sp. penyebab penyakit kurap. Mikorhiza.

Mikorhiza adalah simbiosis antara jamur dengan tumbuhan tingkat tinggi, jamur yang dari Divisio Zygomycotina, Ascomycotina dan Basidiomycotina.

Ciri-ciri :

- a. Tidak termasuk dalam kelas jamur Ascomycota dan Basidiomycota. Oleh karena itu, jamur ini merupakan jamur yang tidak sempurna (jamur imperfektif).
- b. Jamur Deuteromycota adalah jamur yang berkembang biak dengan konidia dan belum diketahui tahap seksualnya.
- c. Jamur-jamur yang tergolong pada jamur imperfeksi ini banyak yang menimbulkan penyakit.
- d. Hifa bersekat, dinding sel dari bahan kitin.
- e. Reproduksi secara aseksual, dengan membentuk spora vegetatif (konidia).
- f. Contoh :
 - 1). *Monilia sitophyla* (*Neurospora sitophila*), jamur oncom.
 - 2). *Helminthosporium oryzae*, *Sclero Hum rolfsii*.
 - 3). *Epidermophyton*, *Microsporum*, *Trichophyton*, penyebab penyakit kurap pada kulit manusia.

5. PERANAN JAMUR BAGI MANUSIA.

Peranan jamur dalam kehidupan manusia sangat banyak, baik peran yang merugikan maupun yang menguntungkan.

1. Jamur yang menguntungkan.

Jamur yang menguntungkan, antara lain :

- a. *Volvariella volvacea* (jamur merang) berguna sebagai bahan pangan berprotein tinggi.
- b. *Rhizopus* dan *Mucor* berguna dalam industri bahan makanan, yaitu dalam pembuatan tempe dan oncom.

- c. Khamir *Saccharomyces* berguna sebagai fermentor dalam industri keju, roti, dan bir.
- d. *Penicillium notatum* berguna sebagai penghasil antibiotik.
- e. *Higroporus* dan *Lycoperdon perlatum* berguna sebagai dekomposer.

2. Jamur yang merugikan.

Jamur yang merugikan , antara lain :

- a. *Phytium* sebagai hama bibit tanaman yang menyebabkan penyakit rebah semai.
- b. *Phytophthora infestan* menyebabkan penyakit pada daun tanaman kentang.
- c. *Saprolegnia* sebagai parasit pada tubuh organisme air.
- d. Albugo merupakan parasit pada tanaman pertanian.
- e. *Pneumonia carinii* menyebabkan penyakit pneumonia pada paru-paru manusia.
- f. *Candida* sp. penyebab keputihan dan sariawan pada manusia.
- g. *Amalita phalloides*, *Phalloibes* dan *A.pirosa* yang dapat menyebabkan kematian.

G. FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB TERJADINYA KERACUNAN MAKANAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP KESEHATAN

Di Indonesia, pada umumnya setiap makanan dapat dengan leluasa beredar dan dijual tanpa harus terlebih dahulu melalui kontrol kualitas dan kontrol keselamatan sehingga masih lebih dari 70 % makanan yang dijual dihasilkan oleh produsen yang masih tradisional yang dalam proses produksinya kebanyakan masih jauh dari persyaratan kesehatan dan keselamatan, sehingga kasus keracunan makanan meningkat.

1. Faktor- faktor penyebab terjadinya kasus keracunan makanan.

1. Terkait dengan Six Principle (6 prinsip) Hygine Sanitasi Makanan.

Catatan : Six Principle (6 prinsip) Hygine Sanitasi Makanan pada BAB V ini, tidak dibahas secara detail karena sudah dibahas pada BAB I, pada bab V ini Six Principle (6 prinsip) Hygine Sanitasi Makanan hanya dibahas sekilas masalah kebersihan dan proses mengolah makanan yang tidak higienis untuk membawa alam pikiran pembaca menuju potensi bahaya jamur.

Jika berbicara tentang kebersihan dan proses mengolah makanan yang tidak higienis, maka tidak lepas dari Six Principle (6 prinsip) upaya hygiene sanitasi makanan yang saat ini sering diabaikan oleh para pengelola usaha Rumah makan, IRT, Jasa boga, Katering, Tempat pembuatan makanan asrama/panti/dapur umum, Pedagang makanan kaki lima, Pedagang makanan keliling, Kantin, Tempat penjualan makanan terolah dan makanan jajanan anak sekolah dalam memperoses makanan.

Resiko yang ditimbulkan terhadap manusia, bisa terjadi pada saat :

a. Pemilihan Bahan Makanan (Prinsip I).

- 1). Bahan makanan yang mentah (segar) yaitu bahan makanan yang perlu pengolahan sebelum dihidangkan.
- 2). Makanan yang terolah (pabrik).
- 3). Makanan yang siap santap.

b. Penyimpanan bahan makanan (Prinsip II).

Kerusakan bahan makanan dapat terjadi karena :

- 1). Tercemar bakteri karena alam atau perlakuan manusia.
- 2). Adanya enzim dalam makanan yang diperlukan untuk proses pematangan seperti pada buah-buahan.
- 3). Kerusakan mekanis akibat gesekan, tekanan dan benturan.

c. Pengolahan Makanan (Prinsip 3).

- 1). Tempat pengolahan makanan.
- 2). Peralatan masak.
- 3). Tenaga pengolah makanan (penjamah makanan).

d. Penyimpanan makanan masak (Prinsip 4).

Proses penyimpanan makanan yang telah diolah harus diperhatikan hal-hal yang dapat menyebabkan terkontaminasi, antara lain :

- 1). Karakteristik pertumbuhan bakteri pada makanan masak.
 - a). Kadar air makanan.
 - b). Jenis makanan.

Makanan protein seperti daging, ikan, telur, susu serta hasil olahannya merupakan jenis makanan yang disukai bakteri, karenanya cepat menjadi rusak, salah satu spesies bakteri yang sering ada pada jenis makanan tersebut adalah *Salmonella aureus*.

Makanan yang mengandung lemak sedikit dan air, tidak disukai bakteri tetapi disukai ” Jamur” sehingga timbul bau tengik.

- c). Suhu makanan.
- 2). Cara penyimpanan makanan yang akan disimpan perlu memperhatikan :
 - a). Wadah.
 - b). Suhu.
 - c). Waktu tunggu.
- e. Pengangkutan makanan (Prinsip 5).
- f. Penyajian Makanan (Prinsip 6).

Jika proses kebersihan dan proses mengolah makanan tidak higienis (tidak memperhatikan persyaratan kesehatan dan keselamatan atau Six Principle (6 prinsip) upaya hygiene sanitasi makanan yang sudah dijelaskan pada pembahasan terdahulu tentu akan beresiko terhadap terjadinya kasus keracunan makanan.

2. Adanya mikroorganisme penyebab keracunan makanan.

Keracunan makanan selain disebabkan oleh faktor kebersihan dan proses pengolahan makanan, juga disebabkan oleh bakteri-bakteri dan lain-lain.

Berdasarkan mekanisme kejadian dan bakteri penyebabnya maka keracunan makanan dibagi dalam 2 type, yaitu :

- a. Type infeksi disebabkan oleh *Vibrio Parahaemoliticus*, *Salmonella* spp, *Escherichia coli* pathogen, dan lainnya.

1). Keracunan *Vibrio Parahemolitik*.

Vibrio parahemolicus adalah bakteri halofilik yang merupakan bakteri bentuk batang bengkok, gram negatif dan bergerak karena ada flagel pada satu kutubnya. Bakteri ini tidak membentuk spora, bersifat aerob atau fakultatif an aerob tidak dijumpai pada enterotiksin.

Bakteri ini menetap di lingkungan lautan yang tenang dan dikenal menyebabkan gastroenteritis yang berhubungan dengan makanan.

2). Keracunan *Salmonella*.

Salmonella terdapat pada makanan dalam jumlah tinggi, tetapi tidak selalu menimbulkan perubahan dalam hal warna, bau, maupun rasa dari makanan tersebut. Semakin tinggi jumlah *Salmonella* dalam makanan, semakin besar timbulnya gejala infeksi pada orang yang memakan

makanan tersebut dan semakin cepat waktu inkubasi sampai timbulnya gejala infeksi.

Makanan yang sering terkontaminasi oleh *Salmonella* yaitu telur dan hasil olahannya, ikan dan hasil olahannya, daging ayam, daging sapi serta susu dan hasil olahannya, es krim dan keju.

Contoh kasus, hampir setiap penyakit infeksi dari *Salmonella* disebabkan karena mengkonsumsi makanan atau minuman yang tercemar. Bahan makanan yang sudah tercemar tersebut seperti kue yang mengandung susu, daging cincang, sosis, telur dan daging panggang. Gejala awal nyeri kepala, muntah, gangguan pada perut waktu buang air besar, suhu tubuh tinggi disertai batuk kering.

Penyebab keracunan oleh *Salmonella enteritidis* adalah adalah var. *Typhimuribin* dan *Salmonella cholrasus*. *Salmonella* akan mempengaruhi usus besar (kalon). Terjadinya sakit perut tiba-tiba uncul mulai 8 jam – 48 jam setelah makan makanan yang tercemar, diikuti diare yang encer, kadang dengan lendir dan darah dan sering mual dan muntah. Keracunan *Salmonella* disebabkan oleh karena memakan makanan yang tercemar.

Pencegahannya dengan cara memasak makanan yang dibuat dari daging dengan pemanasan yang sempurna, penyimpanan makanan pada suhu yang sesuai, melindungi makanan dari kontaminasi lalat, dan pemeriksaan berkala pada orang yang menangani makanan.

3). *Escherichia coli* Pathogen.

Escherichia coli (*E. coli*) merupakan flora normal di dalam saluran pencernaan hewan dan manusia yang mudah mencemari air, oleh karena kontaminasi air yang sudah digunakan. Bahan makanan yang sering terkontaminasi oleh *E. coli* diantaranya daging ayam, daging sapi, daging babi selama penyembelihan, ikan dan makanan-makanan hasil laut lainnya, telur dan produk olahannya, sayuran, buah-bauhan, sari buah serta bahan minuman seperti susu dan lainnya.

Alat-alat yang digunakan dalam industri pengolahan sering terkontaminasi oleh *E. coli* yang berasal dari air yang digunakan untuk mencuci.

E. coli merupakan bakteri yang sensitif terhadap panas, maka untuk mencegah pertumbuhan bakteri ini pada makanan disimpan pada suhu yang rendah.

- b. Type intoksitasi disebabkan oleh *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringes*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus aureus*.

1). Keracunan *Staphylococcus*.

Keracunan *Staphylococcus* merupakan gejala intoksikasi yang paling banyak dilaporkan, dimana setiap tahunnya meliputi 20 % sampai 50 % dari seluruh keracunan yang disebabkan oleh makanan. Gejala keracunan ini disebabkan oleh tertelannya suatu toksin yang disebut enterotoksin yang mungkin terdapat di dalam makanan dan diproduksi oleh spesies dan strain tertentu dari bakteri *Staphylococcus*. Toksin ini disebut enterotoksin karena dapat menyebabkan gastroenteritis atau inflamasi pada saluran usus. Bakteri yang dapat menyebabkan keracunan *staphylococcus* atau strain tertentu dan *staphylococcus aureus*. Pembentukan enterotoksin oleh *Staphylococcus aureus* dalam makanan dipengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya terposisi substrat suhu, waktu dan pH, adanya garam NaCl dan Nitrit, antibiotik dan sebagainya.

Enterotoksin pada umumnya diproduksi oleh *Staphylococcus aureus* dalam makanan basah yang sudah pernah dimasak atau dipanaskan. Jenis makanan yang dapat ditumbuhi *Staphylococcus aureus* misalnya daging dan ikan yang telah dimasak atau diolah, hasil olahan telur, makaroni, susu, keju dan hasil olahan sayur yang mengandung daging atau kaldu. Kontaminasi pada susu dan hasil olahannya dapat berasal dari infeksi mastitis pada sapi perahannya. Meskipun telah dimasak, makanan-makanan tersebut masih mungkin mengalami kontaminasi. Misalnya melalui tangan/ lingkungan selama penyimpanan sebelum dikonsumsi. Keracunan *Staphylococcus* hampir selalu berasal dari makanan yang telah dimasak, karena pada makanan yang telah dimasak jumlah mikroba lain yang dapat menghambat pertumbuhannya sudah sangat kurang.

Pencegahan keracunan *Staphylococcus* tindakan utama yang harus dilakukan adalah mencegah terjadinya kontaminasi makanan oleh

Staphylococcus dengan menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri yang telah terlanjur mencemari makanan. Kontaminasi dapat dicegah dengan menjaga kebersihan atau sanitasi yang baik dengan menggunakan bahan mentah yang tidak terkontaminasi. Misalnya tidak menggunakan susu mentah tetapi susu yang telah dipasteurisasi serta menjaga pekerja atau pengolah makanan terhadap kontaminasi pada makanan. Pertumbuhan bakteri dapat dicegah dengan melakukan pendinginan, menurunkan pH makanan atau dengan penambahan komponen yang bersifat bakteristatik, misalnya antibiotik.

2). Keracunan perfringes.

Keracunan Perfringes adalah suatu gejala intoksikasi yang disebabkan oleh suatu bakteri pembentuk spora, yaitu *Clostridium perfringes* sebagai bakteri penyebab keracunan makanan. Makanan yang terkontaminasi oleh *Clostridium perfringes* dapat menyebabkan keracunan bila disimpan dalam waktu yang cukup lama pada suhu yang memungkinkan pertumbuhannya. Suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah mendekati 47°C dengan waktu generasi kurang dari 20 menit jika tumbuh pada makanan yang mengandung daging, oleh karena itu *Clostridium perfringes* sangat cepat tumbuh pada makanan yang disimpan dalam keadaan hangat.

Waktu generasi dari *Clostridium perfringes* pada suhu 35°C adalah 8,8 menit. Pertumbuhan sangat lambat pada suhu 26°C dan 51°C dan beberapa strain tidak akan tumbuh pada suhu 15°C atau dibawahnya. Untuk mencegah pertumbuhan *Clostridium Perfringes*, penyimpanan makanan dalam keadaan hangat sebaiknya dilakukan pada suhu diatas 60°C. *Clostridium perfringes* biasanya terdapat dalam daging mentah dan tinja hewan, bakteri ini penyebab utama keracunan makanan. Penyakit ini timbul akibat mengkonsumsi makanan yang tercemari organisme tersebut dan disimpan dalam kondisi suhu yang menunjang berkembang biaknya spora dan sel vegetatif yang menghasilkan enterotoksin pada waktu membentuk spora dalam rongga usus. Gejala keracunan timbul 8-24 jam setelah makanan tercemar, gejala utamanya adalah sakit perut dan diare.

3. Adanya bahan kimia yang terkandung dalam makanan.

Manusia sebagai sumber bahan pencemar karena manusia menggunakan bahan makanan tambahan dalam proses pengolahan makanan, serta menggunakan pestisida atau insektisida yang tidak tepat dan tidak bijaksana dalam pengendalian hama serangga pada gudang penyimpanan bahan makanan dan pada tempat pengolahan bahan makanan. Kenyataan yang terjadi di lapangan apabila seorang ibu rumah tangga yang ingin mengolah sayuran maka proses pencuciannya harus diperhatikan, sehingga bahan kimia (pestisida) yang melekat pada sayuran tersebut dapat diatasi. Demikian juga pewadahan makanan yang tidak menggunakan lapisan wadah yang aman yang dapat mengkontaminasi makanan, yaitu menggunakan media yang bersifat korosif atau berkarat dan media yang bersifat asam. Disamping itu air yang telah tercemar dengan logam berat seperti merkuri atau air raksa dapat mengkontaminasi ikan dan beberapa tumbuhan yang secara alami mengandung racun dalam jumlah yang banyak seperti asam cyanida (HCN) pada tanaman singkong, ubi gadung, talas hutan dan kentan liar.

Masalah keracunan makanan yang disebabkan oleh bahan kimia makin meningkat dewasa ini. Hampir setiap tahun kasus keracunan selalu ada, angka kejadiannya pun cukup tinggi. Dari seluruh kasus keracunan makanan sebagian besara bersumber pada pengolahan makanan yang tidak higienis. Ironisnya makanan yang tidak higienis banyak dijual di kantin sekolah dan sasarannya adalah anak-anak sekolah yang mengomsumsi jajanan di kantin sekolah.

H. BAHAN, CARA PENGAMBILAN, DAN PEMERIKSAAN USAP ALAT MAKAN

Pemeriksaan angka kuman alat makan dilakukan dengan usap alat makan dan pemeriksaan angka kuman di laboratorium dengan metode PCA (Plate Count Agar). Berikut tahap pemeriksaan angka kuman usap alat:

ALAT DAN BAHAN PENGAMBILAN SAMPEL

1. Media transport cairan buffer phosphate dalam botol. Berisi cairan -1/4 botol dalam keadaan steril.
2. Lidi kapas steril (lidi waten) yaitu lidi pada ujungnya dililit kapas
3. Alkohol 75% dan sarung tangan steril
4. Spidol huruf kecil
5. Lampu bunsen atau lampu spritus

6. Formulir pengambilan sampel untuk pemeriksaan laboratorium
7. Gunting kecil
8. Kertas cellotape
9. Termos es
10. Tas pembawa pengambilan contoh
11. Jendela usap steril ukuran $10 \times 5 = 50\text{cm}^2$
12. Sabun desinfektansi

PROSEDUR PENGAMBILAN SAMPEL

1. Sarung tangan yang steril disiapkan untuk mulai mengambil sampel.
2. Ambil alat makan yang akan diperiksa masing-masing diambil 5 buah tiap jenis yang diambil secara acak dengan menggunakan sarung tangan steril dari tempat pengeringan/penirisan.
3. Siapkan catatan formulir pemeriksaan alat makan dalam kelompok-kelompok.
4. Siapkan lidi steril, kemudian menutup botol yang berisi cairan garam buffer phosphate.
5. Masukkan lidi kapas steril ke dalam botol, lalu ditekan ke dinding botol untuk membuang airnya, kemudian diangkat dan melakukan usapan.
6. Cara melakukan usapan : Gelas dengan usapan mengelilingi bidang permukaan luar dan dalam bagian bibir setinggi 6 mm. – Piring; Usapan dilakukan pada bagian permukaan dalam dengan cara melakukan 2 usapan yang satu sama lainnya saling menyilang.
7. Setiap bidang permukaan yang diusap dilakukan 3 (tiga) kali berturut-turut, dan satu lidi kapas atau 1 (satu) swab digunakan untuk satu kelompok alat makan yang diperiksa.
8. Setiap selesai melakukan usapan pada 1 (satu) alat dari satu kelompok jenis alat makan, lidi kapas steril harus dimasukkan ke dalam botol berisi cairan garam buffer phosphat, diputar-putar dan ditekankan ke dinding untuk membuang cairannya, lalu diangkat dan digunakan untuk mengusap alat berikutnya. Hal ini dilakukan berulang-ulang sampai seluruh alat makan dalam satu kelompok diambil usapnya. Dengan demikian maka untuk satu jenis alat hanya menggunakan satu lidi kapas.
9. Setelah semua kelompok alat makan sudah diusap, lidi kapas dimasukkan ke dalam botol, lidinya dipatah atau digunting. Sebelum ditutup, bibir botol dan penutupnya disterilkan dengan memanaskan pada api spiritus.

10. Tempelkan kertas cello tape dan tulis etiket dengan spidol yang menyatakan alat makan, tempat pengambilan contoh, dan diberi kode sesuai dengan lembar formulir.
11. Masukkan botol sampel ke dalam termos dan kirim segera ke laboratorium untuk pemeriksaan lebih lanjut.

PEMERIKSAAN DI LABORATORIUM

Prosedur pemeriksaan angka kuman alat makan di laboratorium antara lain sebagai berikut :

1. Sediakan 6 buah tabung steril dalam rak tabung. Masing-masing tabung diberi tanda 10-1, 10-2, 10-3, 10-4, 10-5, 10-6 sebagai kode pengenceran dan tanggal pemeriksaan.
2. Siapkan 7 buah petri dish steril. Pada 6 (enam) buah petri dish diberi tanda pada bagian belakangnya sesuai dengan kode pengenceran pada tanggal pemeriksaan pada tanggal pemeriksaan seperti butir 1. Satu petri dish lainnya diberi tanda kontrol.
3. Isi tabung pertama sampai tabung keenam diisi 9 ml garam buffer phosphate dengan pH 7,2
4. Kocok bahan spesimen sampai homogen, selanjutnya diambil 1 ml dimasukkan ke dalam tabung pertama dengan pipet dan dibuat sampai homogen.
5. Pindahkan 1 ml bahan dari tabung pertama ke tabung kedua dengan pipet. Demikian selanjutnya sampai hingga tabung keenam.
6. Ambil 1 ml dari masing-masing tabung di atas dan dimasukkan ke dalam petri dish, dimulai dari tabung keenam, dengan menggunakan pipet steril, sesuai dengan kode pengenceran yang sama.
7. Tuangkan dengan Plate Count Agar (PCA) cair yang telah dipanaskan dalam water bath $\pm 45^{\circ}\text{C}$ sebanyak 15-20 ml ke dalam masing-masing petri dish. Masing-masing petri dish digoyang perlahan-lahan hingga tercampur merata dan dibiarkan hingga dingin dan membeku.
8. Masukkan ke dalam incubator pada suhu 37°C selama 2 kali 24 jam dalam keadaan terbalik.
9. Buat kontrol dari cairan garam buffer phosphate dimasukkan ke dalam petri dish control dan dituangi plate count agar (PCA) cair seperti tersebut diatas sebanyak 15-20 ml.

10. Lakukan pembacaan hasil setelah 2 x 24 jam, dengan cara menghitung jumlah koloni yang tumbuh pada petri dish dengan menggunakan alat coloni counter.

PEMBACAAN HASIL

1. Dihitung jumlah koloni yang tumbuh pada petri dish, koloni yang bergabung menjadi satu atau membentuk satu deretan yang terlihat sebagai garis tebal atau jumlah koloni meragukan dihitung sebagai koloni kuman.
2. Bila jumlah koloni pada petri dish kontrol lebih dari 10 maka pemeriksaan harus diulang karena sterilisasi dianggap kurang baik.
3. Dilakukan perhitungan hanya pada petri dish yang menghasilkan jumlah koloni antara 30-300 dan bila koloni pada petri dish kontrol lebih kecil dari 10. Jumlah koloni pada masing masing petri dish ini harus lebih dahulu dikurangi dengan petri dish kontrol.

BAB VI

KONSEP MIKROBIOLOGI SAMPAH

A. LATAR BELAKANG

Sampah pada dasarnya merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia maupun proses-proses alam yang tidak mempunyai nilai ekonomi, bahkan dapat mempunyai nilai yang negatif karena dalam penanganannya, baik untuk membuang atau membersihkannya memerlukan biaya yang cukup besar. Selain itu karakteristik dari sampah adalah bau, sampah juga dapat, menimbulkan penyakit seperti diare. Sampah merupakan konsekuensi dari adanya aktivitas masyarakat. Setiap aktivitas manusia pasti menghasilkan buangan atau sampah. Seiring dengan tumbuhnya sebuah kota, bertambah pula beban yang harus diterima kota tersebut. Salah satunya adalah beban akibat dari sampah yang diproduksi oleh masyarakat perkotaan secara kolektif. Untuk kota-kota besar, sampah akan memberikan berbagai dampak negatif yang sangat besar apabila penanganannya tidak dilakukan secara cermat dan serius yaitu mengakibatkan terjadinya perubahan keseimbangan lingkungan yang merugikan atau tidak diharapkan sehingga dapat mencemari lingkungan baik terhadap tanah, air dan udara. Pengelolaan sampah secara efektif dan efisien harus dijalankan oleh semua pihak, baik masyarakat maupun pemerintah. Semua pihak ini bertanggungjawab terhadap penanganan sampah sehingga tidak lagi menimbulkan masalah. Permasalahan sampah merupakan hal yang krusial. Bahkan sampah dapat dikatakan sebagai masalah kultural karena dampaknya terkena pada berbagai sisi kehidupan. Upaya penanganan sampah perlu dilakukan secara manajerial dengan benar serta melibatkan semua unsur baik pemerintah, swasta maupun masyarakat yang diharapkan dapat meminimalkan biaya yang dikeluarkan dalam pengelolaannya. Sampah dan pengelohannya kini menjadi masalah yang kian mendesak di kota-kota Indonesia. Penanganan dan pengendalian permasalahan persampahan di kota menjadi semakin kompleks dan rumit dengan semakin kompleksnya jenis maupun komposisi dari sampah sejalan dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk serta aktivitas penduduk Kota. Masyarakat tidak mau berurusan terlalu dekat dengan sampah, padahal sudah dipastikan bahwa setiap hari mereka akan selalu menghasilkan sampah. Mereka berharap kegiatan sehari-hari mereka bisa terhindar dari sampah, seperti TPS maupun truk pengangkut sampah.

Hal tersebut memang tidak bisa dihindari sebab sampah sendiri sampai saat ini banyak memiliki dampak negatif. Pengelolaan sampah menjadi tanggung jawab bersama antara pemerintah dan masyarakat. Untuk sampah permukiman, pembagian tanggung jawab pengelolaan sampah dibedakan menjadi dua, pengelolaan sampah dari sumber hingga ke TPS menjadi tanggung jawab masyarakat, dan pengelolaan sampah dari TPS hingga ke TPA menjadi tanggung jawab pemerintah daerah. Hal tersebut dijelaskan dalam (Peraturan Menteri Dalam Negeri nomor 33 tahun 2010). Kegiatan pengelolaan sampah yang menjadi tanggung jawab masyarakat adalah kegiatan:

1. Pewadahan dan pemilahan sampah di sumber.
2. Pengolahan sampah skala masyarakat di sumber.
3. Pengumpulan sampah dari sumber ke TPS.

Sedangkan kegiatan pengelolaan sampah permukiman yang menjadi tanggung jawab Pemerintah Daerah, adalah:

1. Penampungan sampah berupa TPS.
2. Pengangkutan sampah dari TPS ke TPA.
3. Pengolahan sampah skala kota.
4. Pemrosesan akhir sampah.

Pengolahan sampah adalah suatu upaya untuk mengurangi volume sampah atau merubah bentuk menjadi lebih bermanfaat, antara lain dengan cara pembakaran, pengomposan, penghancuran, pengeringan dan pendaaur ulangan. (SNI T-13-1990-F). Adapun teknik pengolahan sampah adalah sebagai berikut :

1. Pengomposan (Composting), adalah suatu cara pengolahan sampah organik dengan memanfaatkan aktifitas bakteri untuk mengubah sampah menjadi kompos (proses pematangan). Pengomposan dilakukan terhadap sampah organik.
2. Pembakaran sampah, dapat dilakukan pada suatu tempat, misalnya lapangan yang jauh dari segala kegiatan agar tidak mengganggu. Namun demikian pembakaran ini sulit dikendalikan bila terdapat angin kencang, sampah, arang sampah, abu, debu, dan asap akan terbawa ketempat-tempat sekitarnya yang akhirnya akan menimbulkan gangguan. Pembakaran yang paling baik dilakukan disuatu instalasi pembakaran, yaitu dengan menggunakan insinerator, namun pembakaran menggunakan incinerator memerlukan biaya yang mahal.
3. Recycling, merupakan salah satu teknik pengolahan sampah, dimana dilakukan pemisahan atas benda-benda bernilai ekonomi seperti: kertas, plastik, karet, dan

lain-lain dari sampah yang kemudian diolah sehingga dapat digunakan kembali baik dalam bentuk yang sama atau berbeda dari bentuk semula.

4. Reuse, Merupakan teknik pengolahan sampah yang hampir sama dengan recycling, bedanya reuse langsung digunakan tanpa ada pengolahan terlebih dahulu.
5. Reduce, Adalah usaha untuk mengurangi potensi timbulan sampah, misalnya: tidak menggunakan bungkus kantong plastik yang berlebihan.

Saat ini telah dikembangkan produk agen dekomposer melalui mikroorganisme lokal (MOL) yang sesuai untuk proses penguraian sampah organik sehingga proses pengomposan lebih cepat. salah satunya yang dikenal masyarakat adalah larutan Effektive Mikroorganism 4 (EM4). Bagi lingkungan hidup seperti tanah, adanya mikroorganisme dapat menentukan tingkat kesuburan tanah dan memperbaiki kondisi tanah

B. JENIS SAMPAH

1. Berdasar Sumber Sampah

- a. Sampah Rumah Tangga, sampah yang berasal dari kegiatan rumah tangga ini dapat terdiri dari bermacam-macam jenis sampah yaitu:
 - 1) Sampah basah atau sampah yang terdiri dari bahan-bahan organik yang mudah membusuk yang sebagian besar adalah sisa makanan, potongan hewan, sayuran, dan lain-lain.
 - 2) Sampah kering yaitu sampah yang terdiri dari logam seperti besi tua, kaleng bekas, dan sampah kering non logam misalnya kertas, kayu, dan kaca.
- b. Sampah Komersial, sampah yang berasal dari kegiatan komersial seperti pasar, pertokoan, rumah makan, bengkel, kios, dan lain-lain.
- c. Sampah Bangunan, sampah yang berasal dari kegiatan pembangunan termasuk pemugaran dan pembongkaran suatu bangunan seperti semen, kayu, batu bata, genting, dan lain-lain.
- d. Sampah Fasilitas Umum, sampah ini berasal dari pembersihan dan penyapuan jalan, trotoar, taman, dan fasilitas umum lainnya. Contoh jenis sampah ini yaitu daun, ranting, kertas pembungkus, plastik, rokok, debu, dan lain-lain.

2. Berdasar Sifatnya

Menurut sifatnya dibagi menjadi 2 macam, diantaranya yaitu :

- a. Sampah organik atau degradable yaitu suatu jenis sampah yang dapat membusuk, dan terurai kembali. Sampah ini dapat dijadikan pupuk kompos yang berguna dalam menyuburkan tanaman. Contohnya sisa makanan dari sayur-sayuran, daun kering atau makanan.
- b. Sampah anorganik atau undegradable yaitu sampah yang susah membusuk dan tidak dapat diuraikan kembali. Namun keunggulannya yaitu dapat didaur ulang menjadi sesuatu yang bermanfaat. Contohnya botol plastik, kertas bekas, karton, kaleng bekas dan masih banyak lagi.

3. Berdasarkan Bentuknya

Menurut bentuknya dibagi menjadi beberapa macam diantaranya yaitu :

- a. Sampah padat yaitu sampah yang merupakan jenis material, yang dibuang oleh manusia (kotoran manusia tidak termasuk). Jenis sampah yang termasuk pada sampah padat diantaranya yaitu plastik bekas, pecahan gelas, kaleng bekas, sampah dapur, dan sebagainya.
- b. Sampah cair yaitu jenis sampah yang berbahan cair yang sudah tidak dibutuhkan lagi dan dibuang ke tempat sampah. Contohnya sampah cair yang berasal dari toilet, sampah cair yang berasal dari dapur, dan sampah cair yang berasal dari tempat cucian.

C. PENGARUH SAMPAH TERHADAP KESEHATAN DAN LINGKUNGAN

Sampah merupakan konsekuensi dari adanya aktivitas manusia. Setiap aktivitas manusia pasti menghasilkan buangan atau sampah. Jumlah atau volume sampah tergantung dari tingkat konsumsi barang atau material yang digunakan sehari-hari. Jenis-jenis sampah sangat tergantung dari jenis material yang dikonsumsi. Kegagalan dalam pengelolaan sampah berdampak pada menurunnya kualitas kesehatan masyarakat, merusak estetika lingkungan, dan dalam jangka panjang dapat mempengaruhi kualitas kesehatan lingkungan. Pembuangan sampah ke lingkungan tanpa pengolahan lebih lanjut akan menyebabkan pencemaran dan degradasi lingkungan. Misalnya saja pembuangan sampah ke sungai oleh penduduk, selain membuat keindahan (estetika) sungai yang bersih menjadi kumuh, sampah-sampah tersebut bisa mencemari air sungai sehingga menyebabkan air sungai tidak sesuai lagi dengan peruntukannya. Sampah dapat membawa dampak yang buruk pada kondisi kesehatan manusia. Sampah yang tidak dikelola secara baik seringkali menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan manusia. Sampah yang dibuang secara

sembarangan atau ditumpuk tanpa ada pengelolaan yang baik akan menimbulkan berbagai dampak kesehatan yang serius. Tumpukan sampah rumah tangga yang dibiarkan begitu saja akan mendatangkan tikus dan serangga (lalat, kecoa, lipas, kutu, dan lain-lain) sebagai vektor yang membawa kuman penyakit.

D. PENGELOLAAN SAMPAH DAN PERMASALAHANNYA

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah adalah sarana fisik yang digunakan untuk kegiatan pengumpulan dan pengelolaan sampah. Tempat Pemrosesan Akhir merupakan wilayah yang disediakan untuk membuang sampah, kemudian diolah lebih lanjut agar tidak berdampak pada pencemaran lingkungan. Secara garis besar prinsip pengelolaan sampah terdiri dari tahapan pengumpulan dan penyimpanan sementara di tempat sumber, tahap pengangkutan ke tempat pemrosesan akhir, dan tahap pemusnahan atau pengolahan di tempat pemrosesan akhir. Teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah secara umum dibedakan menjadi 3 (tiga) metode yaitu : Open Dumping, Sanitary Landfill dan Controlled Landfill. Metode open dumping merupakan sistem pengolahan sampah konvensional dengan hanya membuang dan menimbun sampah di TPA tanpa ada perlakuan khusus, sehingga sistem open dumping menimbulkan gangguan pencemaran lingkungan. Metode Sanitary Landfill merupakan metode pengolahan sampah yang dilakukan dengan cara sampah ditimbun, diratakan dan dipadatkan, kemudian ditutup dengan tanah sebagai lapisan penutup. Metode controlled landfill merupakan sistem pengalihan open dumping dan sanitary landfill yaitu dengan penutupan sampah dengan lapisan tanah dilakukan setelah TPA penuh yang dipadatkan atau setelah mencapai periode tertentu. Sebagian besar TPA di Indonesia yang masih menggunakan sistem open dumping untuk mengelola sampahnya karena sistem ini dianggap berbiaya murah dan sederhana. Akan tetapi kelemahan sistem ini terletak pada tingkat pencemaran yang tinggi ke lingkungan disekitarnya. Apabila air permukaan yang terserap kelapisan tanah melalui lapisan sampah yang tertumpuk akan terbentuk suatu cairan yang mengandung padatan terlarut dan bahan-bahan lain sebagai hasil perombakan bahan organik oleh mikroorganisme disebut dengan Lindi (leachate). Lindi yang mengalir bersama-sama air hujan kemudian meresap ke lapisan tanah atas dan akhirnya masuk ke dalam air tanah berpotensi mencemari air tanah dangkal. Lindi yang bersifat toksik terhadap makhluk hidup perlu dikendalikan secara baik dikarenakan untuk menghindari pencemaran air tanah serta efeknya

terhadap penurunan kualitas air sumur gali maupun sumur bor. Tingkat pencemaran yang ditimbulkan oleh lindi sangat tergantung pada sifat-sifat lindi, jarak aliran lindi dengan air tanah, dan sifat-sifat tanah yang dilaluinya. Wilayah yang memiliki curah hujan tinggi, porositas tanah yang tinggi dan memiliki air tanah dangkal dengan tidak memiliki lapisan kedap air berpotensi tinggi terhadap pencemaran air tanah dangkal oleh lindi.

E. PROSES PENCEMARAN SUMUR GALI

1. Pencemaran sumur gali terjadi karena beberapa hal diantaranya :

- a. Aliran air tanah Di dalam siklus hidrologi maka air tanah secara alami mengalir oleh karena adanya perbedaan tekanan dan letak ketinggian lapisan tanah. Air akan mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Oleh karena itu apabila letak sumur gali berada di bagian bawah dari letak sumber pencemaran maka bahan pencemar bersama aliran air tanah akan mengalir untuk kemudian mencapai sumur gali. Penentuan lokasi pembuatan sumur yang jauh dari sumber pencemar merupakan usaha untuk mencegah dan mengurangi resiko terhadap pencemaran.
- b. Penurunan permukaan air tanah Pada lapisan tanah yang mencapai lapisan ketinggian yang relatif sama dan landai, maka secara relatif pula tempat tersebut tidak terjadi aliran air tanah. Jika dilakukan pemompaan atau penimbaan atau pengambilan air tanah pada sumur, maka akan terjadi draw down yaitu penurunan dari permukaan tanah. Oleh karena adanya draw down ini maka pada sumber itu tekanannya menjadi lebih rendah dari air tanah disekitarnya sehingga mengalirlah air tanah disekitar menuju ke sumur gali tersebut. Jika air tanah disekitarnya telah tercemar oleh bahan-bahan pencemar akan sampai ke dalam air sumur gali. Hal ini dapat terjadi dari sumur yang satu ke sumur yang lain yang jangkauannya semakin jauh.

2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pencemaran Sumur Gali

Faktor-faktor yang mempengaruhi pencemaran sumur gali sebagai berikut :

- a. Jenis sumber pencemar. Karakteristik limbah ditentukan oleh jenis sumber pencemar. Karakteristik limbah rumah tangga berbeda dengan karakteristik limbah septic tank ataupun peternakan. Limbah septic tank dan peternakan banyak mengandung bahan organik yang merupakan habitat bagi tumbuhnya

mikroorganisme. Septic tank merupakan cara terbaik untuk membuang kotoran dalam jumlah kecil. Namun demikian cara ini tidak dapat digunakan untuk menghilangkan bakteri patogen. Dengan demikian harus diusahakan agar drainage dari tank tidak berhubungan dengan sumber air minum. Perbedaan karakteristik limbah mempunyai pengaruh yang berbeda pula terhadap kualitas bakteriologis air sumur gali.

- b. Jumlah sumber pencemar. Semakin banyak sumur pencemar yang berbeda dalam jarak minimal 10 meter, semakin besar pengaruhnya terhadap penurunan kualitas bakteriologi air sumur gali. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya bakteri yang mampu meresap kedalam sumur.
- c. Jarak sumber pencemar. Pola pencemaran air tanah oleh bakteri mencapai $\pm$ 11 meter. Pembuatan sumur gali yang berjarak kurang dari 11 meter dari sumber pencemar, mempunyai resiko tercemarnya air sumur oleh perembesan air dari sumber pencemar.
- d. Porositas dan permeabilitas tanah. Porositas dan permeabilitas tanah akan berpengaruh pada penyebaran bakteri coliform, meningat air merupakan alat transportasi bakteri dalam tanah. Makin besar porositas dan permeabilitas tanah, makin besar kemampuan melewati air 10 yang berarti jumlah bakteri yang dapat bergerak mengikuti aliran tanah semakin banyak.
- e. Curah hujan. Air hujan mengalir di permukaan tanah dapat menyebarkan bakteri coliform yang ada di permukaan tanah. Meresapnya air hujan kedalam lapisan tanah mempengaruhi Bergeraknya bakteri coliform di dalam lapisan tanah. Semakin banyak air hujan yang meresap ke dalam lapisan tanah semakin besar kemungkinan terjadinya pencemaran. Pada musim hujan tingkat *Escherichia coli* meningkat hingga 700 koloni per 100 ml sampel air dibandingkan dengan musim kemarau karena kemungkinan kontaminasi air sumur dengan limpahan septic tank. Air dapat melarutkan berbagai bahan kimia yang berbahaya dan merupakan media tempat hidup berbagai mikroba, maka tidak mengherankan bila banyak penyakit menular melalui air.
- f. Konstruksi/bangunan fisik sumur. Pembangunan sumur harus mengikuti standar kesehatan. Bangunan fisik sumur yang tidak memenuhi standar akan mempermudah bakteri meresap dan masuk kedalam sumur.
- g. Jumlah pemakai. Sebagaimana dinyatakan pada stratifikasi puskesmas bahwa jumlah pemakai sumur adalah 5 jiwa. Makin banyak jumlah pemakai sumur

berarti semakin banyak air diambil dari sumur yang berarti berpengaruh juga terhadap merembesnya bakteri coliform ke dalam sumur. Banyaknya jumlah pemakai sumur juga mempengaruhi kemungkinan terjadinya pencemaran sumur secara kontak langsung antara sumber pencemar dengan air sumur, misalnya melalui ember atau tali timba yang digunakan.

- h. Umur sumur. Sumur yang telah digunakan cukup lama dan volume air yang diambil relatif banyak, menyebabkan aliran air tanah di sekitar sumur semakin bagus dan mendominasi. Selain itu sumber pencemar yang ada disekitar sumur juga semakin banyak sejalan dengan perkembangan aktivitas manusia. Hal ini memberikan peluang lebih besra terhadap merembesnya bakteri coliform dari sumber pencemar 11 ke dalam sumur. Sumur yang digunakan dalam waktu yang relatif lama lebih besar kemungkinan mengalami pencemaran, karena selain bertambahnya sumber pencemar juga lebih mudahnya sumber pencemar merembes ke dalam sumur mengikuti aliran air tanah yang berbentuk memusat kearah sumur.
- i. Kedalaman permukaan air tanah. Kedalaman muka air tanah merupakan permukaan tertinggi dari air yang naik keatas pada suatu sumuran. Ketinggian permukaan air tanah antara lain dipengaruhi oleh jenis tanah, curah hujan, penguapan, dan keadaan aliran terbuka (sungai). Kedalaman muka air tanah akan berpengaruh pada penyebaran bakteri coliform secara vertikal. Pencemaran tanah oleh bakteri secara vertikal dapat mencapai kedalaman 3 meter dari permukaan tanah.
- j. Perilaku. Kebiasaan masyarakat membuat sumur tanpa bibir, bibir sumur tidak ditutup, mandi dan mencuci di pinggir sumur akan menyebabkan air bekas mandi dan cuci sebagian mengalir kembali ke dalam sumur dan menyebabkan pencemaran. Selain itu kebiasaan mengambil air sumur dan membuang kotoran manusia juga mempengaruhi.
- k. Arah aliran air tanah. Pencemaran air sumur gali oleh baktri coliform dipengaruhi arah aliran air tanah. Pergerakan air tanah yang mengandung bakteri coliform mengarah kesumur gali, menyebabkan air sumur gali tercemar oleh bakteri.

F. PERGERAKAN LINDI DALAM LAPISAN TANAH.

Lindi atau leachate adalah cairan yang banyak mengandung senyawa organik maupun anorganik, terbentuk dari dekomposisi sampah sehingga memiliki konsentrasi bahan pencemar yang tinggi. Komposisi cairan lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis sampah terdeposit, jumlah curah hujan di TPA dan kondisi spesifik tempat. Dalam kondisi normal, cairan lindi terdapat di dasar landfill dari tumpukan sampah, sehingga pergerakannya melalui lapisan bawah. Gerakan lateral juga terjadi pada cairan lindi di dalam tanah, hal ini tergantung dari karakteristik penyusun tanah di sekitarnya dan kecepatan rembesan air lindi dari dasar landfill ke air tanah pada permukaan akuifer. Potensial gravitasi merupakan gaya utama yang menyebabkan terjadinya aliran cairan lindi umumnya bergerak dari sudut kemiringan tinggi ke sudut kemiringan rendah.

Cairan lindi akan semakin mudah menyebar dan cepat mencapai air tanah jika didukung oleh kondisi tanah yang bersifat porous dan memiliki permeabilitas yang tinggi, seperti kontur tanah berpasir, kerikil, dan batu pasir. Pada kawasan yang memiliki curah hujan tinggi, cairan lindi menjadi mudah terbentuk dan jumlahnya sangat banyak. Mekanisme masuknya cairan lindi ke lapisan air tanah, terutama air tanah dangkal melalui beberapa tahapan. Tahapan tersebut dimulai dari terbentuknya cairan lindi yang ditemukan pada lapisan tanah open dumpingsampah, kira-kira berjarak 2 meter di bawah permukaan tanah dan apabila cairan lindi masuk dengan cara infiltrasi ke dalam tanah, menyebabkan permukaan tanah dijenuhi air. Akibat adanya faktor seperti air hujan, dapat mempercepat proses masuknya lindi ke lapisan tanah zona aerasi yang mempunyai kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah. Semakin banyaknya cairan lindi yang terbentuk menyebabkan zona aerasi menjadi jenuh oleh lindi sehingga air lindi masuk ke lapisan air tanah dangkal dan bercampur dengan air tanah.

G. PENCEMARAN AIR OLEH SAMPAH

PARAMETER MIKROBIOLOGI. Parameter kualitas air selain ditentukan oleh parameter fisika dan kimia, juga ditentukan oleh kehadiran jumlah mikroorganisme patogen yaitu bakteri Coliform. Bakteri Coliform merupakan kelompok bakteri yang mempunyai kemampuan memfermentasi laktosa dan merupakan indikator yang baik tentang adanya kontaminasi tinja. Tempat-tempat pemrosesan akhir (TPA) sampah terutama sampah organik, limbah domestik, dan limbah tinja dan kotoran ternak

dapat menjadi sumber bakteri pathogen yang mencemari air tanah. 18 Pencemaran air tanah oleh bakteri pathogen terjadi melalui proses terinfiltrasinya air permukaan yang mengandung bakteri pathogen atau hasil dekomposisi sampah organik oleh bakteri ke dalam tanah.

Bakteri coli yang terdapat dalam air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu faecal coli seperti *Escherichia coli* adalah bakteri yang bersifat pathogen yang berasal dari tinja manusia dan kotoran hewan berdarah panas dan coli non faecal adalah bakteri non pathogen yang terdapat dalam tanah, sampah, limbah pertanian dan limbah rumah tangga. Penghitungan bakteri coliform menggunakan metode Most Probable Number (MPN).

Indikator Kualitas Bakteriologis Air. Pengukuran kualitas air bersih secara bakteriologis dilakukan dengan melihat keberadaan organisme golongan coli (coliform) sebagai indikator. Coliform merupakan suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran dan kondisi yang tidak baik terhadap air. Coliform dibedakan menjadi dua yaitu coliform fecal dan coliform total. Salah satu jenis coliform fecal yang dijadikan sebagai indikator tercemar air adalah bakteri *E.coli*. Bakteri *E.coli* merupakan bakteri yang berbentuk batang dengan panjang sekitar 2 mikrometer dengan diameter 0,5 mikrometer. Volume sel *E.coli* berkisar 0,6 – 0,7 mikrometer kubik. Bakteri ini termasuk umumnya hidup pada rentang 20 - C, optimum pada *E.coli* digunakan sebagai indikator pemeriksaan kualitas bakteriologis secara universal dan analisi dengan alasan :

1. *E.coli* secara normal hanya ditemukan di saluran pencernaan manusia atau hewan mamalia, atau bahan yang telah terkontaminasi dengan tinja manusia atau hewan, jarang sekali ditemukan dalam air dengan kualitas kebersihan tinggi.
2. *E.coli* mudah diperiksa di laboratorium dan sensitivitasnya tinggi jika pemeriksaan dilakukan dengan benar.
3. Bila dalam air tersebut ditemukan *E.coli*, maka air tersebut dianggap berbahaya bagi penggunaan domestik.
4. Adanya kemungkinan bakteri enterik patogen yang lain ditemukan bersama-sama *E.coli* dalam air tersebut. Coliform tinja adalah bakteri gram negatif tidak membentuk spora, tumbuh pada suasana aerobik atau fakultatif anaerob. Bakteri tersebut hidup di usus manusia dan hewan berdarah panas, sedangkan di air dapat bertahan hidup pada suhu selama 1 minggu sampai dengan 1 bulan. Adanya

coliform tinja dalam air adalah berasal dari kontaminasi tinja manusia atau binatang. Berdasarkan Permenkes No.416/Menkes/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan Kualitas Air bahwa kadar maksimum yang diperbolehkan pada air bersih, MPN (The Most Probable Number) coliform adalah sebesar 50/100 ml contoh air non perpipaan dan 10/100 ml contoh air untuk air perpipaan.

Sampah menjadi problem yang serius di kota-kota besar maupun daerah, seiring dengan perkembangan jumlah penduduk semakin meningkat. Sementara perkembangan manajemen sampah yang tidak sebanding dengan laju timbunan sampah, inilah problem yang harus segera dipecahkan. Salah satu kelemahan dari sistem pembuangan sampah adalah tidak adanya pengolahan air lindi atau air lindi, selama ini air lindi belum ditangani secara baik cenderung dibiarkan begitu saja sehingga berpotensi besar mencemari lingkungan.

Leachate (air lindi) yang dihasilkan dari sampah domestik umumnya mempunyai karakteristik kandungan bahan organik yang tinggi, selama ini penanganan air lindi dari sampah domestik adalah dengan cara ditampung dan diolah di sistem pengolahan. Hal ini biasanya dilakukan di tempat pembuangan akhir sampah yang ada fasilitas pengumpul air lindi serta instalasi pengolahan air lindi, tetapi kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa sistem dengan fasilitas ini sangat jarang dijumpai, baik di kota besar maupun daerah. Sehingga pengolahan air lindi yang dijumpai di lokasi tempat pembuangan akhir sampah, kebanyakan hanya ditampung dan langsung dibuang ke lingkungan, termasuk sebagian terinfiltrasi ke dalam tanah sehingga dapat mencemari tanah. Air lindi dapat diproses menjadi gas bio, pupuk cair atau starter mikroba. Air lindi mempunyai potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik karena mengandung berbagai macam bahan organik seperti nitrat, mineral dan mikroorganisme. Kuantitas air lindi yang dihasilkan sampah tergolong rendah tetapi dapat mencemari air tanah jika tidak ditangani dengan benar dan langsung dibuang ke tanah sehingga akan mencemari lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu air lindi tersebut dimanfaatkan untuk hal yang berguna misalnya sebagai alternatif pupuk organik. Pemberian air lindi yang berlebihan dapat mematikan tanaman dan memberikan dampak yang buruk pada air tanah, karena dalam air lindi terdapat zat organik yang bersifat racun apabila diberikan dalam jumlah yang berlebih. Usia air lindi juga berpengaruh pada karakteristik air lindi itu sendiri, air

lindi yang masih segar mempunyai nilai COD dan pH tinggi dibanding yang telah lama tersimpan dalam bak penampung sehingga kandungan bahan organik serta bahan pencemar pada air lindi yang masih baru lebih tinggi dibandingkan dengan air lindi yang telah lama dalam bak penampungan. Air lindi kaya akan kandungan bahan organik, anorganik dan mikroorganisme selain itu air lindi juga mengandung logam berat cukup tinggi, sehingga apabila air lindi tersebut tidak diolah dan langsung dibuang kedalam tanah dapat mencemari tanah dan air tanah. Menurut Agus Hermawan yang dikutip dari (Departemen of Environmental Engineering). Pencemaran lingkungan oleh air lindi yang dihasilkan dari lahan urug sampah kota merupakan salah satu masalah yang timbul dalam aplikasi pengurugan sampah. Lahan urug umumnya berada didaerah pertanian dekat persawahan sehingga air lindi dapat mengalir ke areal ini. Pengaruh air lindi terhadap tanah dan tanaman padi sawah relatif masih belum diketahui. Meskipun secara umum air lindi mengandung hampir semua unsur hara tanaman, namun air lindi mengandung logam berat yang cukup tinggi salah satunya tembaga (Cu), sehingga dapat menjadi racun bagi tanaman. Ada dua faktor penting yang berhubungan dengan penyerapan Cu kedalam jaringan tanaman, yaitu pH tanah dan konsentrasi Cu dalam tanah. Konsentrasi Cu dalam jaringan tanaman menurun apabila pH tanah naik, dan semakin tinggi 3 konsentrasi Cu dalam tanah akan semakin tinggi pula konsentrasi Cu dalam jaringan tanaman. Oleh sebab itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh nitrogen, phospor, kalium dan kandungan logam berat dalam air lindi terhadap pertumbuhan tanaman padi. Kontaminasi logam berat dalam tanah pertanian tergantung pada Jumlah logam yang ada pada batuan tempat tanah terbentuk, jumlah mineral yang ditambahkan pada tanah sebagai pupuk, jumlah deposit logam dari atmosfer yang jatuh kedalam tanah dan jumlah yang terambil pada proses panen ataupun merembes kedalam tanah yang lebih dalam. Tulisan ini disusun untuk menyajikan potensi unsur hara yang dimiliki oleh air air lindi dan tingkat toksisitas untuk tanaman padi, serta peluang sebagai pupuk organik, dan sebagai informasi peluang untuk pupuk alternatif pengganti pupuk buatan (fertilizer) .

H. AIR LINDI (LEACHATE)

1. Pengertian Umum Air Lindi.

Air lindi adalah cairan dari sampah yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi.

Air lindi merupakan cairan yang keluar dari tumpukan sampah, dan ini salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Sampah yang tertimbun di lokasi TPA (Tempat Pembuangan Akhir) mengandung zat organik, jika hujan turun akan menghasilkan air lindi dengan kandungan mineral dan zat organik tinggi, bila kondisi aliran air lindi dibiarkan mengalir ke permukaan tanah dapat menimbulkan efek negatif bagi lingkungan sekitarnya termasuk bagi manusia.

2. Air lindi yang berada di permukaan tanah dapat menimbulkan polusi pada air tanah dan air permukaan

Antara lain, sebagai berikut :

- a. Air permukaan yang terpolusi oleh air lindi dengan kandungan zat organik tinggi, pada proses penguraian secara biologis akan menghabiskan kandungan oksigen dalam air dan akhirnya seluruh kehidupan dalam air yang tergantung oleh keberadaan oksigen terlarut akan mati.
- b. Air tanah yang terpolusi oleh air lindi dengan konsentrasi tinggi, polutan tersebut akan berada dan tetap ada pada air tanah tersebut dalam jangka waktu yang lama, karena terbatasnya oksigen terlarut sehingga sumber air yang berasal dari air tanah tidak sesuai lagi untuk air bersih.

3. Perembesan Air Lindi (leachete)

Air lindi didapatkan pada dasar landfill, sehingga pergerakannya melalui lapisan bawah. Meski gerakan lateral juga terjadi, hal ini tergantung juga dari karakteristik material sekitarnya. Karena pentingnya rembesan ke arah vertikal dalam hubungannya dengan kontaminasi air tanah, maka masalah penelitian banyak dititik beratkan pada perembesan arah vertikal. Ada dua hal yang perlu diperhatikan hubungannya dengan pergerakan air air lindi, yaitu kecepatan perembesan air lindi dari dasar landfill ke air tanah pada permukaan akuifer dan kecepatan air tanah dari permukaan akuifer yang bergerak ke bedrock akuifer.

4. Karakteristik Air Air lindi (Air air lindi)

Karakter air lindi atau sangat bervariasi tergantung dari proses-proses yang terjadi di dalam landfill, yang meliputi proses fisik, kimia dan biologis. Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi proses yang terjadi di landfill antara lain : jenis sampah, lokasi landfill, hidrogeologi dan sistem pengoperasian, faktor tersebut

sangat bervariasi pada suatu tempat pembuangan yang satu dengan yang lainnya, begitu pula aktivitas biologis serta proses yang terjadi pada timbunan sampah baik secara aerob maupun anaerob. Dengan adanya hal tersebut maka akan mempengaruhi pula produk yang dihasilkan akibat proses dekomposisi seperti kualitas dan kuantitas air lindi serta gas, sebagai contoh bila suatu TPS banyak menimbun sampah jenis organik maka karakter air lindi yang dihasilkan akan mengandung zat organik tinggi, yang disertai bau.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik air lindi, pada umumnya hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa parameter air lindi yaitu mengandung BOD, COD jauh lebih besar daripada air buangan. Air lindi yang berasal dari timbunan sampah yang masih baru, biasanya ditandai oleh kandungan asam lemak volatile dan rasio BOD dan COD yang tinggi, sementara air lindi dari timbunan sampah yang lama akan mengandung BOD, COD dan konsentrasi pencemar yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena dari timbunan sampah yang masih baru, biodegradasi umumnya berlangsung cepat yang ditandai dengan kenaikan produksi asam dan penurunan pH air lindi yang mengakibatkan kemampuan pelarutan bahan-bahan pada sampah oleh air menjadi tinggi. Perbandingan BOD dengan COD pada timbunan sampah yang masih baru akan berkisar 0,4 % sampai 0,8 %, nilai akan lebih besar pada fase methanogenesis. Degradasi material sampah di landfill disebabkan karena proses biologi. Perubahan secara fisik dan kimiawi dan juga produksi air lindi dan produksi gas berhubungan langsung dengan aktivitas biologis di dalam landfill.

Ada 3 fase utama dari aktivitas biologis yang terjadi dan merupakan satu rangkaian yaitu:

- a. Dekomposisi aerobik dengan menggunakan oksigen yang tersedia di dalam landfill.
- b. Dekomposisi anaerobik oleh organisme anaerobik dan fakultatif, menghasilkan komponen yang lebih sederhana yang dapat larut.
- c. Bakteri Methanogenic mulai mengkonsumsi komponen yang lebih sederhana, menghasilkan metan dan CO₂.

Fase I biasanya berlangsung singkat, dalam waktu beberapa minggu. Biasanya fase ini tidak dianggap penting dalam proses stabilisasi sampah, tapi aktivitas

biologis pada fase ini sering menyebabkan kenaikan temperatur yang cepat di dalam landfill.

Fase II terjadi proses anaerobic yang berlangsung pada tahun-tahun pertama. Temperatur menurun secara berangsur-angsur, karena organisme anaerobic biasanya menghasilkan panas yang lebih sedikit.

Pada Fase II ini, air lindi yang dihasilkan mengandung asam lemak yang tinggi, pH rendah, berbau, konsentrasi BOD dan rasio BOD/COD yang tinggi. Selain itu, air lindi ini mempunyai konsentrasi amoniak, N-organik, Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K, Cl dan logam berat yang cukup tinggi pula.

Fase III adalah fase dimana bakteri Methanogenic menghasilkan removal komponen organik terlarut dari air lindi, terutama asam karboksilat yang menyebabkan kondisi asam, bau dan BOD yang tinggi. Pada fase III cenderung lambat dibandingkan fase II, dalam waktu bertahun-tahun.

Air lindi pada fase ini mempunyai pH netral sampai basa. Selain itu konsentrasi asam lemak, BOD, COD, amoniak dan logam berat lebih rendah dibandingkan pada fase II. Rasio BOD/COD juga lebih rendah, tetapi konsentrasi garam terlarutnya (K, Na, Cl) tetap tinggi. Air lindi dapat digolongkan sebagai senyawa yang sulit didegradasi, karena mengandung bahan-bahan polimer (makro molekul) dan bahan organik sintetik. Pada umumnya air lindi memiliki nilai rasio BOD₅/COD sangat rendah (1µm) yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter pori 0,45 µm. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air.

5. Parameter Mikrobiologi

Bakteri yang sering digunakan sebagai indikator untuk menilai kualitas perairan adalah bakteri koliform, fecal koliform, dan fecal streptococcus. Bakteri koliform merupakan bakteri yang berasal dari tinja manusia, hewan berdarah panas, hewan berdarah dingin, dan dari tanah. Bakteri koliform mudah dideteksi, sehingga jika bakteri tersebut ditemui dalam sampel air berarti air tersebut tercemar oleh tinja dan kemungkinan besar perairan tersebut mengandung bakteri patogen. Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001, kadar maksimum total koliform yang diperbolehkan pada perairan umum yang diperuntukkan untuk mengairi pertanian dan peternakan sebesar 10.000 MPN/100ml.

I. PUPUK ORGANIK.

Pupuk organik merupakan pupuk dengan bahan dasar yang diambil dari alam dengan jumlah dan jenis unsur hara yang terkandung secara alami. Sementara pupuk anorganik merupakan pupuk buatan pabrik dengan jenis dan kadar unsur hara yang sengaja ditambahkan atau diukur dalam jumlah tertentu. Pupuk organik merupakan salah satu bahan yang sangat penting untuk memperbaiki kesuburan tanah serta kaya akan kandungan unsur-unsur hara mikro yang tidak dimiliki oleh bahan anorganik. Pemberian pupuk organik berpengaruh positif terhadap tanaman dengan bantuan jasad renik yang ada dalam tanah maka bahan organik akan berubah menjadi humus, humus ini merupakan perekat yang baik bagi butir-butir tanah saat membentuk gumpalan tanah. Fungsi pupuk organik adalah :

1. Kesuburan tanah bertambah. Adanya penambahan unsur hara, humus dan bahan organik ke dalam tanah menimbulkan residu efek , yaitu berpengaruh dalam jangka panjang.
2. Sifat fisik dan kimia dapat diperbaiki. Pemberian pupuk organik menyebabkan terjadinya perbaikan struktur tanah, sehingga sifat fisik dan kimia tanah ikut diperbaiki. Pemberian pada tanah berpasir menyebabkan daya ikat tanah meningkat. Pemberian pada tanah berlempung akan menjadi ringan, daya ikat air akan menjadi tinggi, daya ikat tanah terhadap unsur hara meningkat, serta drainase dan tata udara dalam tanah dapat diperbaiki. Tata udara tanah yang baik dengan kandungan air cukup akan menyebabkan suhu tanah lebih stabil serta aliran air dan aliran udara tanah yang lebih baik.
3. Sifat biologi tanah dapat diperbaiki dan mekanisme jasad renik yang ada menjadi hidup. Pemberian pupuk organik akan meningkatkan populasi musuh alami mikroba tanah sehingga menekan aktifitas saprofitik dari patogen tanaman.
4. Keamanan penggunaannya dapat dijamin, pupuk organik tidak akan merugikan kesehatan atau pun mencemari lingkungan. Mengingat pentingnya fungsi dan peranan bahan organik bagi tanah serta makin intensifnya penggunaan pupuk anorganik oleh petani maka sangat diperlukan, sangat penting dilakukan upaya pengembalian bahan organik dalam tanah. Dilihat dari bentuknya ada dua jenis pupuk organik yang beredar dalam masyarakat yaitu pupuk organik padat dan pupuk organik cair. Pupuk organik padat merupakan pupuk organik yang berbentuk padat penggunaannya dilakukan dengan cara ditaburkan atau ditanamkan dalam tanah. Sementara pupuk organik cair merupakan pupuk

organik berbentuk cair. Pupuk cair merupakan bentuk ekstrak bahan organik yang sudah dilarutkan dengan pelarut seperti alkohol, air, atau minyak. Penggunaan pupuk organik cair biasanya dengan cara disemprotkan ke daun atau disiramkan ke dalam tanah. Pupuk organik cair adalah pupuk yang kandungan bahan kimianya maksimum 5%. Karena itu, kandungan NPK pupuk organik cair relatif rendah. Jika ada pupuk organik yang kandungan NPK tinggi dapat dipastikan bahwa pupuk tersebut palsu. Pupuk organik cair memiliki beberapa keuntungan. Pertama, pupuk tersebut mengandung zat tertentu seperti mikroorganisme yang jarang terdapat dalam pupuk organik padat. Dalam bentuk kering, beberapa mikroorganisme mati dan zat tidak bisa aktif. Jika dicampur dengan pupuk organik padat, pupuk organik cair dapat mengaktifkan unsur hara yang ada dalam pupuk organik padat.

J. PERAN MIKROORGANISME

1. Fungsi Mikroorganisme Kehidupan di dalam tanah analog dengan kehidupan di atas tanah. Akar, umbi dan organ-organ lain di bawah tanah adalah sebagai bagian produsen primer. Mereka adalah pemakan dan perombak yang dihubungkan satu sama lain dengan rantai makanan. Peranan utama organisme tanah adalah untuk mengubah bahan organik, baik segar maupun setengah segar atau sedang melapuk, sehingga menjadi bentuk senyawa lain yang bermanfaat bagi kesuburan tanah. Sebagian besar proses perombakan bahan organik dilakukan oleh mikroflora (bakteri, Aktinomisetes, Fungi). Karena tanaman tingkat tinggi adalah penangkap energi matahari dan CO₂ yang pertama maka ia disebut produsen primer. Serasah tanaman yang jatuh ke permukaan tanah disebut detritus akan dimakan oleh mikroflora yang dikenal sebagai konsumen primer, sekunder dan tersier. Sisa-sisa tanaman segar diubah menjadi bagian-bagian kecil oleh nematoda, keong, bekicot, serangga, rayap, tikus dan lain-lain. Bagian-bagian kecil ini diserang oleh mikroflora dan binatang yang hidup dari jaringan tanaman mati atau membusuk. Bila ada sedikit air akan diserang oleh bakteri dan fungi.
2. Beberapa Sifat Mikroorganisme
Siklus enersi dan nutrien tetap sebelum tanaman tingkat tinggi dan binatang terjadi. Tidaklah merupakan hal yang aneh bila mikroorganisme memainkan peranan besar sebagai perombak terakhir. Enzim-enzim yang dikeluarkan berupa

pencerna bahan-bahan organik diluar sel dan menyerap larutan hasil pencernaan. Pada umumnya banyak terjadi pada tingkat rambut akar tanaman tingkat tinggi dan mikroorganisme. Keduanya menyerap nutrien terlarut.

3. Peredaran Nitrogen (N₂)

Beberapa generasi bakteri yang hidup bebas di dalam tanah mampu untuk mengikat molekul-molekul nitrogen juga dijadikan senyawa-senyawa pembentuk tubuh mereka, misalnya protein. Jika sel-sel itu mati, maka timbullah zat-zat hasil urai seperti CO₂ dan NH₃ (gas amoniak). Sebagian dari amoniak terlepas di dalam udara, dan sebagian lain dapat dipergunakan oleh beberapa genus bakteri untuk membentuk nitrit. Nitrit dapat digunakan oleh beberapa bakteri yang lain untuk memperoleh energi. Oksidasi amoniak menjadi nitrit dan oksidasi nitrit menjadi nitrat berlangsung dalam lingkungan aerob. Peristiwa tersebut disebut nitrifikasi. Tahap pertama, yaitu pengoksidasian amoniak menjadi nitrit dilakukan oleh *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* dan beberapa spesies lainnya, sedang pengoksidasian nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh *Nitrobacter*.

$$\text{Nitrosomonas, Nitrosococcus } 2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Energi}$$

$$\text{Nitrobacter } 2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{Energi}$$

Proses nitrifikasi adalah proses oksidasi, jadi hanya berlangsung lancar di dalam tanah yang cukup ventilasi, tanaman menyerap Nitrogen terutama dalam bentuk NH₄⁺ dan NO₃⁻. Jika pengudaraan kurang, peristiwa sebaliknya yang akan terjadi, yaitu proses denitrifikasi, nitrat direduksikan hingga terbentuk nitrit dan akhirnya amoniak. Zat-zat ini tidak dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Mikroorganisme yang melakukan reduksi ini masuk golongan bakteri denitrifikan. Pada proses transformasi nitrogen di dalam tanah, terjadi melalui tiga tahap yaitu : 1) aminisasi, 2) amonifikasi, 3) nitrifikasi. Tahap aminifikasi dan amonifikasi berlangsung dibawah aktivitas mikroorganisme yang heterotrof. Sedangkan tahap nitrifikasi dipengaruhi oleh bakteri-bakteri autotrof. Mikroorganisme heterotrof membutuhkan senyawa C-organik sebagai sumber energi sedangkan bakteri autotrof memperoleh energi dari oksidasi garam-garam organik dan memperoleh karbon dari CO₂ di udara.

- a. Aminisasi Proses aminisasi dilakukan oleh mikroorganisme heterotrof yang mempunyai banyak jenis. Setiap jenis bertanggung jawab hanya pada satu atau beberapa tahap reaksi dari sejumlah reaksi dekomposisi. Protein dan

senyawa yang serupa melalui pencernaan enzimatis yang dilakukan oleh mikroorganisme tadi akan hancur dan menjadi senyawa-senyawa amino seperti proteosa, pepton dan akhirnya amino. Protein dan senyawa serupa + pencernaan enzimatis senyawa amino + CO_2 + Energi

- b. Amonifikasi Amina-amina dan asam-asam amino yang dibebaskan dimanfaatkan oleh golongan bakteri heterotrof yang lain dan membebaskan amonium. $\text{R} - \text{NH}_2 + \text{HOH}$ hidrolisa $\text{R} - \text{OH} + \text{NH}_3$ + energi Kombinasi amino enzimatis $2\text{NH}_4 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + + \text{CO}_3 =$ Proses amonifikasi dapat berlangsung hampir dalam setiap keadaan, disebabkan organisme yang mampu melakukannya sangat banyak dan heterogen. Amonium yang dihasilkan dengan cara demikian akan mengalami beberapa perubahan yaitu :

- 1) Dipakai langsung oleh bakteri dalam melanjutkan proses dekomposisi,
- 2) Diambil langsung oleh tanaman
- 3) Dikonversikan ke nitrit dan nitrat
- 4) Difiksasi oleh mineral liat tertentu.

Nitrifikasi Nitrifikasi merupakan proses oksidasi enzimatis yang dilakukan oleh bakteri-bakteri tertentu. Proses ini berlangsung dalam dua tahap yang dikoordinasikan dan masing-masing tahap dilakukan oleh grup bakteri yang berbeda. Proses pertama yang terjadi adalah pembentukan nitrit, yang segera diikuti oleh proses oksidasi sehingga terbentuk nitrat. $2\text{NH}_4 + + 3\text{O}_2$ Oksidasi enzimatis $2\text{NO}_2 - + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+ + \text{energi}$ $2\text{N}_2 - + \text{O}_2$ Oksidasi enzimatis $2\text{NO}_3 - + \text{Energi}$ 26 bakteri nitrifikasi mempunyai tingkat pertumbuhan yang rendah dan akan menjadi tidak aktif pada suhu yang melebihi 40°C . Proses nitrifikasi adalah proses oksidasi, jadi hanya berlangsung lancar di dalam tanah yang cukup ventilasi, tanaman menyerap Nitrogen terutama dalam bentuk $\text{NH}_4 +$ dan $\text{NO}_3 -$. Jika pengudaraan kurang, peristiwa sebaliknya yang akan terjadi, yaitu proses denitrifikasi, nitrat direduksikan hingga terbentuk nitrit dan akhirnya amoniak. Zat-zat ini tidak dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Mikroorganisme yang melakukan reduksi ini masuk golongan bakteri denitrifikasi.

Denitrifikasi Reduksi nitrat menjadi nitrogen gas oleh bakteri, misalnya Pembentukan nitrogen Nitrogen bebas ditambat oleh banyak mikroorganisme, misalnya Rhizobium, Clostridium Azobacter Nitrogen Bebas (N_2) Pembentukan

nitrat (Nitrifikasi) Nitrit dioksida menjadi nitrat oleh Nitrobacter Pembentukan nitrat ammonia dioksida menjadi nitrit oleh Nitrosomonas Pembentukan ammonia (Amonifikasi) Asam amino mengalami deminisi oleh banyak mikroorganisme; ammonia Pembentukan nitrit organik Nitrogen “tertambat” digunakan oleh tumbuh-tumbuhan, diubah menjadi protein nabati; tumbuhan dimakan oleh hewan, terbentuk terbuang Nitrogen anorganik tanah Produk-produk ekskresi hewan, bangkai hewan, dan jaringan tumbuhan Peruraian nitrogen organik Protein, asam nukleat, dsb, diuraikan oleh berbagai macam mikroorganisme, perombakan lengkap Nitrat berlaku sebagai makanan tumbuhan Banyak spesies heterotrofik mereduksi nitrat menjadi ammonia melalui nitrit Mikroorganisme menggunakan ammonia sebagai sumber nitrogen dan mensintesis protein.

4. Interaksi Antara Mikroorganisme dengan Bahan Organik

Dalam Tanah Baik secara langsung maupun tidak langsung, bahan buangan dari manusia dan hewan, jasad mereka, serta jaringan tumbuh-tumbuhan, dibuang atau dikubur dalam tanah. Setelah beberapa lama, bahan-bahan tersebut berubah menjadi komponen organik dan beberapa komponen anorganik tanah. Perubahan-perubahan ini dilakukan oleh mikroorganisme yaitu perubahan bahan organik menjadi substansi yang menyediakan nutrisi bagi dunia tumbuhan. Tanpa aktivitas mikroorganisme maka segala kehidupan di bumi ini lambat laun akan terhambat. Peranan terpenting mikroorganisme tanah ialah fungsinya yang membawa perubahan kimiawi pada substansi-substansi di dalam tanah, terutama pengubahan persenyawaan organik yang mengandung karbon, nitrogen, sulfur, dan fosfor menjadi persenyawaan anorganik. Proses ini disebut mineralisasi, di dalamnya terlibat sejumlah besar perubahan kimiawi serta berperan bermacam-macam spesies mikroba. Perubahan dari nitrogen organik menjadi nitrogen anorganik dan dapat digunakan tanaman umumnya hanya mencapai 2-3%. Mineralisasi juga mencakup pelapukan bahan organik tanah yang melibatkan kerja enzim-enzim yang menghidrolisis kompleks protein, seperti reaksi berikut ini :
$$\text{Enzim } R-NH_2 + HOH \rightarrow R-OH + NH_3 + \text{energi}$$

$$\text{Hidrolisis } 2NH_4^+ + CO_3^{2-} \rightleftharpoons 2NH_3 + H_2CO_3 \rightarrow (NH_4)_2CO_3$$

5. Unsur Hara Makro

Mekanisme penyerapan unsur hara oleh tanaman melalui dua cara yaitu :

a. Difusi

Adalah masuknya air melalui mulut daun atau stomata dalam bentuk uap-uap air dan terjadi pada waktu kelembaban udara relatif tinggi dan stomata membuka. Dalam teori ini diungkapkan bahwa, apabila air dalam daun telah digunakan untuk fotosintesa atau diuapkan melalui proses transpirasi cairan maka sel-sel daun akan menjadi lebih pekat. Karena lebih pekat maka tekanan difusi atau DPD (Difusion Pressure Deficit) pada daun mengecil sehingga air akan naik. Naiknya DPD air merupakan suatu daya menghisap air dari sel-sel disekelilingnya.

b. Osmose

Adalah masuknya air melalui akar, hal ini berlangsung apabila tekanan difusi pada air tempat tumbuhnya tanaman, lebih tinggi daripada air dalam sel-sel akar tanaman. Menurut teori ini, pada waktu air dari tempat tumbuhnya tanaman masuk ke dalam sel epidermis akar dan bergabung dengan air dalam sel-sel korteks yang berbatasan dengan sel epidermis akar, perjalanan air akan berlanjut hingga mencapai selsel xylem dari akar. Akibatnya gradien osmotik antara xylem dan akar akan meruncing dan hal inilah yang memungkinkan masuknya air kedalam sel-sel akar. Dalam proses tumbuhnya, tanaman akan lebih mudah menyerap ion-ion yang terlarut di dalamnya.

Unsur hara dapat kontak dengan permukaan akar melalui 3 cara :

- 1) Secara difusi dalam larutan tanah.
- 2) Secara pasif terbawa oleh aliran air.
- 3) Karena akar tumbuh ke arah posisi hara tersebut dalam matrik tanah.

6. Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman sebab merupakan penyusun dari semua protein dan asam nukleik, dan dengan demikian merupakan penyusun protoplasma secara keseluruhan. Pada umumnya nitrogen diambil oleh tanaman dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-), tetapi nitrat yang terisap segera tereduksi menjadi amonium melalui enzim yang mengandung molibdinum. Apabila unsur nitrogen yang tersedia lebih banyak daripada unsur lainnya, dapat dihasilkan protein lebih banyak dan daun dapat tumbuh lebih lebar; sebagai akibatnya maka fotosintesis lebih banyak. Oleh sebab

itu diduga lebarnya daun yang tersedia bagi proses fotosintesis secara kasar sebanding dengan jumlah nitrogen yang diberikan. Pengaruh nitrogen dalam penambahan pertumbuhan daun tidak hanya pada daun semata-mata, sebab semakin tinggi pemberian nitrogen, semakin cepat sintesis karbohidrat yang diubah menjadi protein dan protoplasma. Pengaruh nitrogen dalam meningkatkan perbandingan protoplasma terhadap bahan dinding sel dapat mengakibatkan bertambah besarnya ukuran sel-sel dengan dinding sel yang tipis. Jumlah nitrogen yang terlalu banyak mengakibatkan menipisnya bahan dinding sel sehingga dengan mudah diserang oleh penyakit, dan gampang terpengaruh oleh keadaan buruk seperti kekeringan atau kedinginan (Frost). Sebaliknya, kandungan nitrogen yang rendah dapat mengakibatkan tebalnya dinding sel daun dengan ukuran sel yang kecil; dengan demikian daun 30 menjadi keras penuh dengan penuh serat-serat. Selain itu nitrogen dapat mempengaruhi warna daun sehingga menjadi hijau gelap. Tetapi apabila nitrogen kurang atau sangat kurang dibandingkan dengan unsur-unsur lain, warna daun menjadi kekuningan-kuningan atau hijau kemerah-merahan. Pada umumnya nitrogen sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang, dan akar. Kalau terlampaui banyak, akan menghambat pembungaan dan pembuahan tanaman.

7. Fosfor

Fosfor sebagai ortho-fosfat memegang peranan yang penting dalam kebanyakan reaksi enzim yang tergantung kepada fosforilase. Fosfor merupakan bagian dari inti sel, sangat penting dalam pembelahan sel, dan juga untuk perkembangan jaringan meristem. Dengan demikian fosfor dapat merangsang pertumbuhan akar dan tanaman muda, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji, atau gabah, selain itu juga sebagai penyusun lemak dan protein. Pemberian fosfat dalam jumlah yang besar oleh pengaruh waktu dapat berubah menjadi fraksi yang sukar larut.

8. Kalium

Kalium adalah salah satu dari beberapa unsur utama yang diperlukan tanaman dan sangat mempengaruhi tingkat produksi tanaman. Kalium sangat penting dalam setiap proses metabolisme dalam tanaman, yaitu dalam sintesis dari asam amino dan protein dari ion-ion amonium. Menurut E. Saifuddin Sarief yang dikutip dari (Russel, 1973), Kalium sangat penting dalam proses fotosintesis,

sebab apabila terjadi kekurangan Kalium dalam daun, maka kecepatan asimilasi karbondioksida (CO_2) akan menurun. Jadi Kalium berperan membantu pembentukan protein dan karbohidrat, mengeraskan biji dan bagian kayu tanaman, meningkatkan resistensi terhadap penyakit. Menurut penelitian, Kalium terdapat mengumpul pada titik-titik tumbuh.

K. DAMPAK LINGKUNGAN DAN KESEHATAN SAMPAH

Dampak langsung sampah pada kesehatan antara lain karena kontak langsung dengan sampah yang bersifat beracun, korosif, karsinogenik, teratogenik dan lain-lain. Juga karena sampah yang mengandung kuman pathogen sehingga dapat menimbulkan penyakit. Sementara dampak tidak langsung akibat proses pembusukan, pembakaran dan pembuangan sampah. Selain itu efek tidak langsung lain berupa penyakit bawaan vektor yang berkembangbiak di dalam sampah. Timbulan sampah beresiko dapat menjadi sarang lalat dan tikus. Sebagaimana kita ketahui, lalat dapat menjadi vektor berbagai penyakit perut, juga tikus sering membawa pinjal penyebab penyakit pes.

Penyakit bawaan sampah sangat luas dan dapat berupa penyakit menular dan tidak menular. Penyakit tersebut berupa gangguan pernafasan karena adanya pembusukan sampah oleh mikroorganisme yang menghasilkan gas hidrogen sulfide (H_2S) dan gas metan (CH_4) yang bersifat racun bagi tubuh, gangguan pada pencernaan seperti diare yang disebabkan oleh adanya vektor yang membawa kuman penyakit dan penyakit kulit yang disebabkan beberapa jenis jamur mikroorganisme patogen yang hidup dan berkembang biak di dalam sampah.

Penyakit bawaan sampah sangat luas dan dapat berupa penyakit menular, tidak menular dan dapat juga berupa akibat kebakaran, keracunan dan lain-lain.

Sampah yang tidak dikelola dengan baik juga akan berdampak terhadap lingkungan, seperti terjadinya pencemaran baik pencemaran tanah, udara maupun air.

1. **Pencemaran tanah.** Pencemaran tanah oleh sampah dapat terjadi akibat adanya sampah plastik, pecahan kaca, karet, dan bahan-bahan yang sukar membusuk sehingga tanah tercemar dan dalam waktu yang lama tidak dapat ditanami.
2. **Pencemaran udara.** Terbentuknya gas-gas akibat proses dekomposisi sampah menyebabkan udara tercemar oleh bau dari gas seperti CO_2 , H_2S , CH_4 , dan NH_3 . Sampah yang terbakar juga mencemari udara karena adanya gas CO_2 dan CO .

3. **Pencemaran air.** Hasil dekomposisi sampah dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Terjadinya penyuburan pada badan air karena menerima nutrisi hasil dekomposisi memungkinkan terjadinya ledakan populasi dan akan mengganggu kehidupan biota lain. Salah satu akibat penyuburan (eutrofikasi) ini adalah terjadinya pendangkalan badan air yang dapat menyebabkan banjir.

Dampak leachate atau cairan sampah :

Leachate atau rembesan cairan sampah yang mengandung bahan terlarut berbahaya untuk kesehatan. Leachate dapat mencemari lingkungan seperti air permukaan, air tanah serta badan air yang berada dekat TPA Sampah. Leachate harus dikelola untuk meminimalkan dampak pencemaran ini.

L. PENGAMBILAN SAMPEL

Pengambilan sampel adalah suatu prosedur tertentu yang diikuti apabila suatu substansi, bahan atau produk diambil untuk keperluan pengujian sampel yang representatif dari keseluruhannya. Karena itu, pengambilan sampel harus mewakili kumpulannya dan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut: perencanaan pengambilan sampel, petugas pengambil sampel, prosedur pengambilan sampel, peralatan pengambil sampel yang digunakan, frekuensi pengambilan sampel, keselamatan kerja dan dokumentasi terkait pengambilan sampel. Proses pengambilan sampel jika tidak dilakukan secara benar, maka secanggih apapun peralatan yang dipergunakan tidak akan menghasilkan data yang dapat menggambarkan kondisi sesungguhnya.

Pengambilan sampel harus memenuhi kesesuaian terhadap standar baku yang telah diakui baik secara internasional maupun nasional, seperti standar EPA, WHO, maupun SNI jika tidak akan mengakibatkan langkah-langkah selanjutnya seperti pengawetan, transportasi, penyimpanan, preparasi, maupun pengujian di laboratorium, akan sia-sia serta membuang waktu, biaya dan tenaga

1. PERENCANAAN PENGAMBILAN SAMPEL

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. Beberapa hal yang perlu dilakukan dalam perencanaan pengambilan sampel adalah :

- a. Menentukan tujuan pengambilan sampel
- b. Menentukan alat pengambil sampel yang sesuai
- c. Menentukan apakah pengambilan sampel harus sesuai dengan standar atau peraturan tertentu
- d. Menentukan metode analisis
- e. Pemilihan teknik sampling dan menentukan apakah sampling dilakukan secara random atau acak
- f. Menentukan jumlah, volume dan jenis wadah sampel
- g. Menentukan waktu, lokasi sampling dan jenis sampel
- h. Menentukan frekuensi sampling
- i. Menyiapkan pengendalian mutu
- j. Menyiapkan dokumentasi (daftar pemeriksaan persiapan pengambilan sampel, formulir rekaman data pengambilan sampel, laporan pengambilan sampel).

PENGAMANAN SAMPEL terdiri dari :

- a. Identifikasi/pengkodean sampel
- b. Pengemasan sampel
- c. Penyegehan wadah sampel, bila diperlukan
- d. Tindakan pencegahan selama transportasi ke laboratorium, jika ada ketidaksesuaian
- e. Penyimpanan sampel di laboratorium

2. PERSIAPAN PENGAMBILAN SAMPEL

Persiapan yang harus dilakukan sebelum pengambilan sampel di lapangan adalah:

- a. Personel pengambil sampel
- b. Persiapan peralatan pengambil sampel
- c. Persiapan peralatan pengukuran di lapangan
- d. Persiapan peralatan pendukung

- e. Persiapan prosedur pengambilan sampel
- f. Persiapan wadah sampel
- g. Persiapan bahan pengawet, bila diperlukan
- h. Mengkalibrasi alat pengukur parameter lapangan
- i. Persiapan dokumentasi
- j. Persiapan pengendalian mutu lapangan
- k. Persiapan rekaman lapangan.

3. ALAT

Seperangkat peralatan untuk pengambilan sampel sampah antara lain:

- a. Pakaian lapangan (*wear pack*, masker
- b. Sepatu *booth*
- c. Sarung tangan)
- d. Keranjang sampah
- e. Kantong-kantong plastik dan lembaran plastik.
- f. Timbangan, Timbangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah untuk menimbang sampel sampah.
- g. Seperangkat alat dan kimia untuk analisis proksimat sampel sampah (organik), dan analisis kandungan logam berat (Pb dan Hg) pada sampah organik.

4. PERSONIL

Sampel harus diambil oleh personil yang memiliki latar belakang pendidikan yang sesuai, mendapatkan pelatihan pengambilan sampel, cukup pengalaman, dan mampu mendemonstrasikan keahlian serta ketrampilannya. Apabila pengambilan sampel dilakukan oleh personel pihak lain, misalnya pelanggan, pengawas atau penyidik dari instansi yang berwenang, pihak laboratorium harus menyediakan prosedur atau instruksi yang terdokumentasi, dan hal-hal lain yang diperlukan, seperti peralatan, wadah sampel dll.

5. PERALATAN

Peralatan yang harus disiapkan sebelum melakukan pengambilan sampel terdiri dari : alat pengambil sampel, alat ukur parameter lapangan dan wadah sampel.

a. ALAT PENGAMBIL SAMPEL

Alat pengambil sampel harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat sampel sehingga bahan tersebut tidak menyerap zat-zat kimia dari sampel.
- 2) Tidak melarutkan zat-zat kimia ke dalam sampel
- 3) Tidak bereaksi dengan sampel, (misal: alat pengambil sampel pengujian parameter minyak dan lemak menggunakan wadah/gelas kaca)
- 4) Mudah dicuci dari bekas sampel sebelumnya
- 5) Sampel mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya
- 6) Mudah dan aman dibawa
- 7) Kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.
- 8) Alat pengambil sampel untuk parameter uji BOD menggunakan botol BOD, parameter uji DO menggunakan botol DO sampler, parameter uji mikrobiologi menggunakan botol coklat yang tidak tembus cahaya matahari dan disterilisasi terlebih dahulu, untuk mencegah kontaminasi dari luar.

b. ALAT UKUR PARAMETER LAPANGAN

Peralatan pengukuran lapangan yang perlu dibawa pada saat sampling antara lain:

- 1) DO meter
- 2) pH meter
- 3) Turbidimeter
- 4) Konduktimeter
- 5) Termometer
- 6) Current meter.

c. WADAH SAMPEL

Persyaratan wadah penyimpanan sampel, sebagai berikut :

- 1) Terbuat dari bahan gelas atau plastik polyethylene (PE) atau polypropylene (PP) atau teflon (*Poli Tetra Fluoro Etilen*, PTFE)
- 2) Dapat ditutup dengan kuat dan rapat
- 3) Bersih dan bebas kontaminasi

- 4) Tidak mudah pecah atau bocor
- 5) Tidak berinteraksi dengan sampel.
- 6) Wadah sampel sebelum digunakan terlebih dahulu harus dibersihkan/dicuci dan tergantung dari jenis sampel uji.

Tabel: Prosedur Pencucian Wadah Sampel

NO	JENIS SAMPEL UJI	PEMBERSIHAN
1	Senyawa organik, mudah menguap (<i>Volatile Organic Compound, VOC</i>)	cuci alat gelas, gelas vial dan tutupnya dengan deterjen, bilas dengan air kemudian dengan Aquabides lalu keringkan dalam oven pada suhu 105C; setelah satu jam, keluarkan gelas vial dan dinginkan pada suhu kamar (bila memungkinkan dalam desikator) dalam posisi terbalik di atas lembaran aluminium foil; setelah dingin, tutup gelas vial.
2	Senyawa organik	• cuci botol gelas dan tutupnya dengan deterjen, bilas dengan air; • masukkan 10 mL aseton ke dalam botol dan rapatkan tutupnya, kocok botol dengan baik agar aseton tersebar merata dipermukaan dalam botol serta mengenai <i>lining</i> teflon dalam tutup; • buka tutup botol dan buang aseton. Biarkan botol mengering, kemudian kencangkan tutup botol agar tidak terjadi kontaminasi baru.
3	Logam total dan terlarut	cuci botol gelas, polyetyllen dan tutupnya dengan deterjen, bilas dengan air, asam nitrat (HNO ₃) 1:1, Aquabides sebanyak 3 kali dan keringkan pada suhu kamar, setelah kering botol ditutup dengan rapat
4	BOD, COD dan nutrien	• cuci botol oksigen / botol Winkler dan tutupnya dengan deterjen bebas fosfat, bilas dengan air; • cuci botol dengan asam klorida (HCl) 1:1 dan bilas dengan Aquabides sebanyak 3 kali (pH netral) dan keringkan, setelah kering tutup botol dengan rapat
5	Anorganik non-logam	cuci botol dan tutup dengan deterjen, bilas dengan air kemudian bilas dengan Aquabides sebanyak 3 kali dan keringkan, setelah kering tutup botol dengan rapat

6. PENGAMBILAN SAMPEL

Pengambilan Sampel disesuaikan dengan tujuan pengambilan sampel yaitu :

- a. Pengambilan Sampel Sesaat (Grab Sample) adalah sampel yang menunjukkan sifat sampel pada saat diambil.
- b. Pengambilan Sampel Gabungan Waktu (Composite Time Sample) adalah campuran beberapa sampel yang diambil pada titik yang sama pada waktu yang berbeda.
- c. Pengambilan Sampel Gabungan Tempat (Composite Place Sample) adalah campuran beberapa sampel yang diambil dari beberapa titik tertentu dengan volume dan waktu yang sama.
- d. Pengambilan Sampel Terpadu (Integrated Sample) adalah campuran beberapa sampel gabungan waktu dan tempat.

PENGAMBILAN SAMPEL UNTUK PEMERIKSAAN KUALITAS FISIKA DAN KIMIA SAMPAH

Pemeriksaan kualitas fisika adalah pemeriksaan yang dilakukan pada suatu sampel dengan melihat wujud secara fisik seperti bau, rasa, warna, kekeruhan dan sebagainya. Pemeriksaan kualitas kimia adalah pemeriksaan yang dapat dilihat berdasarkan struktur kandungan dalam sampel tersebut.

Pengambilan sampel sampah untuk pemeriksaan secara fisika dan kimia berbeda, karena parameter yang diperiksa juga berbeda. Pada pemeriksaan kualitas fisika yang diperiksa adalah suhu, konduktivitas, warna, bau, kekeruhan, Daya Hantar Listrik (DHL), serta Total Suspended Solid (TSS). Sedangkan untuk pemeriksaan kualitas kimia yang diperiksa biasanya kesadahan (Mg, Cl, dll), Ph, alkalinitas, dan lainnya.

Untuk pemeriksaan secara fisika dan kimia biasanya sering digunakan sampel sampah cair atau licit. Pengambilan sampel pada pemeriksaan tersebut hampir sama dengan dengan pengambilan sampel air. Hal ini karena wujud yang sama yaitu cairan.

a. ALAT DAN BAHAN ;

- 1) Botol timba
- 2) Derigen plastik ukuran 5 Liter (sebaiknya berwarna putih)

- 3) Botol plastik vol. 500 mL (2 buah)
- 4) Botol oksigen vol. 250 mL
- 5) Termos es untuk mendinginkan contoh
- 6) Tas lapangan
- 7) Alat tulis
- 8) Buku catatan (bungkus dengan plastik)
- 9) Alat dan Bahan untuk periksa parameter (yang diperlukan) ;

b. PROSEDUR PENGAMBILAN SAMPEL UJI FISIKA

PROSEDUR KERJA PENGAMBILAN SAMPEL SAMPAH CAIR UNTUK PEMERIKSAAN KUALITAS FISIKA:

- 1) Menyiapkan wadah sampel
- 2) Membilas wadah sampel dengan air suling(aquadest)
- 3) Menyiapkan alat pengambil sampel yang sesuai dengan keadaan sumber air
- 4) Membilas alat pengambil sampel dengan air suling
- 5) Membilas alat pengambil sampel sebanyak 3 kali dengan sampel yang akan diambil
- 6) Mengambil sampel sesuai titik sampling dan memasukkannya ke dalam wadah yang sesuai peruntukan analisis
- 7) Mengukur mencatat kondisi lapangan dan membuat peta lokasi.
- 8) Lakukan segera pengujian parameter lapangan seperti parameter lapangan : suhu, pH, oksigen terlarut (DO), kekeruhan (Turbidity), daya hantar listrik (DHL) dan TDS yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan
- 9) Hasil pengujian parameter lapangan dicatat dalam buku catatan;
- 10) Memberi label pada wadah sampel:
- 11) Dilakukan pengawetan sesuai peruntukan pengujian di laboratorium
- 12) Mengamankan sampel serta wadah (disegel dengan benar).

c. PROSEDUR PENGAMBILAN SAMPEL UJI DO

Pengambilan sampel untuk pengujian oksigen terlarut (DO) dapat dilakukan secara umum dengan cara, yaitu:

- 1) Siapkan botol BOD yang bersih dengan volume yang diketahui serta dilengkapi dengan tutup
- 2) Celupkan botol dengan hati-hati ke dalam air sampah dengan posisi mulut botol searah dengan aliran air, sehingga air masuk ke dalam botol dengan tenang
- 3) Isi botol sampai penuh dan hindarkan terjadinya turbulensi serta gelembung udara selama pengisian, kemudian botol ditutup
- 4) Sampel siap untuk dianalisa.

d. PENGAMBILAN SAMPEL UNTUK PEMERIKSAAN KUALITAS MIKROBIOLOGI DAN PARASITOLOGI SAMPAH

Pemeriksaan kualitas mikrobiologi adalah pemeriksaan yang dilakukan untuk menguji kandungan mikroba yang terdapat dalam sampel sampah yang diuji. Pemeriksaan kualitas parasitologi adalah pemeriksaan yang dilakukan untuk menentukan parasit yang terkandung pada sampah yang diuji. Pemeriksaan dan pengambilan sampel secara mikrobiologi harus dilakukan steril baik dari wadah, maupun personilnya.

Sampah mengandung zat-zat hidup, khususnya bakteri, virus, dan protozoa, dan dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan jasad-jasad renik. Kebanyakan daripada bakteri itu secara relatif tidak berbahaya namun sebagian dari mereka secara positif berbahaya karena pathogenik. Sehingga diperlukan pemeriksaan secara mikrobiologi dan parasitologi untuk mengetahui kandungan mikroba dan parasit yang membahayakan pada sampel sampah tersebut.

Pengambilan sampel untuk pemeriksaan mikrobiologi harus dilakukan secara steril agar tidak terkontaminasi dengan zat lain yang ada di sekitar lokasi pengambilan sampel. Sama halnya dengan pengambilan sampel pemeriksaan parasitologi namun jika pemeriksaan ini tidak perlu steril namun harus tetap bersih. Pemeriksaan secara mikrobiologi dilakukan terhadap sampel yang berupa padat dan cair. Pada pengambilan sampel sampah padat yang diambil adalah tanah tempat timbulan sampah.

Untuk sampah cair prosedur pengambilan dilakukan sama dengan pengambilan sampel air.

1) Alat dan bahan

a) Sampel padat

- (1) Wadah sampel (petridish, kantong plastik)
- (2) Sarung tangan
- (3) Kertas label
- (4) Timbangan
- (5) Pisau
- (6) Sampah organik
- (7) Bor tangan
- (8) Sekop kecil dari bahan metal, plastik, dan kayu
- (9) pH soil tester
- (10) Termometer
- (11) Checklist pengambilan sampel
- (12) Rol meter

b) Sampel cair

- (1) Botol sampel dengan tali dan pemberat
- (2) Botol sampel tanpa tali dan pemberat
- (3) Kruistang
- (4) Spiritus / alkohol
- (5) Alat tulis
- (6) Korek api
- (7) Kertas label / etiket
- (8) Tas sampling
- (9) Kapas

e. PROSEDUR PENGAMBILAN SAMPEL UJI MIKROBIOLOGI DAN PARASITOLOGI

Prosedur pengambilan sampel padat untuk pemeriksaan kualitas mikrobiologi:

- 1) Mensterilisasi alat dan bahan yang akan digunakan dengan menggunakan autoclave
- 2) Gunakan sarung tangan agar dapat terjaga kesterilannya
- 3) Ambil sampah dan masukkan kedalam wadah yang telah disediakan
- 4) Semprotkan bahan kimia sebagai pengawet sampel
- 5) Tutup wadah tersebut dan beri label:

6) Simpan ditempat pengawetan sampel

f. Titik pengambilan sampel sampah padat

Lokasi pengambilan sampel sampah padat untuk pemeriksaan mikrobiologi dan parasitologi dapat di lakukan di TPA atau di pembuangan sampah rumah tangga.

g. FORMULIR BERITA ACARA PENGAMBILAN SAMPEL

Pada hari....., tanggal....., bulan....., tahun....., kami yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama :

Instansi :

Jabatan : Ketua tim pengambil sampel

2. Nama :

Instansi :

Jabatan : Anggota tim pengambil sampel

Telah melakukan pengambilan sampel pada lokasi.....

Titik pengambilan sampel serta perlakuan seperlunya telah dilakukan sebagaimana diuraikan dalam tabel di bawah ini :

Tanggal	Titik pengambilan Sampel	Kode Sampel	Perlakuan	Parameter Uji

Dokumen perencanaan pengambilan sampel dan rekaman data pengambilan sampel merupakan bagian tidak terpisahkan dari berita acara pengambilan sampel ini.

Demikian berita acara pengambilan sampel ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Ketua tim pengambil sampel

Mengetahui saksi

(.....)

(.....)

7. PEMERIKSAAN DI LAPANGAN:

Pemeriksaan Di Lapangan Pekerjaan yang dilakukan meliputi :

- a. Pemeriksaan unsur-unsur yang dapat berubah dengan cepat, dilakukan langsung setelah pengambilan contoh ; unsur-unsur tersebut antara lain : pH, suhu, daya hantar listrik, alkalinity, acidity dan oksigen terlarut.
- b. 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

8. Pengawetan Sampel

Pengawetan sampel meliputi perlakuan pendinginan, pengaturan pH, penambahan bahan kimia untuk mengikat polutan yang akan dianalisis.

- a. Perlakuan pendinginan

Perlakuan pendinginan sampel dengan menggunakan dry ice dalam ice box pada suhu $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, kemudian wadah sampel ditutup rapat sehingga tidak ada pengaruh udara dari luar.

- b. Perlakuan pengaturan pH

Perlakuan pengaturan pH bertujuan untuk cross check penambahan bahan kimia sebagai bahan pengawet pada sampel yang ditentukan berdasarkan parameter uji (sesuai persyaratan).

- c. Perlakuan penambahan bahan kimia

Perlakuan penambahan bahan kimia dilakukan setelah sampel diambil, untuk tetap memelihara keutuhan dan memastikan tidak terkontaminasi, atau mencegah terjadinya perubahan. Bahan kimia yang digunakan untuk pengawetan harus memenuhi persyaratan parameter uji untuk analisis dan tidak mengganggu atau mengubah kadar zat yang akan di uji, dengan tujuan menghambat aktivitas mikroorganisme dan mengurangi penguapan gas serta bahan-bahan organik, yang dilakukan mulai dari lokasi pengambilan sampel sampai analisis di laboratorium. Batas penyimpanan maksimum sampel tergantung pada karakteristik sampel, sifat parameter uji dan teknik pengawetan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, B. 2007. Pengelolaan Limbah di Rumah Sakit Pupuk Kaltim Bontang untuk Memenuhi Baku Mutu Lingkungan. Semarang. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Anggraeni, P. N. 2014. Potensi Konsorsium Mikroba dalam Meningkatkan Efektivitas Proses Pengolahan Limbah Cair Bir. Tesis: DenpasProgram Pascasarjana Universitas Udayana.
- Aziz. 2006. Diare Pembunuh Utama Balita. Jakarta: Graha Pustaka.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2008. Pengujian Mikrobiologi Pangan. Info Pom Edisi Maret. 9(2).
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. 2013. Riset Kesehatan Dasar 2013. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Budiyanto. 2002. Mikrobiologi Terapan. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Budiyanto, Agus K. 2003. Mikrobiologi Terapan. Malang: UMM Press.
- Budiyanto. 2001. Peranan Mikroorganisme dalam Kehidupan Kita. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Christy, M. 2014. Faktor yang berhubungan dengan kejadian diare ada anak. Berkala Epidemiologi 2 No. 3.
- Cita, Y.P. 2011. Bakteri Salmonella typhi dan Demam Tifoid. Jurnal Kesehatan Masyarakat. 6(1)
- Denok Indraswati. 2015. Pengawet Makanan. Nomor ISBN: 978-60-1081-2 Ponorogo: Forum Ilmiah Kesehatan (FORIKES).
- Denok Indraswati. 2016. Kontaminasi Makanan (Food Contamination) Oleh Jamur. Nomor ISBN: 978-602-1081-23-5 Ponorogo: Forum Ilmiah Kesehatan (FORIKES).
- Denok Indraswati. 2017. Pengemasan Makanan. Nomor ISBN: 978-60-1081-3 Ponorogo: Forum Ilmiah Kesehatan (FORIKES).
- Depkes RI. 1989. Tentang Batas Maksimum Pencemaran Mikroba Dalam Makanan. Lampiran Surat Keputusan No. 03726/B/SK/VII/89.
- Depkes RI. 2001, Kumpulan Modul Kursus Penyehatan Makanan Bagi Pengusaha Makanan dan Minuman. Jakarta: Yayasan Pesan.

- Djaja, I.M & Maniksulistya. 2006. Gambaran Pengelolaan Limbah Cair di Rumah Sakit Jakarta. Makara Kesehatan. 10(2).
- Djoko Windu P. Irawan. 2016. Prinsip-Prinsip Hygiene Makanan Di Rumah Sakit. Nomor ISBN: 978-60-1081-3. Ponorogo: Forum Ilmiah kesehatan (FORIKES).
- Djoko Windu P. Irawan. 2016. Pangan Sehat, Aman, Bergizi, Berimbang, Beragam dan Halal. Nomor ISBN: 978-602-1081-24-2. Ponorogo: Forum Ilmiah kesehatan (FORIKES).
- Ditjen PPM dan PLP. Depkes RI. 1999. Modul Kursus Penyehatan Makanan Bagi Pengusaha Makanan Dan Minuman. Jakarta.
- Dwijoseputro. 2005. Dasar-dasar Mikrobiologi. Jakarta: Djambatan.
- Hadioetomo, R S. 1990. Mikrobiologi Dasar dalam Praktek Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- HAKLI. 2011. Kumpulan Makalah Seminar dan Simposium Nasional Kesehatan Lingkungan, Yogyakarta.
- Imam Supardi. 2002, Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan. Bandung: yayasan Adikarya IKAPI.
- Indrawati Gandjar, et. al. 2006. Mikologi Dasar dan Terapan. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Irawati, N. 2008. Potensi Isolat Bakteri Kitinolitik Lokal dalam Pengendalian Fungi Patogen Tumbuhan. Skripsi. Program Studi Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- Iswanto. 2007. Pola Hidup Sehat dalam Keluarga. Jakarta: Sunda Kelapa Pustaka.
- Jawetz E, Melnick J & Adelberg E. 2001. Mikrobiologi Kedokteran. Buku 1. Terjemahan Bagian Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga. Jakarta: Penerbit Salemba Medika.
- Jawetz E, Melnick J & Adelberg E. 2004. Mikrobiologi Kedokteran. Edisi 23. Terjemahan Bagian Mikrobiologi. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Jawetz E, Melnick J & Adelberg E. 2010. Mikrobiologi Kedokteran. Edisi 25. Terjemahan Bagian Mikrobiologi. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Kementerian kesehatan RI. 2011. Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Upaya Kesehatan Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik dan Sarana Kesehatan. Jakarta.
- Kemenkes RI. 2011. Buku Saku Petugas Kesehatan Lintas Diare. Jakarta: Direktorat Jendral Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan.

- Kemenkes RI. 2011. Panduan Sosialisasi Tatalaksana Diare Balita (Direktorat). Jakarta: Direktorat Jendral Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan.
- Kementerian Kesehatan RI. 2011. Situasi Diare di Indonesia. Jakarta.
- Kumala S, Nancy R, Lestari R & Ariyana K. 2009. Uji Kepekaan Bakteri yang Diisolasi dari Urin Penderita Infeksi Saluran Kemih (ISK) terhadap Beberapa Antibiotika. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 6(2).
- Leni Herleani Afrianti. 2004. Penyebab Makanan Beracun. Bandung: F MIPA. ITB.
- Lud Waluyo. 2009. Mikrobiologi Lingkungan. Malang: UMM Press.
- Maksum Radji. 2010. Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran. Jakarta: Kedokteran EGC.
- Michael J Pelczar dan E.S.C. Chan. 2006. Dasar-dasar Mikrobiologi. Jakarta: UI Press.
- Mulia, R. M. 2005. Kesehatan Lingkungan. Jakarta. Penerbit Graha Ilmu.
- Neil A Campbell. 2006. Biologi. Jakarta: Erlangga.
- Notoatmodjo, P. 2010. Konsep Perilaku dan Perilaku Kesehatan. Jakarta: Rineka Cipta.
- Nurul Utami, Nabila Lutfiana. 2016. Jurnal faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian diare pada anak. Jakarta.
- Oetami Dwi Hajoeningtyas. 2012. Mikrobiologi Pertanian. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Prantowati. 2009. Isolasi Karakteristik dan Identifikasi Bakteri yang Mempunyai Potensi Mendegradasi Fenol dari Limbah Cair Rumah Sakit. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Pratiwi, D. 2013. Analisis Pengelolaan Limbah Medis Padat pada Puskesmas Kabupaten Pati. Skripsi. Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Keolahragaan. Universitas Negeri Semarang.
- Prastyo, C. E. 2012. Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit dengan Sistem Dewats dalam Menurunkan Angka Bakteri Coliform Di RS Panti Wilasa Citarum Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 1(2).
- Pruss, A. 2005. Pengelolaan Aman Limbah Layanan Kesehatan. Jakarta : Penerbit ECG Buku Kedokteran.
- Putra, Y. 2011. Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Upaya Pendekatan dalam Arsitektur. Skripsi. Program Studi Arsitektur. Fakultas Teknik. Universitas Sumatra Utara.

- Rahmawati, A.A & Azizah. 2005. Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2(1): 97 – 110.
- Rosihan Anwar. 2001. Lima Spesies Bakteri yang dikenal sebagai penyebab keracunan Makanan. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Fakultas Kedokteran Univ. Islam Sumatera (Vol.1 No.1/Januari 2001)*.
- Rosyidah, A. 2014. Hubungan Perilaku Cuci Tangan Terhadap Kejadian Diare Pada Siswa di SDN Ciputat 02.
- Said, N.I & Marsidi, R. 2005. Mikroorganisme Patogen dan Parasit di dalam Air Limbah Domestik serta Alternatif Teknologi Pengolahan. *JAI*. 1(1).
- Sartono. 2002, Racun dan Keracunan, Widya Merdeka.
- Setyaningsih, Y. Soebijanto, Soedirman. 2003. Hubungan Antara Kualitas Udara dalam Ruangan Berpendingin Sentral dan Sick Building Syndrome. *Jurnal Sains Kesehatan*.
- Staf Pengajar Bagian Mikrobiologi FK UI. 2002. Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran. Edisi Revisi. Penerbit Binarupa Aksara.
- Sylvia T Pratiwi. 2008. Mikrobiologi Farmasi. Jakarta: Erlangga.
- Unus Suriawiria. 2005. Air Dalam Kehidupan dan Lingkungan Yang Sehat, Bandung: Alumni.
- Waluyo, Lud. 2005. Mikrobiologi Umum. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Widoyono. 2011. Penyakit Tropis Epidemiologi, Penularan, pencegahan dan pemberantasan (2nd ed.). Jakarta: Erlangga.
- WHO. 2009. Indikator Perbaikan Kesehatan Lingkungan Anak: Jakarta.
- Widoyono. 2012. Penyakit Tropis, Epidemiologi, Penularan, Pencegahan & Pemberantasan. Jakarta: Erlangga Medical Series.

LATIHAN KEGIATAN BELAJAR

SOAL LATIHAN

- 1. Sebut dan Jelaskan kerugian akibat tidak diterapkannya manajemen resiko lingkungan.**

Kunci jawaban:

Kerugian tersebut dapat diukur dengan biaya yang dikeluarkan bagi terjadinya kecelakaan.

Kerugian dapat dilihat dari dua aspek ekonomis, yaitu:

1. Biaya Langsung (direct costs)

Suatu kerugian yang dapat dihitung secara langsung dari mulai terjadi peristiwa sampai dengan tahap rehabilitasi, seperti:

- a. Penderitaan tenaga kerja yang mendapatkan kecelakaan dan keluarganya
- b. Biaya pertolongan pertama pada kecelakaan.
- c. Biaya pengobatan dan perawatan.
- d. Biaya angkut dan biaya rumah sakit.
- e. Biaya kompensasi pembayaran asuransi kecelakaan.
- f. Upah selama tidak mampu bekerja.
- g. Biaya perbaikan peralatan yang rusak.

2. Biaya Tak Langsung (indirect costs)

Kerugian berupa biaya yang dikeluarkan dan meliputi suatu yang tidak terlihat pada waktu atau beberapa waktu setelah terjadinya kecelakaan.

Biaya tidak langsung ini antara lain mencakup :

- a. Hilangnya waktu kerja dari tenaga kerja yang mendapat kecelakaan.
- b. Hilangnya waktu kerja dari tenaga kerja lain, seperti rasa ingin tahu dan rasa simpati serta setia kawan untuk membantu dan memberikan pertolongan pada korban, mengantar ke rumah sakit.
- c. Terhentinya proses produksi sementara, kegagalan pencapaian target, kehilangan bonus.
- d. Kerugian akibat kerusakan mesin, perkakas atau peralatan kerja lainnya.
- e. Biaya penyelidikan dan sosial.

2. Sebut dan jelaskan sasaran manajemen resiko lingkungan.

Kunci jawaban:

SASARAN MANAJEMEN RESIKO:

Sasaran dari pelaksanaan manajemen resiko adalah untuk mengurangi resiko yang berbeda-beda yang berkaitan dengan bidang yang telah dipilih pada tingkat yang dapat diterima oleh masyarakat. Hal ini dapat berupa berbagai jenis ancaman yang disebabkan oleh lingkungan, teknologi, manusia, organisasi, dan politik. Di sisi lain, pelaksanaan manajemen resiko melibatkan segala cara yang tersedia bagi manusia, khususnya entitas manajemen resiko (manusia, staff, organisasi).

Sasaran yang akan dicapai manajemen risiko antara lain sebagai berikut:

1. Survival
2. Kedamaian pikiran
3. Memperkecil biaya
4. Menstabilkan pendapatan perusahaan
5. Memperkecil atau meniadakan gangguan operasi perusahaan
6. Melanjutkan pertumbuhan perusahaan
7. Merumuskan tanggung jawab social perusahaan terhadap karyawan dan masyarakat.

3. Jelaskan tujuan diterapkannya manajemen risiko di tempat kerja.

Kunci Jawaban:

Tujuan diterapkannya manajemen risiko di tempat kerja:

1. Meminimalkan kerugian akibat kecelakaan dan sakit.
2. Meningkatkan kesempatan/peluang untuk meningkatkan produksi melalui suasana kerja yang aman, sehat dan nyaman.
3. Memotong mata rantai kejadian kerugian akibat kegagalan

Tindakan manajemen resiko diambil oleh para praktisi untuk merespon bermacam-macam resiko. Responden melakukan dua macam tindakan manajemen resiko yaitu mencegah dan memperbaiki. Tindakan mencegah digunakan untuk mengurangi, menghindari, atau mentransfer resiko pada tahap awal proyek konstruksi. Sedangkan tindakan memperbaiki adalah untuk mengurangi efek-efek ketika resiko terjadi atau ketika resiko harus diambil.

Karena manajemen resiko merupakan sebuah cara yang sistematis dalam memandang sebuah resiko dan menentukan dengan tepat penanganan resiko tersebut. Ini merupakan sebuah sarana untuk mengidentifikasi sumber dari resiko dan ketidakpastian, dan memperkirakan dampak yang ditimbulkan dan mengembangkan respon yang harus dilakukan untuk menanggapi resiko.

4. Jelaskan Manfaat diterapkannya manajemen resiko.

Kunci Jawaban:

Manfaat Manajemen Risiko: dengan diterapkannya manajemen risiko disuatu perusahaan, ada beberapa manfaat yang akan diperoleh yaitu:

1. Perusahaan memiliki ukuran kuat sebagai pijakan dalam mengambil setiap keputusan, sehingga para manajer menjadi lebih berhati-hati (prudent) dan selalu menempatkan ukuran-ukuran dalam berbagai keputusan.
2. Mampu memberi arah bagi suatu perusahaan dalam melihat pengaruhpengaruh yang mungkin timbul baik secara jangka pendek dan jangka panjang.
3. Mendorong para manajer dalam mengambil keputusan untuk selalu menghindari dari pengaruh terjadinya kerugian khususnya dari segi finansial.
4. Memungkinkan perusahaan memperoleh risiko kerugian yang minimum.
5. Dengan adanya konsep manajemen risiko (risk management concept) yang dirancang secara detail maka artinya perusahaan telah membangun arah dan mekanisme secara berkelanjutan (sustainable).

5. Sebut dan Jelaskan Syarat Utama Dalam Menerapkan Manajemen Risiko

Kunci Jawaban:

Syarat Utama Dalam Menerapkan Manajemen Risiko, Ada 4 syarat utama dalam menerapkan manajemen risiko :

1. KEBIJAKAN MANAJEMEN RISIKO

Eksekutif organisasi harus dapat mendefinisikan dan membuktikan kebenaran dari kebijakan manajemen risikonya, termasuk tujuannya untuk apa, dan komitmennya. Kebijakan manajemen risiko harus relevan dengan konteks STRATEGI dan tujuan organisasi, objektif dan sesuai dengan sifat dasar bisnis (organisasi) tersebut. Manajemen akan memastikan bahwa kebijakan tersebut dapat dimengerti, dapat diimplementasikan di setiap tingkatan organisasi.

2. PERENCANAAN DAN PENGELOLAAN HASIL

- a. Komitmen Manajemen; Organisasi harus dapat memastikan bahwa: sistem manajemen risiko telah dapat dilaksanakan, dan telah sesuai dengan standar.

Hasil/ performa dari sistem manajemen risiko dilaporkan ke manajemen organisasi, agar dapat digunakan dalam meninjau (review) dan sebagai dasar (acuan) dalam pengambilan keputusan.

- b. Tanggung jawab dan kewenangan; Tanggung jawab, kekuasaan dan hubungan antar anggota yang dapat menunjukkan dan membedakan fungsi kerja didalam manajemen risiko harus terdokumentasikan, khususnya hal-hal sebagai berikut:

- 1) Tindakan pencegahan atau pengurangan efek dari risiko.
- 2) Pengendalian yang akan dilakukan agar faktor risiko tetap pada batas yang masih dapat diterima.
- 3) Pencatatan faktor-faktor yang berhubungan dengan kegiatan manajemen risiko.
- 4) Rekomendasi solusi sesuai cara yang telah ditentukan.
- 5) Memeriksa validitas implementasi solusi yang ada.
- 6) Komunikasi dan konsultasi secara internal dan eksternal.

- c. Sumber Daya Manusia; Organisasi harus dapat mengidentifikasi persyaratan kompetensi sumber daya manusia (SDM) yang diperlukan. Oleh karena itu untuk meningkatkan kualifikasi SDM perlu untuk mengikuti pelatihan-pelatihan yang relevan dengan pekerjaannya seperti pelatihan manajerial, dan lain sebagainya.

3. IMPLEMENTASI PROGRAM

Sejumlah langkah perlu dilakukan agar implementasi sistem manajemen risiko dapat berjalan secara efektif pada sebuah organisasi. Langkah-langkah yang akan dilakukan tergantung pada filosofi, budaya dan struktur dari organisasi tersebut.

4. TINJAUAN MANAJEMEN

Tinjauan sistem manajemen risiko pada tahap yang spesifik, harus dapat memastikan kesesuaian kegiatan manajemen risiko yang sedang dilakukan dengan standar yang digunakan dan dengan tahap-tahap berikutnya.

Manajemen risiko adalah bagian yang tidak terpisahkan dari manajemen proses. Manajemen risiko adalah bagian dari proses kegiatan didalam organisasi dan

pelaksananya terdiri dari mutlidisiplin keilmuan dan latar belakang, manajemen risiko adalah proses yang berjalan terus menerus.

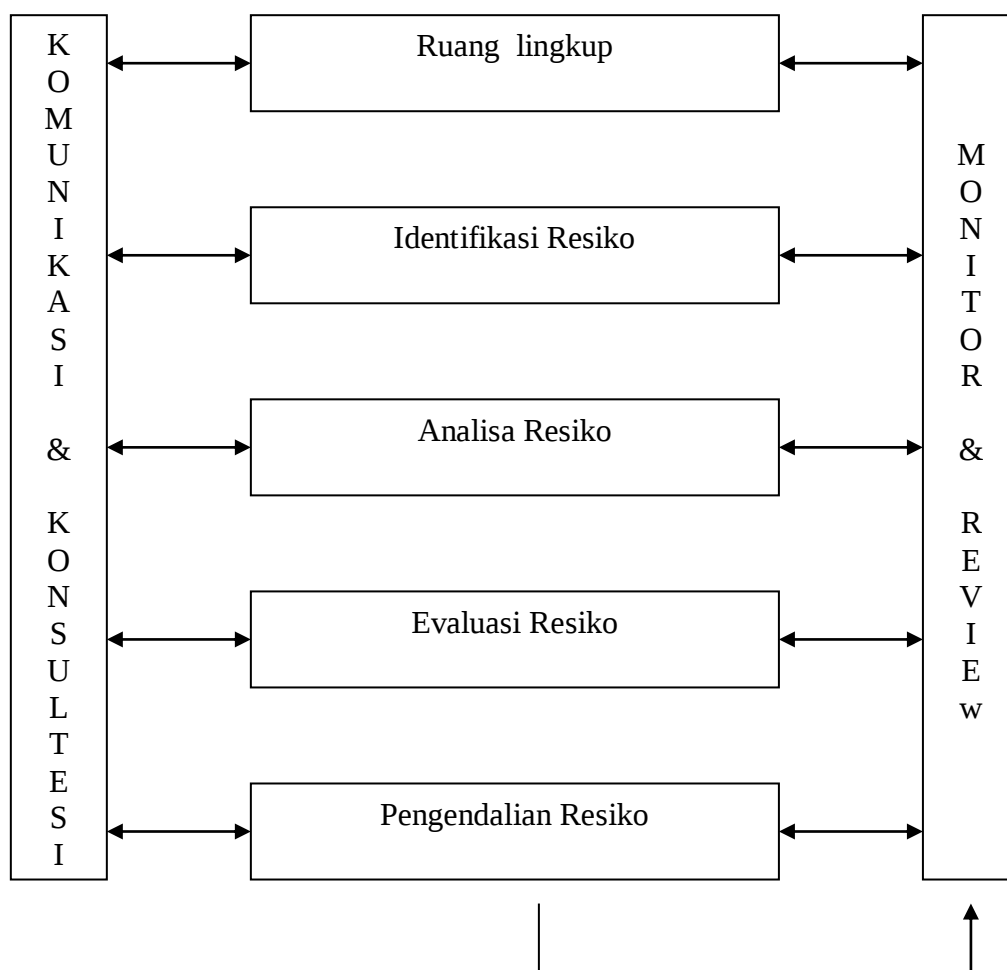
ELEMEN UTAMA DARI PROSES MANAJEMEN RISIKO:

- a. PENENTUAN KONTEKS..
- b. IDENTIFKASI RISIKO..
- c. ANALISIS RISIKO.
- d. EVALUASI (PENILAIAN) RISIKO.
- e. PENGENDALIAN RISIKO.
- f. MONITOR DAN REVIEW.

6. Jelaskan dalam bentuk skema tentang Elemen Utama Proses Manajemen Risiko

Kunci jawaban:

Elemen Utama Proses Manajemen Risiko:



7. Jelaskan Metode Identifikasi Resiko..

Kunci jawaban:

Dalam mengidentifikasi risiko ada beberapa metode yang dapat digunakan, antara lain:

1. Menggunakan daftar pertanyaan (questionair) untuk menganalisa risiko yang dari jawaban-jawaban terhadap pertanyaan tersebut diharapkan dapat memberikan petunjuk-petunjuk tentang dinamika informasi khusus, yang dapat dirancang secara sistematis tentang risiko yang menyangkut kekayaan maupun operasi perusahaan.
2. Menggunakan laporan keuangan, yaitu dengan menganalisa neraca, laporan pengoperasian dan catatan-catatan pendukung lainnya, akan dapat diketahui/diidentifikasi semua harta kekayaan, hutang piutang dan sebagainya. Sehingga dengan merangkaikan laporan-laporan tersebut dan berdasarkan ramalan-ramalan anggaran keuangan akan dapat menentukan penanggulangan risiko di masa mendatang.
3. Membuat flow-chart aliran barang mulai dari bahan mentah sampai menjadi barang jadi akan dapat diketahui risiko-risiko yang dihadapi pada masing-masing tahap dari aliran tersebut. Dari flow-chart tersebut akan dapat diidentifikasi kemungkinan kerugian pada masing-masing tahap.
4. Dengan Inspeksi langsung ditempat artinya dengan mengadakan pemeriksaan secara langsung di tempat dimana dilakukan operasi/aktivitas perusahaan. Sehingga dari pemeriksaan/pengamatan itu manajer akan dapat belajar banyak mengenai kenyataan-kenyataan di lapangan, yang akan sangat bermanfaat bagi upaya penanggulangan risiko.
5. Mengadakan interaksi dengan departemen/bagian-bagian dalam perusahaan. Adapun cara-cara yang dapat ditempuh:
 - a. Dengan mengadakan kunjungan ke departemen/bagian-bagian akan dapat meraih/memupuk saling pengertian antara kedua belah pihak dan akan dapat memberikan pemahaman yang lengkap tentang aktivitas mereka dan kerugian-kerugian potensial yang dihadapi bagian mereka
 - b. Dengan menerima, mengevaluasi, memonitor dan menanggapi laporan-laporan dari departemen/bagian-bagian akan dapat meningkatkan pemahaman tentang aktivitas dan risiko yang mereka hadapi.

6. Mengadakan interaksi dengan pihak luar artinya mengadakan hubungan dengan perseorangan ataupun perusahaan-perusahaan lain terutama pihak-pihak yang dapat membantu perusahaan dalam penanggulangan risiko, seperti: akuntan, penasihat hukum, konsultan manajemen, perusahaan asuransi dan sebagainya. Dimana mereka akan dapat banyak membantu dalam mengembangkan identifikasi terhadap kerugian-kerugian potensial.
7. Melakukan analisa terhadap kontrak-kontrak yang telah dibuat dengan pihak lain. Dari analisa tersebut akan dapat diketahui kemungkinan adanya risiko dari kontrak tersebut, misalnya: rekanan tidak dapat memenuhi kewajibannya, denda keterlambatan memenuhi kewajiban dan sebagainya.
8. Membuat dan menganalisa catatan/statistik mengenai bermacam-macam kerugian yang telah pernah diderita. Dari catatan-catatan itu akan dapat diperhitungkan kemungkinan terulangnya suatu jenis risiko tertentu. Disamping itu dari catatan tersebut akan dapat diketahui: penyebab, lokasi, jumlah dan variabel-variabel risiko lainnya, yang perlu diperhitungkan dalam upaya penanggulangan risiko.
9. Mengadakan analisa lingkungan, yang sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi yang mempengaruhi timbulnya risiko potensiil, seperti: konsumen, supplier, penyalur, pesaing dan penguasa (pembuat peraturan/perundang-undangan).

8. Jelaskan metode analisis resiko kualitatif, semi kuantitatif dan kuantitatif

Kunci jawaban:

Karakteristik Jenis-Jenis Analisis :

1. Analisis Kualitatif.

Analisis kualitatif menggunakan bentuk kata atau skala deskriptif untuk menjelaskan seberapa besar potensi risiko yang akan diukur.

Hasilnya *misalnya* risiko dapat termasuk dalam :

- a Risiko rendah.
- b Risiko sedang.
- c Risiko tinggi.

Analisis kualitatif digunakan untuk kegiatan Skrining awal pada risiko yang membutuhkan analisis lebih rinci dan lebih mendalam.

2. Analisis Semi-Kuantitatif.

Pada analisis semi kuantitatif, skala kualitatif yang telah disebutkan diatas diberi nilai. Setiap nilai yang diberikan haruslah menggambarkan derajat konsekuensi maupun probabilitas dari risiko yang ada.

Misalnya suatu risiko mempunyai tingkat probabilitas sangat mungkin terjadi, kemudian diberi nilai 100. setelah itu dilihat tingkat konsekuensi yang dapat terjadi sangat parah, lalu diberi nilai 50.

Maka Tingkat Risiko *adalah* : $100 \times 50 = 5000$.

Nilai tingkat risiko ini kemudian dikonfirmasi dengan Tabel Standar yang ada (*misalnya dari* : ANZS/ Australian New Zealand Standard, No. 96, 1999).

Kehati-hatian harus dilakukan dalam menggunakan analisis semi-kuantitatif, karena nilai yang kita buat belum tentu mencerminkan kondisi obyektif yang ada dari sebuah risiko. Ketepatan perhitungan akan sangat bergantung kepada tingkat pengetahuan tim ahli dalam analisis tersebut terhadap proses terjadinya sebuah risiko. Oleh karena itu kegiatan analisis ini sebaiknya dilakukan oleh sebuah tim yang terdiri dari berbagai disiplin ilmu dan background, tentu saja juga melibatkan manajer ataupun supervisor di bidang operasi.

3. Analisis Kuantitatif.

Analisis dengan metode ini menggunakan nilai Numerik. Kualitas dari analisis tergantung pada akurasi dan kelengkapan data yang ada. Konsekuensi dapat dihitung dengan menggunakan metode modeling hasil dari kejadian atau kumpulan kejadian atau dengan memperkirakan kemungkinan dari studi eksperimen atau data sekunder / data terdahulu.

Probabilitas biasanya dihitung sebagai salah satu atau keduanya (*exposure* dan *probability*). Kedua variabel ini (probabilitas dan konsekuensi) kemudian digabung untuk menetapkan tingkat risiko yang ada. Tingkat risiko ini akan berbeda-beda menurut jenis risiko yang ada.

9. Jelaskan apa yang dimaksud dengan evaluasi (penilaian) resiko.

Kunci jawaban:

Evaluasi Risiko adalah membandingkan tingkat risiko yang telah dihitung pada tahapan analisis risiko dengan kriteria standar yang digunakan.

Hasil Evaluasi risiko di antaranya adalah :

1. Gambaran tentang seberapa penting risiko yang ada.
2. Gambaran tentang prioritas risiko yang perlu ditanggulangi.
3. Gambaran tentang kerugian yang mungkin terjadi baik dalam parameter biaya ataupun parameter lainnya.

10. Potensi resiko (bahaya) dapat dikendalikan dengan cara apa saja? Sebut dan jelaskan secara singkat.

Kunci jawaban:

Potensi bahaya bisa dikendalikan, dengan cara:

1. **Eliminasi** – memodifikasi desain untuk menghilangkan bahaya; misalnya, memperkenalkan perangkat mengangkat mekanik untuk menghilangkan penanganan bahaya manual;
2. **Substitusi** – mengganti bahan kurang berbahaya atau mengurangi energi sistem (misalnya, menurunkan kekuatan, ampere, tekanan, suhu, dll);
3. **Kontrol teknik / Perancangan** – menginstal sistem ventilasi, mesin penjagaan, interlock, dll .;
4. **Kontrol administratif** – tanda-tanda keselamatan, daerah berbahaya tanda, tanda-tanda foto-luminescent, tanda untuk trotoar pejalan kaki, peringatan sirene / lampu, alarm, prosedur keselamatan, inspeksi peralatan, kontrol akses, sistem yang aman, penandaan, dan izin kerja, dll .;
5. **Alat Pelindung Diri (APD)** – kacamata safety, perlindungan pendengaran, pelindung wajah, respirator, dan sarung tangan.

BIODATA PENYUSUN BUKU



Nama : Hj. Denok Indraswati, SSi, M.Si
Tempat, Tanggal Lahir : Blitar, 19 Januari 1964
NIP : 196401191985032003
NIDN : 4019016401
Pangkat / Golongan : Pembina, IV A
Jabatan Fungsional : Dosen - Lektor Kepala (JFT)
Institusi : Prodi Sanitasi Program D-III Kampus Magetan, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Surabaya
Alamat Institusi : Jalan Tripandita Nomor 6 Magetan
Lulusan : 1. S1-Biologi Lingkungan-Universitas Widya Mandala Madiun
2. S2- Ilmu Lingkungan-Universitas Sebelas Maret Surakarta
Email : denokwidjaya19@gmail.com
Nomor HP : 082142837114
Pengampu Mata Kuliah : 1. Mikrobiologi Lingkungan
2. Adminitrasi Dan Majemen Kesehatan Lingkungan
3. Penyakit Berbasis Lingkungan
4. Penyehatan Makanan Minuman
5. Penyehatan Makanan Minuman B
6. Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)
7. Tata Graha
8. Sanitasi Rumah Sakit
Produk Buku Ber-ISBN : 1. Pengawet Makanan. Nomor ISBN: ISBN 978-602-1081-29-7. Ponorogo: Penerbit Forum Ilmiah Kesehatan (FORIKES). Tahun 2015.
2. Kontaminasi Makanan (Food Contamination) Oleh Jamur. Nomor ISBN: 978-602-1081-23-5. Ponorogo: Penerbit Forum Ilmiah Kesehatan (FORIKES). Tahun 2016.
3. Pengemasan Makanan. Nomor ISBN: 978-602-1081-30-3 Ponorogo: Penerbit Forum Ilmiah Kesehatan (FORIKES). Tahun 2017.
4. BUKU MONOGRAF: Hasil Penelitian: Kajian

Aspek Fisik Serta Mikrobiologi Pada Daging Ayam Broiler Sehat Dan Daging Ayam Broiler Glonggongan. Nomor ISBN: 978-623-348-224-0. Penerbit: Penerbit Insan Cendekia Mandiri (Grup Penerbitan CV Insan Cendekia Mandiri). Tahun 2021.

5. BUKU MONOGRAF: Faktor Resiko Kualitas Jajanan. Nomor ISBN: 978-623-8022-28-1 Cetakan Pertama: September 2022 Penerbit CV. Mitra Ilmu Anggota IKAPI Nomor: 041/SSL/2022.
6. BUKU MONOGRAF: Faktor Pengaruh Jumlah Kunjungan Di Klinik Sanita. Nomor ISBN: 978-623-8179-27-5. Penerbit: Insight Mediatama

- Produk Jurnal Internasional :
1. Exploration Of Plant Extracts That Have Potential As Repellent To Aedes Aegypti. Tahun 2017.
 2. Effectiveness Of Pineapple Cayenne Waste Extract To Reduce The Number Of Escherichia Coli In The Clean Water Disinfection Process. Tahun 2017.
 3. Analysis Of Environment Management On The Case Of Dengue Fever In Sukomoro Sub-District, Magetan District. Tahun 2017.
 4. The Effect Of Internal And External Factors To The Number Of Visits In Sanitation Clinic Of Public Health Center Of Poncol Magetan Regency. Tahun 2018.
 5. Analysis Of Risk Factors Of Quality Of Snacks Food Sold In Town Squares Of Magetan, Ngawi, Ponorogo And Madiun. Tahun 2018.
 6. Evaluation Of Sanitation Management At Dr. Sayidiman Hospital Of Magetan, Indonesia. Tahun 2018.
 7. Food Quality Of Traditional Snacks Reviewed From Physical, Chemical And Microbiological Aspects Sold In The Sayur Market Of Magetan. Tahun 2018.
 8. Comparison Of The Organoleptic Aspects And The Number Of Germs Between Healthy Broiler Chicken Meat And Injected Broiler Chicken Meat. Tahun 2018.
 9. The Influence of General Fatigue Levels on The Work Quality of The Officers of The Railway Crossing Doorstop in The Operating Area VII Madiun Region of Nganjuk Regency. Tahun 2019.
 10. Analysis of the Physical and Chemical Quality of Compost Waste Smoking Unit Water Treatment and Composting Plant PT. Djarum Oasis Kretek Factory Kudus. Tahun 2019.
 11. Comparison of Organoleptic Aspects and Germs

Between Healthy Broiler Chicken Meat with Raised Broiler Chicken Meat (Syringe Meat or Wet Meat). Tahun 2020.

12. Development of Solar Chlorinator for Clean Water Disinfection for Communities. Tahun 2021.
13. Solar Cell as Energy Chlorinator for Disinfection of Flowing Water. Tahun 2021.
14. Hygiene and Sanitation of Fresh Cow Milk Quality in Getasanyar, Sidorejo, Magetan. Tahun 2022).

Produk HaKI

- : 1. Nomor dan Tanggal Permohonan: EC00201856246, 28 November 2018. Nomor Pencatatan: 000126419. Judul Ciptaan: Kontaminasi Makanan (Food Contamination) Oleh Jamur. Nomor ISBN: 978-602-1081-23-5.
2. Nomor dan Tanggal Permohonan: EC00202015251, 13 Mei 2020. Nomor Pencatatan: 000187474. Judul Ciptaan: Pengawet Makanan Nomor ISBN 978-602-1081-29-7.
3. Nomor dan Tanggal Permohonan: EC00202085076, 31 Desember 2020. Nomor Pencatatan: 000230673. Judul Ciptaan: Penelitian Evaluasi Manajemen Sanitasi Rumah Sakit Umum Dr. Sayidiman Magetan Berdasar Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1204/Menkes/SK/X/2004.
4. Nomor dan Tanggal Permohonan: EC00202126341, 6 Juni 2021. Nomor Pencatatan: 000252343. Judul Ciptaan: Penelitian Perbandingan Aspek Organoleptik Dan Angka Kuman Antara Daging Ayam Broiler Sehat Dengan Daging Ayam Broiler Glonggongan.
5. Nomor dan Tanggal Permohonan: EC00202230428, 19 Mei 2022. Nomor Pencatatan: 000346001. Judul Ciptaan: Analisis Manajemen Lingkungan Terhadap Kejadian Penyakit Demam Berdarah Dengue Di Kecamatan Sukomoro Kabupaten Magetan
6. Nomor dan Tanggal Permohonan: EC002022115894, Tanggal 29 Desember 2022. Nomor pencatatan: 000431638. Ciptaan: Potensi Bioinokulant²¹ Untuk Mereduksi Sampah Menjadi Kompos Dan Pupuk Granul

Unsur Penunjang

- : Anggota Himpunan Ahli Kesehatan Lingkungan Indonesia (HAKLI).