II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Morfologi dan Struktur Halus Sel Bakteri

Bakteri merupakan mikroorganisme prokariotik, yaitu mikroorganisme yang selnya tidak mempunyai inti sejati atau tidak ada membran inti yang mengelilingi nukleoplasma, dan komponen keturunannya terdapat dalam molekul DNA tunggal atau kromosom yang letaknya bebas dalam sitoplasma (Fardiaz, 1992).

Beberapa sifat morfologi bakteri sangat penting dalam hubungannya dengan pertumbuhannya pada medium dan ketahanannya terhadap pengaruh lingkungan.

Bakteri pada umumnya mempunyai ukuran sel antara 0,5-1,0 x 2,0 - 5,0 μm dan terdiri dari tiga bentuk dasar yaitu bulat atau coccus, batang atau bacillus, dan spiral (Fardiaz, 1992).

Menurut Pelczar, 1986, struktur halus sel bakteri dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu struktur di luar dinding sel, yang mana bagian tersebut tidak dimiliki oleh semua jenis bakteri, kemudian dinding sel itu sendiri, dan struktur sebelah dalam dinding sel (Pelczar, 1986).

Adapun struktur di luar dinding sel itu meliputi :

- Flagellum, yaitu struktur tambahan berbentuk seperti rambut yang teramat tipis mencuat menembus dinding sel dan berfungsi dalam pergerakan sel bakteri.
- Pili, mempunyai ukuran yang lebih kecil dan lebih pendek dari flagellum, tapi jumlahnya lebih banyak. Ada beberapa fungsi pili yang berkaitan dengan tipenya yang berbeda-beda. Misalnya sebagai saluran konjugasi dan alat untuk melekat pada berbagai permukaan.
- Kapsul, yaitu suatu lapisan bahan kental yang ukurannya sangat dipengaruhi oleh medium tempat ditumbuhkannya bakteri itu.
- Selongsong, terdiri dari senyawa logam tak larut yang mengendap di sekeliling sel sebagai produk kegiatan metaboliknya.
- Tangkai, merupakan struktur tambahan setengah kaku yang mengandung suatu substansi yang lengket pada ujungnya yang jauh dari sel, yang memungkinkan sel tersebut melekat pada permukaan padat (Pelczar, 1986).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Di bawah substansi ekstra seluler dan di luar membran sitoplasma terletak dinding sel, yaitu struktur amat kaku yang memberikan bentuk pada sel.

Sedangkan struktur di sebelah dalam dinding sel dapat berupa :

- Membran sitoplasma, yang berfungsi sebagai membran semi permeabel dan dalam mekanisme transport.
- Mesosom, yaitu suatu struktur yang berasal dari invaginasi suatu membran sitoplasma. Berfungsi dalam pembelahan sel, sintesis dinding sel, dan pembelahan nukleus.
- Sitoplasma dan struktur-struktur di dalam sitoplasma, yang meliputi daerah nukleus dan inklusi sitoplasma.
- Spora, adalah sel yang secara metabolik bersifat dorman (Pelczar, 1986).

Komposisi kimia sel bakteri hampir sama dengan sel lain yang menyusun tanaman dan hewan, yaitu meliputi air (75-85%) dan material padat yang tersusun oleh material organik dan anorganik (Brock and Madigan, 1991).

B. Habitat Bakteri

Secara alamiah, bakteri yang merupakan salah satu mikroorganisme ter-dapat dalam bentuk campuran dari berbagai jenis. Sebagai contoh, berbagai jenis bakteri terdapat dalam makanan, air, tanah, udara, sampah, dan sebagainya (Brock and Madigan, 1991).

Untuk mempelajari sifat-sifat dari masing-masing bakteri termasuk sifat pertumbuhan, morfologi, dan sifat fisiologinya, masing-masing bakteri tersebut harus dipisahkan satu dengan lainnya, sehingga terbentuk suatu kultur murni, yaitu suatu biakan yang terdiri dari sel-sel satu spesies atau satu galur bakteri .

Proses memisahkan bakteri dari lingkungannya di alam dan menum-buhkannya sebagai biakan murni dalam medium buatan disebut dengan isolasi bakteri. Untuk tujuan ini digunakan medium yang telah disterilisasi, baik berupa medium cair maupun medium padat, dan pekerjaan dilakukan secara aseptik untuk mencegah kontaminasi (Fardiaz, 1989).

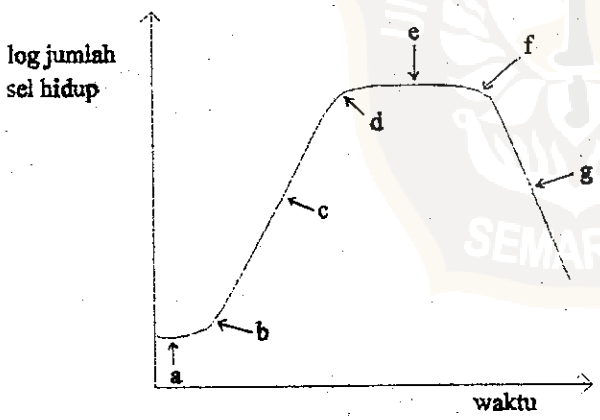
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

C. Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan dapat didefinisikan sebagai pertambahan secara teratur semua komponan di dalam sel hidup. pada organisme multiseluler, yang disebut pertumbuhan adalah peningkatan jumlah sel per organisme, dimana ukuran sel juga menjadi lebih besar. Pada organisme uniseluler, pertumbuhan adalah pertambahan jumlah sel yang berarti juga pertambahan jumlah mikroorganisme, misalnya pertumbuhan yang terjadi pada suatu kultur bakteri (Fardiaz, 1992).

Pada pertumbuhan mikroorganisme misalnya bakteri, selang untuk terbentuknya dua sel anakan dari satu sel induk dinamakan generasi, dan waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya pembelahan sel tersebut dinamakan waktu generasi. Waktu generasi ini berbeda-beda tiap jenis bakteri (Brock and Madigan, 1991).

Dengan menghitung jumlah bakteri tiap selang waktu tertentu akan dapat diketahui laju pertumbuhannya tiap satuan waktu, sehingga dapat dibuat suatu kurva pertumbuhan. Secara umum kurva pertumbuhan mikroorganisme adalah sebagai berikut :



Keterangan :
a. fase adaptasi
b. fase pertumbuhan awal
c. fase pertumbuhan logaritmik
d. fase prtumbuhan lambat
e. fase pertumbuhan statis
f. fase menuju kematian
g. fase kematian

Gambar 01 : Grafik Pertumbuhan Kultur Mikroorganisme (Fardiaz, 1992)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada umumnya adalah :

1. Nutrien. Nutrien dibutuhkan untuk membentuk energi dan komponen-komponen sel. Setiap mikroorganisme bervariasi dalam kebutuhannya akan zat-zat tersebut.
2. Tersedianya air. Sel mikroorganisme memerlukan air untuk hidup dan berkembang biak. Oleh karena itu pertumbuhan mikroorganisme dalam suatu medium dipengaruhi oleh jumlah air yang tersedia.
3. Nilai pH. Nilai pH medium sangat mempengaruhi jenis mikroorganisme yang dapat tumbuh.
4. Suhu. Masing-masing mikroorganisme mempunyai suhu optimum, minimum, dan maksimum untuk pertumbuhannya.
5. Tersedianya Oksigen. Konsentrasi Oksigen dalam lingkungan mempengaruhi jenis mikroorganisme yang dapat tumbuh. Mikroorganisme dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan kebutuhannya akan Oksigen untuk pertumbuhannya, yaitu yang bersifat aerobik, anaerobik, dan anaerobik fakultatif.
6. Komponen antimikroorganisme

   Komponen antimikroorganisme terdapat dalam lingkungan melalui salah satu dari beberapa cara, antara lain :

   a. Terdapat secara alamiah dalam lingkungan
   b. Ditambahkan secara sengaja (Fardiaz, 1992).

D. Logam Berat

Istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur kimia dengan kaidah-kaidah tertentu, yaitu bahwa setiap logam haruslah :

1. Mempunyai kemampuan yang baik sebagai penghantar daya listrik.
2. Mempunyai kemampuan sebagai penghantar panas yang baik.
3. Memiliki kerapatan yang tinggi.
4. Dapat membentuk "alloy" dengan logam lain.
5. Untuk logam yang padat, dapat ditempa dan dibentuk (Palar, 1994).

Logam berat termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

logam lain. Perbedaannya terdapat pada pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berkaitan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi bahan racun bagi tubuh organisme hidup (Palar, 1994).

E. Toksisitas Logam Berat

Bahan beracun bersifat menghalangi kerja enzim. Apabila terjadi reaksi antara bahan beracun dengan enzim maka kerja enzim akan terhalang. Keadaan ini akan turut mempengaruhi proses metabolisme tubuh, sehingga terjadi ketidaknormalan.

Mekanisme kerja reaksi dari logam terhadap protein umumnya dengan menyerang ikatan Sulfida. Penyerangan terhadap ikatan ini akan menimbulkan kerusakan dari struktur protein terkait (Palar, 1994).

Kebanyakan logam berat baik berupa unsur maupun senyawa memberikan efek merusak sel mikroorganisme. Kemampuan suatu logam berat meski dalam jumlah kecil untuk dapat bersifat racun (bersifat lethal) pada bakteri disebut daya oligodinamik (Pelczar, 1986).

F. Logam Kadmium

Logam Kadmium mempunyai penyebaran yang sangat luas di alam. Hanya ada satu jenis mineral Kadmium di alam yaitu "greenockite" (CdS), yang selalu ditemukan bersamaan dengan "spalerite" (ZnS) (Palar, 1994).

Berdasarkan sifat fisiknya, Kadmium merupakan logam yang lunak, "ductile", berwarna putih seperti warna perak. Sedangkan berdasarkan pada sifat-sifat kimianya, logam Kadmium di dalam persenyawaan yang dibentuknya pada umum-nya mempunyai bilangan valensi 2+. Bila dimasukkan ke dalam larutan yang mengandung OH^-, ion-ion Kadmium akan mengalami proses pengendapan dimana endapan yang terbentuk berwarna putih (Palar, 1994).

Logam Kadmium sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari manusia. Penggunaan Kadmium dan persenyawaannya ditemukan dalam industri baterai, pelapisan logam, las, dan cor (Martopo, 1989).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Logam Kadmium dan berbagai persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan, terutama sekali merupakan efek sampingan dari aktivitas yang dilakukan manusia. Boleh dikatakan bahwa semua bidang industri yang melibatkan Kadmium dalam proses operasional industrinya menjadi sumber pencemaran Kadmium. Dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Klein pada tahun 1974 dapat diketahui kandungan rata-rata Kadmium dalam air buangan rumah tangga dan buangan industri ringan, seperti terlihat pada Tabel 01 di bawah ini :

Tabel 01 : Kandungan Kadmium dalam Beberapa Jenis Air Buangan

Jenis Industri	Konsentrasi Cd ($\mu g / l$)
Pengolahan roti	11
Pengolahan ikan	14
Makanan lain	6
Minuman ringan	3
Pencelupan tekstil	30
Bahan kimia	27
Pengolahan lemak	6
Bakeray	2
Minuman	5
Escream	31
Pengolahan dan pencelupan bulu binatang	115
Laundry	134

Sumber : Klein et al (1974) dalam Palar (1994)

Seperti halnya Merkuri dan logam berat lainnya, logam Kadmium membawa sifat racun yang sangat merugikan, bahkan juga sangat berbahaya bagi manusia. Keracunan yang disebabkan oleh Kadmium dapat bersifat akut dan kronis (Forstner and Wittman, 1983).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

G. Konsep Pencemaran Lingkungan

Pencemaran dapat diartikan sebagai pertambahan atau masuknya bahan / zat ke lingkungan dalam jumlah sedemikian, sehingga dapat menyebabkan kemunduran atau bahaya bagi kesehatan manusia, terganggunya kehidupan ekosistem, dan rusaknya sumber daya yang dapat dimanfaatkan (Martopo, 1989).

Lingkungan dapat diartikan sebagai media atau suatu areal, tempat atau wilayah yang di dalamnya terdapat bermacam-macam bentuk aktivitas dari penyusunnya (Palar, 1994).

Beberapa bentuk bahan pencemar misalnya :

- CO, di udara dapat menyebabkan gangguan proses pernafasan.
- Pb, di udara dan air, dapat menyebabkan kerusakan organ viscera.
- Cd, di air dapat menimbulkan keracunan (Amsyari, 1981).

H. Pencemaran Air Oleh logam Berat

Secara alamiah, unsur-unsur logam berat terdapat di seluruh alam, namun dalam kadar sangat rendah. Dalam air laut, kadar logam berat berkisar antara 10^{-5} - 10^{-2} ppm. Kadar ini akan meningkat bila limbah yang mengandung logam berat masuk ke dalam laut. Limbah ini bisa berasal dari pembuangan sampah atau penambangan logam di laut dan lain-lain. Sedangkan aktivitas di darat bisa berasal dari limbah perkotaan, pertambangan, pertanian, dan perindustrian (Hutagalung, 1991).

Dari jenis-jenis limbah di atas, umumnya yang paling banyak mengandung logam berat adalah limbah industri. Hal ini disebabkan senyawa atau unsur logam berat sangat banyak dimanfaatkan dalam industri, baik sebagai bahan baku, katalisator, maupun sebagai bahan tambahan. Limbah industri yang banyak mengandung logam berat ini terbawa oleh sungai ke dalam laut. Oleh karena itu limbah industri merupakan sumber pencemaran logam berat yang potensial bagi perairan laut (Hutagalung, 1991).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Logam berat dalam hal ini Kadmium pada perairan akan mengendap pada bagian sedimen perairan sehingga dapat masuk ke dalam sel mikroorganisme (Fandeli, 1989).

I. Bioakumulasi

Sifat-sifat umum bahan pencemar terutama menyangkut toksisitas jangka pendek dan jangka panjang, reaksi-reaksi kimia pemecahan ,sifat dispersinya dan tendensi untuk bioakumulasi (Tandjung, Harminani, 1989).

Bila bahan cemaran masuk ke dalam lingkungan laut,maka bahan ini akan mengalami tiga macam proses akumulasi yaitu proses fisika, kimia, dan biologis. Akumulasi melalui proses biologis inilah yang disebut bioakumulasi (Hutagalung,1991).

Penyebaran pencemaran antara lain terjadi melalui lingkungan hayati, yaitu penyebaran dari tanah, udara, dan air ke tumbuhan lalu ke dalam tubuh hewan melalui rantai makanan. Di sini terjadi pengumpulan zat racun dalam tubuh organisme tersebut yang disebut bioakumulasi (Tandjung, 1989).

J. Pengikatan Logam Berat Oleh Bakteri

Adanya kemampuan pengikatan logam oleh suatu bakteri telah diketahui sejak beberapa waktu yang lalu. Sebagai contoh adalah bakteri Genus Crenothrix, Gallionella, dan Siderocapsa yang mempunyai kemampuan mengikat logam besi yang berada dalam suatu perairan dan mengendap dalam bentuk Ferri hidroksida (Berkeley, 1980).

Adanya kemampuan bakteri untuk mengikat logam berat disebabkan karena habitatnya sudah tercemar oleh logam berat sehingga bakteri harus beradaptasi antara lain dengan cara mengikatnya menjadi bagian selubung sel.

Kemampuan mengakumulasi logam berat oleh bakteri disebabkan adanya kemampuan bakteri dalam menurunkan toksisitas logam berat tersebut atau bahkan menghilangkannya. Cara yang dilakukan adalah dengan :

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

1. Mengeluarkan cairan ekstra seluler yang selanjutnya bereaksi dengan logam berat tersebut, dan kemudian logam berat yang ada diendapkan di sekeliling sel dalam bentuk selongsong (Suriawiria, 1993).
2. Logam berat tersebut ikut dalam metabolisme sel bakteri. Logam tersebut mengalami proses biotransformasi destruktif berupa reaksi reduksi dan kemudian membentuk molekul organik (Brock, Smith, and Madigan, 1984).

Adanya kemampuan mengadakan biotransformasi didukung oleh adanya kemampuan bakteri dalam mensintesa enzim adaptif yang mengkatalisis reaksi biotransformasi tersebut (Suriawiria, 1993).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)