

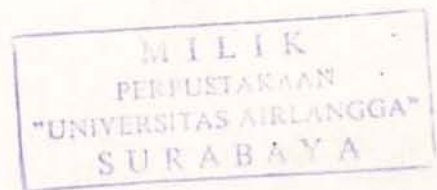
LAPORAN PENELITIAN  
HIBAH BERSAING II/1 PERGURUAN TINGGI  
TAHUN ANGGARAN 1993/1994

PLASMID MIKROBA SEBAGAI BIOINDIKATOR  
TINGKAT PENCEMARAN DAN KONSTRUKTOR BAKTERI PENGURAI  
LIMBAH BERACUN

Ketua Peneliti :

Drh. Garry Cores de Vries, M.Sc.

0027810953147



Dibiayai oleh : Proyek Peningkatan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat  
Kontrak Nomor : 74/P4M/DPPM/PHB.II/I/1993 tgl. 26 Mei 1993  
Ditbinlitabmas, Ditjen Dikti, Depdikbud

LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

FEBRUARI 1994

LAPORAN PENELITIAN  
HIBAH BERSAING II/1 PERGURUAN TINGGI  
TAHUN ANGGARAN 1993/1994

A. JUDUL UTAMA : Plasmid mikroba sebagai bioindikator tingkat pencemaran dan konstruktor bakteri pengurai limbah beracun

JUDUL TAHAP I : Isolasi, identifikasi dan karakterisasi mikroba limbah logam berat

B. Penanggung Jawab Penelitian :

Nama : Garry Cores de Vries, Drh, MS, MSc.  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Pangkat/Golongan : Penata Tk I / III d  
NIP : 130 687 556  
Bidang Keahlian : Mikrobiologi genetik  
Fakultas : Kedokteran Hewan  
Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga

C. Tim Peneliti

N A M A	BIDANG KEAHLIAN	FAKULTAS	P.T
Dr.Edy Bagus Wasito dr, MS.	Mikrobiologi	Kedokteran	Universitas Airlangga
Soetji Prawesthirini Drh, SU	Kesehatan Ling- kungan	Kedokteran Hewan	idem
Nanik Sianita, Drh, SU	Virologi	idem	idem
Dadik Rahardjo, Drh.	Kesehatan Masya- rakat Veteriner	idem	idem

D. Pendanaan dan Jangka Waktu Penelitian

- Jangka Waktu Penelitian yang diusulkan : 5 tahun
- Biaya total yang diusulkan : Rp 230.860.000,-
- Biaya yang disetujui tahun 1993/1994 : Rp 37.000.000,-

Dekan Fakultas Kedokteran Hewan  
Universitas Airlangga

Peneliti Utama

an Sasmita, Drh, MS.  
130350739

Garry Cores de Vries, Drh  
NIP. 130687556

Mengetahui,  
Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Airlangga

Prof. Dr. dr. Soedijono  
NIP. 130261504



## RINGKASAN

**ISOLASI, IDENTIFIKASI DAN KARAKTERISASI MIKROBA LIMBAH LOGAM BERAT** (Garry Cores de Vries, Eddy Bagus Wasito, Soetji Prawesthirini, Nanik Sianita, Dadik Rahardjo, 1994, 36 halaman)

Pencemaran limbah industri yang mengandung logam berat seperti timbal, kadmium, mangan, seng, air raksa dan lain-lain tidak hanya kurang menyenangkan tetapi juga membahayakan kesehatan manusia, hewan dan tanaman. Penanggulangan masalah ini tidak cukup dengan penggunaan teknologi kimia dan fisika, namun pemanfaatan potensi mikroba perlu dikembangkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengisolasi, mengidentifikasi dan mengkarakterisasi mikroba dari limbah industri logam yang telah membentuk ekosistem baru bagi populasi di dalamnya.

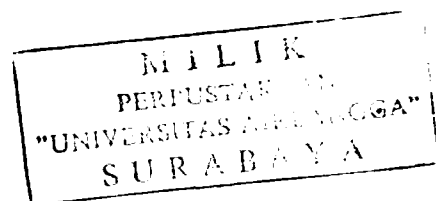
Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fakultas Kedokteran Hewan - Universitas Airlangga dan TDRS (Tropical Disease Research Center) di Surabaya.

Ditemukan 3 jenis isolat mikroba dari populasi limbah logam berat yaitu *Acinetobacter calcoaceticus* var. *woffii*, *A. calcoaceticus* var. *anitrat* dan *Pseudomonas* spp / CDC Group V E-1. Ditemukan pula suatu mutant dari *A. calcoaceticus* var. *woffii* yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan type alam (*wild type*).

Untuk mengetahui peranan masing-masing isolat tersebut dalam mendegradasikan unsur logam berat atau pengaruh logam berat terhadap mikroba tersebut maka perlu dipelajari lebih lanjut sehingga dapat dimanfaatkan bagi kesejahteraan manusia.

(Fakultas Kedokteran Hewan - Universitas Airlangga. Nomor Kontrak : 74/P4M/DPPM/PHB.IV/1/93. Tanggal 26 Mei 1993)

00278 19953141



## SUMMARY

**ISOLATION, IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF HEAVY METAL WASTE MICROBES** (Garry Cores de Vries, Eddy Bagus Wasito, Soetji Prawesthirini, Nanik Sianita, Dadik Rahardjo, 1994, 36 pages)

Industrial waste pollution which contains of lead, cadmium, mangan, zinc, mercury etc, is not only uncomfortable but also hazardous for human, animal and plant health.

The use of the chemical or physical techniques are not the only way to overcome this problems, but however the potency of microbes can be used and developed.

The aims of this study are to isolate, identify and characterize the industrial waste microbes which is a new habitat with a new ecosystem for the microbial population.

This works has been done in the laboratory of The Faculty of Veterinary Medicine - Airlangga University and TDRS (Tropical Disease Research Center) in Surabaya.

Three isolates have been found; they are *Acinetobacter calcoaceticus* var. *lwoffii*, *A. calcoaceticus* var. *anitrax* and *Pseudomonas* spp / CDC Group V E-1. A mutant of *A. calcoaceticus* var. *lwoffii* had been found which is different in their character compare with the wild type.

Knowing the effect of each isolate in the degradation of heavy metals or the effect of heavy metals on microbes can be seen by further studies on this, so that it make helpful and useful for the prosperity of man.

(Faculty of Veterinary Medicine, Airlangga University. Contract Number : 74/P4WDPPM/PHB. IV/1/93. Date May 26, 1993)

## **KATA PENGANTAR**

Sistem Informasi dalam masyarakat akademis sangat dibutuhkan untuk membuka daya nalar serta kepedulian terhadap keadaan lingkungan di sekitarnya.

Sejumlah Informasi yang dikumpulkan, yang merupakan hasil pengukuran terhadap parameter tertentu dengan penggunaan alat dan metode tertentu dapat memberikan suatu gambaran tentang keadaan lingkungan di sekitar kita. Informasi hasil pantauan, yang didasarkan pada pengaruh langsung bahan pencemaran di alam terhadap perubahan keseimbangan dan respon organisme hidup terhadapnya perlu dicari solusinya.

Dalam penelitian ini telah diisolasi beberapa mikroba dari limbah anorganik industri logam dengan hasil identifikasi dan karakterisasinya sehingga kelak dapat dimanfaatkan.

Informasi yang diperoleh dari hasil kajian tentang sifat metabolik mikroba yang berkaitan dengan limbah pencemaran anorganik, apat memberi suatu gambaran kearah pemanfaatannya dalam bidang bioteknologi lingkungan.

Dengan berakhirnya penelitian tahap pertama ini yang merupakan langkah awal selanjutnya bagi penelitian yang lebih mendalam dan terarah kepada pemanfaatannya, sehingga dirasakan perlu menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu atas terselenggaranya penelitian ini, terutama kepada :

1. **Direktur Pembinaan Penelitian & Pengabdian pada Masyarakat,  
Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan  
dan Kebudayaan RI**
2. **Rektor Universitas Airlangga**
3. **Ketua Lembaga Penelitian Universitas Airlangga**
4. **Pihak-pihak yang tidak sempat disebutkan disini.**

Semoga hasil penelitian ini, dapatlah dimanfaatkan oleh semua pihak pemerhati lingkungan.

Surabaya, Februari 1994

**Tim Peneliti**

**DAFTAR ISI**

	Halaman
LEMBAR IDENTITAS	i
RINGKASAN	ii
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
PENDAHULUAN	1
TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN PERTAMA	2
TINJAUAN PUSTAKA	4
1. Umum	4
2. Pengaruh logam berat terhadap organisme	4
3. Pengaruh logam berat terhadap populasi dan ekosistem	5
4. Mikroba dan sifatnya	7
5. Bakteri Halofilik dan Lingkungan Garam	8
6. Atomic Absorption Spectrophotometer	9
METODE PENELITIAN	11
1. Bahan Penelitian	11
2. Media dan Bahan Kimia	11
3. Cara Kerja	11
a. Isolasi dan Pemurnian biakan	11
b. Identifikasi Isolat Mikroba	12
c. Elektron Mikroskop	12
d. Deteksi Bahan Pencemar Limbah	12
e. Karakterisasi	13
HASIL DAN PEMBAHASAN	15
1. Isolasi Bakteri dari Limbah Industri	15
2. Identifikasi Mikroba	16
3. Deteksi kandungan bahan pencemar limbah	17
4. Studi morfologi dan morfogenesis bakteri secara Elektron Mikroskop	17
5. Karakterisasi isolat mikroba	18
a. Sifat pertumbuhan pada keadaan asam dan basa	18
b. Sifat pertumbuhan pada berbagai suhu	19
c. Sifat pertumbuhan pada suasana oligotrop dan pada media silangan	20
d. Pengaruh kadar air dan Tekanan Osmotik	22
e. Pengaruh Sinar Ultra Violet	22

<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>24</b>
<b>RENCANA /PENELITIAN TAHAP SELANJUTNYA</b>	<b>25</b>
- Tujuan Khusus	25
- Metode penelitian	25
- Jadwal Kerja	26
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>27</b>
<b>LAMPIRAN TABEL DAN GAMBAR</b>	<b>30</b>

**DAFTAR TABEL**

<b>Nomor</b>	<b>Halaman</b>
1. Hasil seleksi isolat mikroba dari bentuk koloni dan seyang berbeda	30
2a. Hasil Identifikasi Isolat mikroba	30
2b. Identifikasi Mikroba Secara Biokimiawi	31
3. Hasil analisis kandungan limbah industri Logam	32
4. Pertumbuhan isolat bakteri pada berbagai derajat keasaman	32
5. Pertumbuhan kuman pada suhu dingin, sedang dan panas	33
6. Pertumbuhan pada Media Oligotrop dan Media Silangan	33
7. Pertumbuhan pada berbagai kadar air	34
8. Pengaruh tekanan osmotik berbagai kadar NaCl	34
9. Tekanan osmotik berbagai kadar Glucose	35
10. Tekanan osmotik berbagai kadar Glycerin	35
11. Daya tahan bakteri terhadap sinar Ultra Violet	36



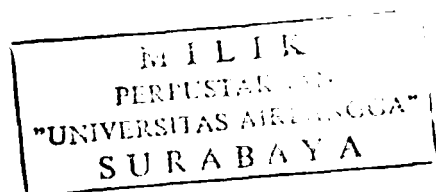
## **PENDAHULUAN**

Pencemaran limbah industri yang mengandung senyawa timbal, kadmium, mangan, air raksa, seng dan lain-lain membahayakan kesehatan seperti menyebabkan kanker. Untuk menanggulangi hal ini dapat diatasi dengan penggunaan teknologi kimia dan fisika. Namun metoda ini memerlukan biaya dan energi (untuk pengangkutan dan pembakaran) yang cukup tinggi serta tidak mungkin digunakan secara terus-menerus.

Pemanfaatan bidang mikrobiologi mempunyai potensi dalam penanggulangan pencemaran ini, sehingga perlu dikembangkan penerapannya seperti dalam mengatasi limbah anorganik yang sedang hangat-hangatnya dipelajari rekayasa bioteknologinya. Penggunaan mikroba ini dimungkinkan karena mudahnya untuk dikembang-biakan, cepatnya siklus pertumbuhannya, aneka jenis metabolit yang dihasilkan yang dapat dimanfaatkan serta relatif sederhana genom DNANYA sehingga mudah dimanipulasi dengan tehnik rekayasa genetika.

Dalam penelitian ini dicari suatu mikroba baru dari suatu habitat baru dan ekstrem yang memiliki perbedaan dalam karakteristik kimia selnya bila dibandingkan dengan mikroba dari habitat yang umum. Sifat dan kemampuan metabolisme yang diperlihatkan beberapa isolat mikroba ini menjadikannya untuk dipelajari dan dimanfaatkan dalam penanggulangan limbah anorganik beracun. Kendati demikian, karakteristik mikroba ini perlu dipelajari guna mewaspadaai terhadap kemungkinan potensi pencemaran mikroba itu sendiri yang dapat berdampak atau merugikan serta merubah fungsi lingkungan hidup.

Limbah logam berat dari industri logam yang lama menumpuk ini telah membentuk suatu ekosistem baru dengan populasi mikroba yang telah berinteraksi dengan logam berat dan mengalami mineralisasi sehingga diperoleh 2 efek yaitu pertama bahwa logam berat / ion mempunyai efek terhadap mikroba dan yang kedua adalah efek dari aktivitas mikroba terhadap logam berat / ion tersebut. Jadi pada habitat logam berat dapat ditemukan mikroba yang resisten atau tolerans terhadap logam berat tersebut.



Dari penelitian ini diharapkan diperolehnya isolat mikroba yang dapat digunakan pada penelitian tahapan selanjutnya untuk dikonstruksi menjadi bakteri pengurai limbah anorganik beracun.

## **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN PERTAMA,**

### **Tujuan Penelitian**

Mengisolasi, memurnikan dan mengidentifikasi mikroba dari limbah industri logam.

Karakterisasi isolat mikroba sebagai dasar seleksi terhadap jenis isolat untuk digunakan pada penelitian tahapan selanjutnya.

### **Manfaat penelitian ini**

Diperolehnya isolat mikroba sebagai stock kuman kepustakaan yang dapat digunakan dan dimanfaatkan pada tahapan penelitian selanjutnya.

Mengetahui jenis mikroba yang ada pada habitat pencemaran limbah anorganik (industri logam).

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Umum

Pencemaran lingkungan adalah masuknya suatu komponen lain ke dalam lingkungan yang merubah tatanan lingkungan akibat kegiatan manusia sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai peruntukannya.

Terjadinya perubahan pada suatu lingkungan baik secara fisik, biologis maupun sosial maka organisme hidup melakukan adaptasi agar mereka tetap dapat mempertahankan hidupnya, dalam arti bahwa mereka tetap bisa memenuhi kebutuhan hidup yang diperlukannya. Penyesuaian diri terhadap perubahan lingkungan dapat dibedakan dalam dua macam tindak adaptasi (Amsyari, 1986), yakni adaptasi genetik dan adaptasi somatik. Adaptasi genetik bersifat menurun dan permanen, sehingga dapat dikatakan bahwa adanya hubungan yang erat antara struktur tertentu dari organisme tersebut dengan lingkungannya. Jadi organisme tersebut mempunyai toleransi yang besar terhadap lingkungan hidupnya. Adaptasi somatik dapat berbentuk perubahan struktural ataupun fungsional dan bersifat sementara (tidak hereditas). Lamanya suatu proses adaptasi tergantung pada banyak hal seperti bentuk dan macam rangsangan serta usia organisme tersebut (Amsyari, 1986).

### 2. Pengaruh logam berat terhadap organisme

Logam berat adalah semua unsur kimia yang memiliki daya hantaran panas dan listrik yang tinggi serta mempunyai densitas lebih besar dari 5. Berdasarkan kriteria tersebut unsur kimia yang termasuk dalam logam berat adalah Cr, Zn, Sn, Mn, Fe, Cd, Ni, Cu, Bi, Ag, Pb, Mg, U, Ar, Pt dan Os.

Unsur-unsur logam berat pada umumnya dalam jumlah yang kecil dibutuhkan oleh organisme hidup dalam berbagai proses metabolisme untuk pertumbuhan dan perkembangan selnya. Contoh seperti kobalt (Co) dibutuhkan untuk pembuatan vitamin B<sub>12</sub>, besi (Fe) untuk pembuatan haemoglobin, sedangkan seng (Zn) mengaktifkan enzim hidrogenase, nikel (Ni) kadang kala penting untuk proses metabolisme tertentu pada bakterium *Alkaligenes entrophus* (WHO,

1991). Rendahnya kadar logam berat pada suatu lingkungan dapat menyebabkan organisme yang hidup di dalam lingkungannya menderita defisiensi (Hutagalung, 1992). Akibat defisiensi nikel menyebabkan hambatan pertumbuhan pada kambing, babi dan tikus. Fungsi nikel pada proses biokimiawi mikroba telah dipelajari. Nikel terlibat dalam reaksi Knallgas pada beberapa genera bakteri (WHO, 1991). Reduksi CO<sub>2</sub> menjadi asetat tergantung pada nikel untuk mengaktivasi enzim carbon monoxide dehydrogenase. Nikel dapat menstimulasi pertumbuhan *Acetobacterium woodii* pada fruktose dan pertumbuhan bakteri methanogenik.

### **3. Pengaruh logam berat terhadap populasi dan ekosistem**

Semakin besar kadar logam berat, daya racunnya semakin besar pula. Hal ini disebabkan karena terbentuknya senyawa merkaptida antara logam berat dengan gugus -OH yang terdapat dalam enzim, sehingga aktivitas enzim tidak dapat berlangsung dengan baik. Adanya pengaruh sinergistik dari beberapa logam, juga akan memperbesar daya racun logam berat. Demikian pula faktor lingkungan seperti pH, kesadahan, suhu, dan salinitas turut mempengaruhi toksisitas logam berat (Hutagalung, 1992). Nikel mempunyai efek pada tingkat populasi karena nikel umumnya berhubungan dengan polutant lainnya sehingga menjadi lebih toksik. Perubahan ekologis secara bertahap memperlihatkan penurunan jumlah populasi dan keanekaragaman spesies (Gignac dan Beckett, 1986).

Dampak logam berat terhadap ekosistem tanah telah dipelajari terhadap cacing tanah (*Eisenia foetida*). Setelah 14 hari dihadapkan pada nikel nitrat pada tanah buatan dengan LC<sub>50</sub> mengandung 757 mg/Kg, maka terjadi hambatan pertumbuhan dan pada konsentrasi 1.200 - 12.000 mg/Kg bahan kering menyebabkan kematian. Nikel dapat berakumulasi pada mikroba yaitu pada organ matriksnya. Bagian ini tidak dapat di-ingesti dan digesti oleh cacing tanah. Hal ini menyebabkan cacing tanah tersebut tetap hidup pada konsentrasi nikel yang tinggi.

Timbal (Pb) merupakan unsur yang bersifat racun. Di alam dapat dijumpai dalam galena (PbS), cerusit (PbCO<sub>3</sub>) dan algesit (PbSO<sub>4</sub>). Sebagai sumber pencemaran timbal adalah industri akumulator, keramik dan industri logam. Paru-paru merupakan port d'entre (jalan masuknya Pb karena absorpsi melalui saluran cerna jelek (hanya 8 - 10 %). Pb diikat oleh sel darah merah dan eliminasinya sangat lambat sehingga keracunan khronis sering terjadi. Akibatnya timbul kerusakan komponen darah dan sumsum tulang serta sistem persyarafan.

Kadmium (Cd) dihasilkan sebagai produk sampingan dari industri elektro-plating pigmen (bahan warna cat), penahan panas dalam alat-alat plastik, baterai, campuran logam. Bentuk keracunan lingkungan akibat kadmium yang sering dijumpai terjadi pada lumpur yang kemudian terserap oleh tanaman yang pada akhirnya dikonsumsi oleh manusia. Di dalam tubuh manusia Cd ditimbun di dalam hati dan ginjal dalam bentuk ikatan dengan protein. Ikatan Cd-protein memiliki waktu paruh yang lama yaitu antara 10 - 30 tahun. Keracunan Cd mengakibatkan kerusakan sel epitel, daya penciuman serta gigi berwarna kuning akibat endapan Cd-sulfida. Jumlah maksimum Cd yang diperkenankan masuk ke dalam tubuh manusia adalah 400 ug per 70 Kg berat badan per minggu (Hutagalung, 1992; Soewandi, 1992).

Seng (Zn) ditemukan di alam dalam bentuk biji spalerit (ZnS). Unsur ini banyak digunakan dalam industri lapisan campuran logam, galvanisir, cat, baterai, karet dan pengawet kayu (ZnCl<sub>2</sub>). Pencemaran Zn umumnya terdapat bersama Cd. Kontak dengan senyawa seng seperti ZnCl<sub>2</sub> dapat menyebabkan terjadinya dermatitis dan gangguan saluran pencernaan (Hutagalung, 1992; Soewandi, 1992).

Tembaga (Cu) bila digabungkan dengan perak (Ag) akan menghasilkan senyawa dengan toksisitas yang 10 kali lebih kuat dari pada air raksa (Hg). Tembaga dalam bentuk ion lebih toksis dari pada bentuk organik. Sumber pencemaran tembaga utama adalah industri alat-alat listrik, campuran logam, katalisator, algisida, pengawet kayu dan anti fouling paint. Jumlah maksimum tembaga yang diperbolehkan masuk ke dalam tubuh manusia adalah 35.500 ug per 70 Kg berat badan per minggu.

Peningkatan logam berat di alam akan diikuti oleh peningkatan logam berat pada berbagai organisme hidup lainnya seperti mikroba, tanaman dan hewan. Akumulasi logam berat di dalam tubuh organisme cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme sehingga terfiksasi dan tidak diekskresikan dari tubuh.

#### **4. Mikroba dan sifatnya**

Mikroba selain mengandung DNA kromosom, juga memiliki DNA bebas yang sirkuler dan lebih kecil di dalam plasma sel yang disebut plasmid. Plasmid ini dapat dipindahkan dari satu sel ke sel yang lain dalam waktu yang singkat melalui kontak fisik diantara sel-sel, misalnya secara konjugasi, transduksi atau transfer melalui bacteriophage (virus bakteri). Setelah memperoleh plasmid melalui transfer, mikroba mengalami replikasi DNA dan plasmid hasil replikasi ini dipindahkan ke dalam sel anaknya. Banyak plasmid membawa gene resisten antibiotik, gene tolerans logam, gene resisten desinfektan atau deposit bahan beracun.

Banyak senyawa organik dan anorganik hasil pencemaran pertanian, kimia dan limbah industri yang mengakibatkan perubahan populasi mikroba. Proses mineralisasi mikroba oleh bahan pencemar organik dan anorganik mengakibatkan ekosistem menjadi anoksida dengan akibat kematian hewan dan tanaman disekitarnya. Interaksi antara mikroba dengan logam berat mengakibatkan 2 efek, yaitu bahwa logam berat mempunyai efek terhadap mikroba dan bahwa efek dari aktivitas mikroba berdampak terhadap logam berat.

Pada daerah yang tercemar dengan logam berat, jumlah mikroba yang resisten terhadap logam berat meningkat. Hal ini terjadi bila logam tersebut berada pada tingkat kadar yang rendah sekitar 1 ppm. Walaupun mikroba mampu menghilangkan racun logam berat tertentu dari lingkungannya, mikroba biotransformasi tersebut dapat juga menghasilkan suatu ikatan dengan logam tersebut sebagai kebutuhannya. Dari aktivitas metabolismenya, mikroba menghasilkan bermacam-macam produk ion logam yang dapat larut atau

membentuk presipitat atau chelat. Jadi mikroba tersebut pertama kali berkembang sebagai mikroba yang resisten terhadap logam berat dan setelah jangka waktu yang lama akhirnya menjadi tolerans terhadap logam berat. Mikroba yang memiliki toleransinya terhadap satu jenis logam dapat juga tolerans terhadap lebih dari satu jenis logam lainnya. Jadi plasmid mikroba tersebut bertindak sebagai bioindikator terhadap polusi suatu lingkungan.

### 5. Bakteri Halofilik dan Lingkungan Garam

Prokaryotik yang tolerans terhadap Aw rendah adalah bakteri halofilik, yang dapat tumbuh pada Aw 0,75, suatu angka untuk larutan jenuh NaCl. Aw menggambarkan hubungan mikro-organisme dengan air di dalam suatu lingkungan. Keadaan fisiologis bakteri ini didominasi oleh suatu kebutuhan NaCl konsentrasi tinggi. Bakteri tersebut tumbuh pada konsentrasi NaCl 2,9 M - 6,2 M. Batasan konsentrasi ini menurun menurut keadaan nutrisi dan temperatur. Bakteri halofilik dapat ditemukan pada limbah industri (Brown, 1976). Tingginya penggaraman di alam akibat penguapan oleh sinar matahari yang biasanya diikuti perubahan warna pigmen bakteri menjadi merah atau oranye. Perubahan warna ini menjadi petunjuk dari derajat konsentrasi keasinan garam. Perubahan warna ini disebabkan karena Ferri Oksida atau Ferri Hidroksida, dapat juga sebagai indikasi bahwa bakteri tersebut berbunga. Disini terdapat perbedaan pendapat diantara para ahli tentang apakah berbunga ini predominan karena algae (*Dunaliella salina*) atau karena bakteri atau keduanya. Adanya bunga ini karena pengaruh konsentrasi garam terhadap bakteri halofilik atau bakteri halotolerans. Evaporasi atau penguapan menyebabkan meningkatnya konsentrasi nutrisi serta garam. Konsentrasi nutrisi meningkat bila konsentrasi garam membunuh bakteri non halofilik lainnya. Bakteri halofilik mampu mengadakan fotofosforilasi untuk membiosintesis bahan organik. Bakteri halofilik bersifat heterotropik, aerobik dan berpigmen merah atau oranye. Terdapat dua jenis bakteri halofilik yaitu bentuk batang (*Halobacterium*) dengan dinding sel gram negatif. Pewarnaan Gram Stain terhadap bakteri halofilik sangat meragukan, maka harus teliti sekali. Jenis yang lain adalah Gram positif dengan dinding sel yang tebal dan kokus (*Halococcus*). Bakteri Halofilik akan mati pada konsentrasi garam kurang dari 2,8 M.



Bakteri halofilik yang ekstrem ini telah menarik perhatian NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) untuk meneliti bakteri ini, karena bakteri ini merupakan mikroorganisme yang luar biasa di muka bumi ini, terutama terhadap kebutuhan lingkungan yang mungkin akan membantu aktivitas eksplorasi NASA. Respons mikroba terhadap keadaan fisiko-kimia yang baru terdiri atas 2 tahap yaitu: Terjadi bila mikroba tersebut dipindahkan pada lingkungan yang baru maka ia dapat atau tidak tumbuh. Perubahan yang terjadi berhubungan dengan pengaturan termodinamik terhadap kondisi baru tersebut. Tahap berikutnya terhadap daya adaptasi yaitu dapat mengatur termodinamika dan tumbuh. Pada tahap ke-2 terjadi perubahan metabolisme, tingkat aktivitas enzim dan lain-lain.

Reaksi halobakteri terhadap sinar terjadi karena adanya pigmen karotenoid. Karotenoid melindungi mikroba terhadap kerusakan akibat radiasi sinar. Mikroba yang tidak berpigmen tidak begitu tahan terhadap sinar langsung dibandingkan mikroba berpigmen. Halobakterium membentuk pigmen bila ditumbuhkan pada suasana terang dan sebaliknya pada suasana gelap. Membran halobakteri mengandung protein pigmen kompleks yang menghasilkan rhodopsin, dan dikenal sebagai *bacteriorhodopsin* yang selalu berikatan dengan vitamin A. Pada halobakteri terjadi akumulasi dari ion  $K^+$  dan  $Cl^-$  dan oleh pengeluaran  $Na^+$ .

#### 6. Atomic Absorption Spectrophotometer

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah suatu analisis kimia secara instrumental berdasarkan pengukuran berkurangnya intensitas spektrum sinar karena diserap oleh suatu medium yang terdiri atas atom-atom yang berada pada tingkat tenaga dasar dari unsur yang dianalisis. Setiap atom mempunyai jumlah elektron yang tidak sama dengan atom lainnya. Kedudukan elektron dalam atom cenderung menempati tingkat tenaga yang dimiliki oleh elektron tersebut. Keadaan ini dikenal dengan keadaan dasar (*ground state*). Bila suatu atom diberi sejumlah tenaga, maka tenaga tersebut akan diserap oleh atom itu dan elektron yang berada pada bagian luar akan tereksitasi ke tingkat tenaga yang lebih tinggi. Keadaan ini disebut keadaan tereksitasi (*excited state*).

Pada peristiwa eksitasi dan kembalinya elektron dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar tenaga yang diserap maupun tenaga yang dipancarkan pada peristiwa ini, dapat diukur dan dipakai untuk berbagai kegiatan analisis. Bila suatu sinar dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada populasi atom yang berada pada tingkat tenaga dasar, maka sinar itu akan diserap dan serapannya akan berbanding langsung dengan jumlah atom dalam keadaan dasar yang ada dalam sel serapan tersebut.

Hampir semua logam yang ditemukan pada sampel limbah industri dapat ditentukan dengan cara spektrofotometri serapan atom. Terdapat dua cara untuk menentukan logam ini yaitu :

Cara langsung (*direct method*) : Sampel langsung diatomisasikan ke dalam nyala pada instrumen untuk ditetapkan kadarnya.

Cara ekstraksi khelat (*chelation extraction*) : Sampel direaksikan dengan larutan *ammonium pirolidin dithiocarbamat* (APDC), kemudian diekstraksi-pisahkan dan ekstrak inilah yang diatomisasikan ke dalam nyala pada instrumen untuk penetapan kadarnya.

Metode kedua ini sangat cocok untuk sampel yang konsentrasinya sangat rendah, atau matriknya berbeda dengan larutan standard. Kadang-kadang perlu preparasi pendahuluan terhadap sampel untuk menghilangkan zat-zat organik, koloid dan zat-zat yang dapat menyumbat *nebulizer*.

## **Metode Penelitian**

### **1. Bahan Penelitian**

Bahan penelitian berupa mikroba yang diisolasi dari limbah industri logam dalam bentuk pasta atau lumpur aktif yang diambil dari tempat penampungan pertama.

### **2. Media dan Bahan Kimia**

Media dan bahan kimia yang digunakan untuk mengisolasi, mengidentifikasi dan karakterisasi mikroba seperti Nutrient Agar, Bacteriological Agar, MacConkey Agar, Nutrient Broth, Lab Lemco Broth, Glucose, Anaerobe Gas Generating Kit, SIM, dan beberapa gula-gula adalah buatan OXOID. Gram stain, Spore stain, NaCl, HCl, NaOH, Xylo, KOH, Glycerine dan lainnya adalah buatan BBL. TCBS, SS Agar, KIA, VP, Citrate, LIM, Arginine, Cytocine, Urease adalah buatan EIKEN. Gula-gula API buatan BIO MERIEUX S.A. Test Kit Copper, Fe, Mangan, Nickel, Zinc, Chromium, Calibration Fe, Ni, Mn, Cu dan Cr adalah buatan MERCK.

### **3. Cara Kerja**

#### **a. Isolasi dan Pemurnian biakan**

Untuk mengisolasi, menumbuhkan dan memurnikan mikroba digunakan media preparasi khusus Nutrient Agar yang mengandung bahan limbah logam berat.

Ke dalam media khusus tersebut diulas suspensi limbah industri logam, kemudian diinkubasi dalam keadaan aerob maupun anaerob pada suhu 30°C selama 96 - 120 jam.

Jenis koloni yang tumbuh diseleksi untuk dimurnikan kembali pada media khusus tersebut berdasarkan hasil pemeriksaan makroskopis terhadap bentuk

dan warna koloni serta pemeriksaan mikroskopis dengan pewarnaan Gram dan Spora terhadap bentuk morfologi mikroba, sifat gram dan bentukan spora.

#### b. Identifikasi Isolat Mikroba

Isolat mikroba diidentifikasi berdasarkan pada sifat-sifat biokimiawi yang diperlihatkannya menurut standart API. Uji ini meliputi sifat pertumbuhannya pada SS-agar, MacConkey, Nutrient-agar, TCBS, KIA, SIM, Voges-Proskauer, Citrate, LIM, Arginine, Cyt, ONPG, ADH, LDC, H<sub>2</sub>S, Urease, TDA, Indol, Gelatin, Glucose, Manose, Inositol, Sorbitol, Rhamnose, Saccharose, Melibiose, Amynose, Arabinose, Ox dan Motilitas.

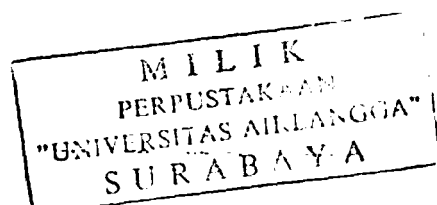
#### c. Elektron Mikrograf

Morfologi permukaan sel dan organel di dalam sel mikroba dipelajari dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (JEOL JSM-T100) dan *Transmission Electron Microscope* (JEOL JEM 1008). Sedlaan diwarnai dengan pewarnaan negatif asam *Phophotungstate* dengan pH 6,5-7,0 atau *Uranyl Acetate* pH 4,2.

#### d. Deteksi kandungan limbah Industri logam

Analisis terhadap kandungan logam berat yang terdapat di dalam sampel limbah industri logam diukur absorbannya dengan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer Perkin Elmer 380* dengan lampu *Hollow Cathode*.

Sedimen dioven pada suhu 60°C selama 12 jam dan ditumbuk halus. Ditimbang 0,5 gram sedimen kering dan halus, kemudian dimasukkan ke dalam beaker teflon. Tambahkan asam nitrat pekat dan asam fluorida pekat, lalu dipanaskan pada suhu di bawah 100°C selama 1 jam dan didinginkan. Tambahkan asam perklorat 1 ml dan dipanaskan pada suhu 140°C sehingga volumenya menjadi 1 ml dan ditambahkan lagi 2 ml asam nitrat pekat lalu dipanaskan kembali hingga kering dan didinginkan. Ditambahkan 1 ml asam nitrat pekat dan 19 ml



aquabidest dan disaring dengan kertas saring *Whatman* 40. Selanjutnya diukur absorbansinya dengan AAS (Greenberg, Trussell, Clescen dan Franson, 1985).

Pembuatan larutan standart kalibrasi terhadap Cu, Fe, Cd, Zn, Pb, Ni, dan Mn.

Perhitungan

Persamaan regresi:  $Y = a + bX$  dimana  $Y = \text{Absorbansi}$

$X = \text{Konsentrasi}$

$a = \text{Konstanta regresi}$

$b = \text{Koefisien regresi}$

Kadar logam dalam sedimen ( $W_s$ ), dihitung dengan persamaan:

$W_s = X \times \frac{V_{as}}{W_{as}}$  dimana  $X = \text{Konsentrasi}$

$W_{as}$

$V_{as} = \text{Volume akhir sedimen setelah ekstraksi 20 ml}$

$W_{as} = \text{Berat awal sedimen 500 mg}$

#### e. Karakterisasi

Sifat isolat mikroba terhadap beberapa perlakuan fisik dan kimiawi meliputi :

##### 1. Sifat terhadap Keasaman dan Kebasaan

Daya tahan isolat mikroba terhadap berbagai derajat keasaman dan kebasaan yaitu dari pH 1,0 hingga pH 13,0 . Derajat pertumbuhannya diukur dengan *Spectrophotometer* lampu *visible*.

##### 2. Temperatur

Kemampuan isolat mikroba tumbuh dan bertahan hidup di dalam media agar yang diinkubasi pada berbagai temperatur dingin maupun panas yaitu pada suhu 4-5°C, 10-14°C, 37°C, 50°C, 61,5°C dan 76-80°C sehingga dapat ditentukan penggolongannya sebagai *psychrophylic*, *mesophylic* atau *thermophylic*.

### 3. Oligotrop

Kemampuan isolat mikroba untuk tetap hidup dan tumbuh pada media dengan kandungan zat nutrisi minimal hingga tanpa zat nutrisi serta pada media yang mengandung limbah logam berat.

Agar bacteriological (Oxoid No. 1) sebagai bahan dasar, ditambahkan sedikit zat nutrisi dari bubuk Lab Lemco (Oxoid CM 15) atau untuk uji pengaruh limbah logam berat terhadap pertumbuhan mikroba maupun pengaruh mikroba terhadap limbah logam berat maka agar mumi tersebut ditambahkan limbah logam berat.

### 4. Kadar Air

Pengaruh berbagai kadar air di dalam media pertumbuhan diukur berdasarkan kemampuan pertumbuhan masing-masing isolat mikroba tersebut. Kadar air media menurun tetapi dengan kandungan zat nutrisi yang tetap.

### 5. Sinar Ultra Violet

Mengukur daya tahan isolat mikroba terhadap sinar ultra violet serta melihat ada-tidaknya pembentukan plaque pada media pertumbuhan. Dosis penyinaran UV selama 30 detik sebanyak 3 kali dengan selang waktu istirahat 1 menit.

### 6. Saling-silang Bahan Pencemar

Kajian terhadap kemampuan isolat mikroba untuk tumbuh pada bahan pencemar lainnya yang kandungannya telah dianalisis.

### 7. Tekanan Osmotik

Mengukur daya tahan isolat mikroba di dalam berbagai tekanan osmotik larutan garam NaCl (1 %, 5 %, 8 %, 11 %, 14 %, 17 %, 20 %, 23 %, 26 %, 29 %, 32 % dan 35 %), Glukose (5 %, 10 %, 15 %, 25 %, 35 %, 45 %, 55 %, 65 % dan 70 %) dan Glyserin (5 %, 10 %, 15 %, 25 %, 35 %, 45 %, 55 %, 65 % dan 70 %). Hubungan antara tekanan osmotik dengan Aw (*water activity*) dapat dikaji disini.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan sampel limbah industri logam pada penelitian ini karena penelitian ini dititik-beratkan pada isolat mikroba yang habitatnya berada pada lingkungan yang mengandung bahan kimia anorganik dan karena di Jawa Timur paling banyak ditemukan industri logam yang pada beberapa waktu yang lalu menjadi masalah dalam pencemaran. Sedangkan untuk mendapatkan limbah dengan satu jenis pencemaran bahan kimia anorganik tidak dimungkinkan pada kawasan industri *estate* karena pengolahan limbahnya bergabung menjadi satu unit pengolahan limbah dari berbagai jenis bahan kimia, baik yang organik maupun yang anorganik.

### 1. Isolasi bakteri dari limbah Industri

Penggunaan limbah industri sebagai bahan baku media pertumbuhan isolat mikroba disebabkan karena sampel limbah industri tersebut telah lama berakumulasi dan berada di tempat tersebut, sehingga merubah lingkungan hidup populasi mikroba di tempat tersebut dan membentuk suatu ekosistem baru akibat pencemaran fisik, biologik maupun kimia. Mikroba tersebut telah berintegrasi dan mengalami adaptasi pada lingkungan yang stabil dan membentuk populasi pada habitatnya. Mikroba ini mengikuti proses evolusi lingkungan, tetapi terdapat pula yang tidak mengikuti sistem ini, jadi mereka berada dalam status resisten atau tolerans terhadap bahan pencemar tersebut.

Dari sampel limbah industri logam dapat diisolasi mikroba yang sukar dan lama tumbuh pada media khusus yaitu antara 4 - 5 hari baik secara aerob maupun secara anaerob (mikro-aerofilik). Namun terdapat pula isolat mikroba yang cepat tumbuh pada media Nutrient Agar. Ditemukan beberapa mikroba yang tidak dapat tumbuh bila telah dipindahkan (dipasagekan) beberapa kali pada media umum maupun khusus. Jadi untuk memperolehnya kembali harus diambil dari media khusus pertumbuhan pertama.

Pada tabel 1 dapat dilihat hasil isolasi mikroba dari sampel limbah industri logam, diseleksi sebanyak 7 mikroba berdasarkan perbedaan warna dan bentuk koloni dan sel mikroba serta sifat pewarnaan gram dan spora. Mikroba

yang terakhir merupakan isolat yang diperoleh setelah melalui sterilisasi (121°C, 15 atm) yang berkali-kali namun mikroba tersebut masih dapat bertahan hidup karena berspora.

Mikroba ini sulit dan memakan waktu lama bila ditumbuhkan pada media khusus yang mengandung bahan pencemar limbah industri logam, hal ini disebabkan karena tingginya kadar bahan anorganik yang dikandungnya (lihat tabel 3). Tetapi bila ditumbuhkan pada media umum seperti Nutrient Agar beberapa bakteri cepat tumbuhnya dan pigmen warnanya berubah dari putih menjadi kuning, oranye atau merah. Mikroba yang tidak dapat tumbuh pada media umum adalah mikroba yang bersifat tolerans terhadap bahan pencemar tersebut sehingga tanpa bahan pencemar atau salah satu unsur didalamnya yang merupakan bahan utama makanannya atau unsur yang dibutuhkannya dalam metabolismenya maka mereka tidak dapat tumbuh.

## 2. Identifikasi Mikroba

Identifikasi genus spesies mikroba didasarkan pada sifat biokimiawi yang diperlihatkannya pada penanaman seperti tersebut dibawah ini sesuai standart dari API, seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.

Isolasi dan identifikasi terhadap mikro-organisme interest dari suatu populasi mikroba sangat mahal dan memakan waktu yang lama. Pada masa lalu sejumlah besar bakteria telah diisolasi dan diidentifikasi. Pada mulanya hal ini sangat berguna, tetapi setelah banyak bakteria yang telah diisolasi dan dipelajari maka metode ini telah ditinggalkan dan hanya digunakan untuk hal-hal tertentu saja. Jadi mikroba dengan produk metabolisme yang bermanfaat saja yang dikaji selanjutnya (McInerney, 1990).



Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa ditemukan 3 jenis isolat mikroba yaitu *Acinetobacter calcoaceticus* varian *woffii*, *Acinetobacter calcoaceticus* varian *anitrat* dan *Pseudomonas spp* atau CDC Group V E-1. Sedangkan 2 sampel tidak dapat diidentifikasi karena tidak dapat tumbuh kembali pada media khusus.

### 3. Deteksi kandungan bahan pencemar limbah

Limbah buangan industri dari mana mikroba berhasil diisolasi, dianalisis kandungannya untuk diketahui derajat pencemaran habitat mikroba tersebut. Sampel limbah industri logam ini berbentuk lumpur aktif (pasta), dianalisis kandungan logam beratnya saja.

Dari tabel 3 dibawah ini dapat dilihat kandungan limbah buangan industri logam tersebut. Tampak bahwa kandungan Cu sangat tinggi dan juga Zn. Limbah ini diambil dari bak penampungan pertama dan belum mengalami penambahan zat kimia dalam usaha pengolahannya.

### 4. Studi morfologis dan morfogenesis mikroba secara Electron Microscopy

Beberapa isolat mikroba sampel limbah industri logam dipelajari morfologinya, baik morfologi permukaan sel dengan *Scanning Electron Microscope* maupun morfologi organel di dalam sel mikroba dengan menggunakan *Transmission Electron Microscope* seperti yang dapat dilihat pada gambar di halaman lampiran.

Dari hasil pengamatan elektron mikroskopi diketahui bahwa mikroba ini banyak mengalami perubahan morfologinya antara saat permulaan isolasinya berukuran lebih kecil dengan setelah beberapa kali pemindahan pada media laboratoris. Hal ini sebagai usaha meningkatkan luas permukaan agar dapat lebih memasukan zat nutrisi dengan menambah nutrient binding site yang tidak begitu selektif lagi permeabilitas membran selnya. Di dalam selnya ditemukan banyak granula sebagai penyimpanan bahan makanan seperti *polysaccharida*, *polyphosphat* dan lain-lain. Ditemukan pula banyak sel mikroba mengalami mitogenesis atau pembelahan sel karena zat nutrisi yang tersedia cukup

banyak. Hasil pengamatan morfologi organel di dalam sel dengan transmisi elektron mikrografi dapat dilihat bahwa mikroba tersebut memiliki khromosom ekstra (*plasmid*), yang diperlukan bagi tahapan penelitian selanjutnya.

## 5. Karakterisasi isolat mikroba

Masing-masing isolat mikroba dipelajari karakteristiknya terhadap beberapa sifat fisik dan biokimiawi.

### a. Sifat pertumbuhan pada keadaan asam dan basa

Pada tabel 4 di bawah ini dapat dilihat kemampuan dari masing-masing isolat mikroba tumbuh atau hidup pada media dengan berbagai tingkat pH asam maupun basa.

Umumnya mikro-organisme dapat hidup pada suasana sekitar pH netral. Namun terdapat pula yang dapat hidup pada pH rendah (pH 1 - 4). Mikroba acidofil tersebut dapat diperoleh dari habitat yang mengandung zat besi dan sulfur (Lynch and Hobbie, 1988) dan merombaknya menjadi presipitat zat besi dan asam sulfat. Habitat demikian memiliki konsentrasi proton yang cukup tinggi dan mampu untuk menggumpalkan molekul organisme normal.

Mikroba ini bersifat mixotrop (autotrop dan heterotrop) walaupun terdapat beberapa yang bersifat khemolitotrop. Bakteri yang dapat hidup pada suasana pH yang rendah dikarenakan adanya mekanisme pengeluaran proton dari sitoplasmanya dan memiliki enzim besi oksidase pada sel membrannya.

Mikroba aerobik pembentuk spora dapat tumbuh pada 60°C dengan pH 3 bersifat gram positif. Banyak isolat mikroba bersifat fakultatif khemolitotropik yaitu mikroba yang dapat mengoksidasi sulfur.

Mikroba yang dapat hidup pada suasana alkalofil umumnya berasal dari habitat yang mengandung pembusukan protein hewan atau adanya mineral-mineral alkalis. Mekanisme pengeluaran OH<sup>-</sup> atau mekanisme pemasukkan H<sup>+</sup> berperan di dalam mikroba alkalofil sehingga pH sitoplasmanya tetap netral.

Mikroba nomor 3 tidak tumbuh pada media broth. Hal ini disebabkan karena media tersebut tidak mengandung bahan pencemar sehingga mungkin mikroba tersebut sudah bersifat tolerans terhadap bahan pencemar tersebut atau karena waktu pertumbuhan (inkubasi) yang kurang lama. Harus lebih dari 96 jam.

**b. Sifat pertumbuhan pada berbagai suhu**

Dari tabel 5 dapat dilihat kemampuan isolat mikroba hidup dan tumbuh pada suhu dingin, sedang dan panas. Namun pertumbuhan optimumnya terjadi pada temperatur tertentu. Ada pula mikroba yang hanya tumbuh pada kisaran temperatur yang pendek.

Menurut Morita yang dikutip oleh Lynch dkk (1988) bahwa mikroba yang dapat hidup pada temperatur kurang dari 0°C hingga 20°C disebut sebagai mikroba psychrofil. Sedangkan mesofil berkisar antara 20° - 40°C, di atas 50°C disebut thermofil dan di atas 90°C adalah obligat thermofil.

Aktivitas pertumbuhan mikroba pada temperatur dingin akan lebih lambat. Enzim mulai terdenaturasi bila temperatur naik diatas temperatur optimum. Syntesis protein dan fungsi ribosom cepat menurun bila temperatur naik 1° - 2°C di atas temperatur optimum. Perubahan temperatur berpengaruh terhadap kelembaban isi cairan membran sel yang berguna bagi alat transportasi bahan makanan.

Mikroba thermofil memiliki protein sel yang tahan terhadap denaturasi karena panas. Menurut Lynch dan Hobbie (1988), hal ini dapat terjadi karena uniknya rangkaian susunan asam amino (aspartat, glutamat dan arginin) dari mikroba thermofil tersebut.

Bakteri thermofil bila dilihat dibawah mikroskop elektron tampak bentuknya tak beraturan (pleiomorf) dengan dinding selnya yang tebal.

**c. Sifat pertumbuhan pada suasana oligotrop dan pada media silangan**

Mikroba yang sudah beradaptasi pada lingkungan dengan kandungan zat nutrisi yang rendah disebut oligotrop. Pada tabel 6 menggambarkan kemampuan masing-masing isolat mikroba tumbuh dan berkembang-biak di dalam suasana tanpa zat nutrisi maupun dengan zat nutrisi yang sangat terbatas yaitu dari seperdelapan jumlah zat nutrisi (*Nitrogen* dan *Carbon* dalam bentuk asam amino) yang dibutuhkan kuman normal di dalam laboratorium untuk hidup meningkat menjadi 1/4 dan 3/8.

Umumnya isolat bakteri tidak dapat tumbuh pada media tanpa zat nutrisi, kecuali hanya ditemukan 2 koloni. Hal ini mungkin karena terbawanya sedikit media yang mengandung zat nutrisi pada waktu pemindahan bakteri tersebut.

Pada tabel 6 dapat juga dilihat kemampuan isolat mikroba untuk tumbuh pada media silangan yang mengandung bahan pencemaran dari limbah yang berlainan dengan asal isolat mikroba tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa bahan pencemar tersebut mengandung zat nutrisi bagi pertumbuhan mikroba atau mikroba tersebut dapat memanfaatkan bahan pencemar tersebut bagi kehidupannya. Pada penelitian pendahuluan (data tidak disertakan) hampir semua isolat bakteri bila ditumbuhkan pada media khusus untuk disilangkan (*Nutrient Agar* + limbah pencemaran lain) yaitu isolat mikroba dapat tumbuh pada media khusus buatan, kecuali pada media dengan bahan pencemar asalnya tumbuh setelah 4-5 hari.

Di alam, rendahnya persediaan nutrisi bagi bakteria terjadi karena letak habitatnya yang jauh dari sumber bahan organik sehingga proses fotosintesis oleh algae atau tanaman rendah. Fotosintesis terjadi akibat adanya persediaan zat nutrisi anorganik seperti nitrogen dan fosfor. Menurut Lynch dan Hobbie (1988), bahwa lingkungan yang oligotrop memiliki jumlah nutrisi anorganik yang rendah dan tidak anaerob sehingga proses fotosintesis juga rendah serta sedikitnya zat organik yang ada seperti hewan, tanaman dan mikro-organisme. Hal ini tidak sesuai dengan habitat darimana sampel limbah industri ini diambil.

Setiap mikro-organisme memiliki batasan oligotrop yang berbeda. Mikroba heterotrop memiliki batasan oligotrop yang rendah yaitu bila carbon flux  $1 \text{ mg C l}^{-1}$  per hari dan untuk algae bila fosfat fluxnya  $>5 \text{ ug l}^{-1}$  (Poindexter, 1988). Berlawanan dengan oligotrop adalah copiotrop di mana mikro-organisme yang heterotrop tumbuh pada lingkungan yang kaya nutrisi. Banyak mikroba yang berasal dari lingkungan yang oligotrop tidak dapat tumbuh pada media agar di laboratorium, mereka harus ditumbuhkan pada media yang khemostat. Akan tetapi hal ini tidak dapat bertahan lama pada pemindahan beberapa kali ke media tersebut. Organisme ini akan mengalami perubahan morfologis sebagai usaha meningkatkan luas permukaan agar lebih dapat mengikat zat nutrisi dengan menambah nutrient binding site yang tidak begitu selektif lagi terhadap jenis molekul organik. Setelah zat nutrisi tersebut diambil, penggunaannya sangat efisien dengan menyimpannya dalam bentuk polymer seperti polysaccharida, polyphosphat atau poly B-hydroxy alkonat (PHA-lemak rantai pendek). Penyimpanan ikatan nitrogen biasanya dalam bentuk protein dan asam nukleat.

Mikroba oligotrop berukuran lebih kecil bila dibandingkan dengan yang sudah diblakkan di laboratorium. Ukuran kecil ini merupakan ratio dari luas permukaan terhadap volume sehingga proses difusi zat nutrisi dari permukaan sel ke dalam sel sedikit. Bila mikroba dibiakkan pada media cair maka ia akan cepat berkembang dalam volumenya dan mulai mengadakan pembelahan. Dalam 48 jam ukuran sel bertambah 50 % dan jumlah sel bertambah lebih dari 100 % sehingga bentuk sel akan mengalami perubahan. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi suatu aktivitas. Mikroba dapat hidup pada media dengan konsentrasi karbon yang rendah. Demikian pula dapat beradaptasi terhadap beberapa jenis substrat lainnya secara bersamaan.

Kesulitan yang dihadapi di laboratorium adalah bahwa beberapa isolat mikroba tidak dapat ditumbuhkan ulang setelah mengalami pemindahan berulang-ulang pada media buatan yang mengandung bahan pencemaran yang sama dengan asalnya. Hasil pengamatan selanjutnya menunjukkan bahwa terdapat suatu kompetisi mikroba untuk menyimpan zat nutrisi seperti polysaccharida.

#### d. Pengaruh Kadar Air dan Tekanan Osmotik

Kegunaan air bagi mikro-organisme digambarkan oleh  $A_w$  (*water activity*) sedangkan kelembaban ( $RH = \text{relative humidity}$ ) menggambarkan hal yang sama hanya satuannya adalah kelipatan 10 dari  $A_w$  atau sebagai potensi air. Mikro-organisme yang dapat hidup di dalam lingkungan yang kelembabannya rendah tergantung pada kandungan yang ada di sekitarnya. Dalam suasana panas terjadi penguapan air sehingga mikroba mengabsorpsi air setelah suhu air telah dingin. Hal ini umumnya terjadi pada bakteri yang berspora.

Tekanan osmotik dari suatu zat yang terlarut di dalam cairan berpengaruh terhadap mikroba yaitu menghambat pertumbuhannya dan mengurangi  $A_w$ . Mikroba halofil dapat bertahan terhadap tekanan osmotik adalah akibat daya adaptasinya terhadap tekanan osmotik dari ion-ion yang terlarut yang diderita sel mikroba di dalam suatu larutan yang dapat dihitung dengan rumus :  $\pi = MRT$ , yang mana  $\pi$  adalah tekanan osmotik,  $M$  adalah molaritas larutan,  $R$  adalah konstante gas dan  $T$  adalah temperatur.

*Halobacterium* dan *Halococcus* adalah mikroba yang halofil yang dapat tumbuh di dalam larutan garam 2,5 - 5,0 M (14,6 % - 29,2 % NaCl) dan sulit tumbuh di dalam media umum di laboratorium. Mikroba ini dapat mengambil ion-ion ke dalam sel pada berbagai konsentrasi. Menurut Lynch dan Hobbie (1988), sel mikroba yang di masukkan ke dalam larutan garam konsentrasi tinggi akan menghasilkan glycerol. Tekanan pada membran akan menstimulir enzim yang ada pada membran, mengkatalase *polysaccharida* (tepung) dan menghasilkan *glycerol*.

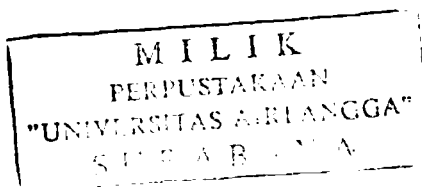
#### e. Pengaruh sinar Ultra Violet

Penyinaran *ultra violet* dengan dosis kecil terhadap mikroba dapat menurunkan daya tumbuh mikroba, bahkan mematikannya (lihat tabel 11). Terdapat beberapa jenis *bacteriophage* (*bacterial virus*) yang berada di dalam sel mikroba akan keluar dari sel beberapa saat setelah penyinaran UV dengan akibat bakteri tersebut mati dan terbentuknya *plaque* pada media agar.

Hasil identifikasi mikroba berdasarkan uji biokimiawi (lihat tabel 2a) memberikan gambaran yang belum mendekati kebenaran maka dilanjutkan dengan pengujian gula-gula yang lebih lengkap untuk memperkuat suatu diagnosis (lihat tabel 2b)

Ditemukan 3 jenis spesies mikroba yang diisolasi dari limbah logam berat yaitu *Acinetobacter calcoaceticus* var. *Iwoffii*, *Acinetobacter calcoaceticus* var. *anitrat* dan *Pseudomonas* spp atau CDC Group V E-1.

Dari hasil karakterisasi masing-masing isolat mikroba tampak bahwa pada spesies atau varian yang sama ada yang menunjukkan sifat yang berbeda antara satu dengan lainnya . Mungkin hal ini terjadi karena adanya mutasi pada gene mikroba tersebut , sebagai usaha adaptasi terhadap lingkungan yang baru, Untuk mengetahui hal ini secara pasti dapat dilakukan *DNA-sequencing* untuk melihat letak mutasi pada rangkaian DNANYA. Yang menjadi pertanyaan sekarang adalah mikroba yang mana yang berperan dalam degradasi limbah logam berat, apakah mikroba type alam atau mutanturnya.



## KESIMPULAN dan SARAN

### Kesimpulan

1. Ditemukan 3 isolat mikroba dari limbah industri logam yaitu *Acinetobacter calcoaceticus* var. *hwoffii*, *Acinetobacter calcoaceticus* var. *anitrat* dan *Pseudomonas* spp / CDC Group V E-1
2. Dari hasil karakterisasi isolat mikroba tersebut diketahui bahwa terdapat *Acinetobacter calcoaceticus* var. *hwoffii* yang mengalami mutasi genetik dengan karakter satu dengan lainnya berbeda.

### Saran

1. Perlu dipelajari lebih lanjut peranan masing-masing isolat mikroba tersebut dalam kemampuannya menguraikan unsur logam berat atau pengaruh logam berat tersebut terhadap isolat mikroba.
2. Perlu dipelajari lebih lanjut peranan kombinasi interaksi isolat mikroba tersebut dalam penguraian unsur logam berat tentang koordinasi kerjanya, *synergisme* atau *antagonisme*.



## **RENCANA/PENELITIAN TAHAP SELANJUTNYA**

### **Tujuan Khusus**

- Menguji kemampuan masing - masing ke- 3 isolat mikroba terhadap proses biodegradasi di dalam media buatan yang mengandung unsur logam yang sama dengan limbah asalnya.
- Menguji kemampuan masing-masing ke- 3 isolat mikroba tersebut terhadap proses biodegradasi pada masing-masing satu unsur logam pencemar.
- Menguji kemampuan masing-masing ke- 3 isolat mikroba tersebut terhadap proses biodegradasi pada lebih dari satu unsur logam pencemar.
- Mempelajari interaksi kombinasi ke-3 isolat mikroba tersebut dalam proses penguraian unsur logam berat beracun dalam hal :
  1. Koordinasi kerjanya
  2. Synergisme dan suksesi
  3. Antagonisme diantaranya.

### **Metode Penelitian**

1. Pembuatan media khusus yang mengandung unsur logam berat yang sama dengan limbah asalnya, unsur tunggal dan unsur kombinasi beberapa logam.
2. Membiakan masing-masing ke-3 isolat mikroba di dalam media khusus unsur tunggal maupun kombinasi.
3. Membiakan masing-masing isolat mikroba secara berurutan sehingga memberi gambaran suksesi dari pekerjaan biodegradasinya pada media khusus unsur tunggal dan unsur campuran, serta juga biakan langsung kombinasi ke-3 mikroba .

Parameter yang diukur adalah : 1. membandingkan jumlah mikroba sebelum dan sesudah perlakuan selesai

2. mengukur tingkat penurunan konsentrasi unsur logam berat di dalam media oleh mikroba bersangkutan.

### Jadwal Kerja

Semua tahapan kerja pada metode diatas dikerjakan pada tahun ke II (1994/1995) dengan perincian :

Persiapan	1 bulan
Penelitian	7 bulan
Evaluasi & pembuatan laporan	2 bulan

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_, 1992. Polutan bisa bikin orang menjadi mandul. *Harian Surya*, 3 April.
- \_\_\_\_\_, 1993. Mengikuti Komisi D DPRD Jatim melihat limbah (1): Mobil pembuangan tinjapun disewa untuk angkut limbah produksi. *Harian Surya*, 17 November.
- \_\_\_\_\_, 1993. Mengikuti Komisi D DPRD Jatim melihat limbah (2): Belum maksimal, operasi UPL di semua industri. *Harian Surya*, 18 November.
- \_\_\_\_\_, 1993. Mengikuti Komisi D DPRD Jatim melihat limbah (3): Terus tercemar, lama-lama sungai jadi jamban raksasa. *Harian Surya*, 19 November.
- \_\_\_\_\_, 1994. Bioremediasi pulihkan mutu air bawah tanah. Lebih murah bila dibanding cara kimia maupun fisika. *Harian Surya*, 23 Januari.
- ALEXANDER, M. 1979. *Helpful, Harmful and Fallible Microorganism : Importance in Transformation of Chemical Pollutants*. In R.R. Colwell Conference Sponsored by A.S.M. 1979. A Maryland Sea Grant Publication. College Park. 110 - 123.
- AMSYARI, F. 1986. *Prinsip-prinsip masalah pencemaran lingkungan*. Edisi 3. Ghalia Indonesia, Jakarta.
- BIANCHI, M. and R.R. COLWELL. 1986. *Microbial indicators of environmental water quality: The role of microorganisms in the assesment and prediction of changes in the marine environment Induced by human activities*. In: J. Salanki (Ed). *Biological monitoring of the state of the environment : Bioindicators*. IUBS Monograph series. 1:5-15.
- BOARD, R.G. and D.W. LOVELOCK. 1973. *Sampling Microbiological of Environments*. Academic Press, London, New York. p.267.
- BROWN, A.D. 1976. *Microbial water stress*. *Bacteriol. Rev.* 40:803-841.
- COLLINS, C.H., P.M. LYNE and J.M. GRANGE. 1989. *Microbiological methods*. 6th Ed. Butterworth and Co, London.

COLWELL, R.R. 1978. Bacteria and Viruses Indicators of Environment Changes Occuring in Estuaries. *Environ.Internat.* 1: 223 -231.

COLWELL, R.R. and G.S. SAYLER. 1978. Microbial Degradation of Industrial Chemical. In: R. Mitchel (Ed). *Water Pollution Microbiology*. Volume 2. Wiley Inter-Science, New York. p.11-134.

CORES DE VRIES, G., N.M.R. WIDJAJA, M. MOENIF, B.C. TEHUPURING and I. WILIANTO. 1992. Studi tentang penggunaan bioindikator sebagai model informasi dalam sistem peringatan dini terhadap keadaan ekologi lingkungan. Lembaga Penelitian Unair, Surabaya.

DART, R.K. and R.J. STRETTON. 1977. *Microbial Aspect of Pollution Control*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford. p.215.

GREENBERG, A.E., E.R. TRUSSEL, L.S. CLESCEN and M.A. FRANSON. 1985. *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water*. 16 Ed. American Public Health Association, Washington. p. 92-561.

HAMER, A.D. and P.G. SOULSBY. 1980. An approach to chemical and biological river monitoring system. *Water Pollut. Control.* 79:56-69.

HIGGINS, I.J. and R.G. BURNS. 1975. *The Chemistry and biology of Pollution*. Academic Press, London, New York. p.201-232.

HUTAGALUNG, H. 1992. Pencemaran Logam Berat. Makalah pada Kursus Pemantauan Pencemaran Laut. PPKL LEMLIT UNAIR, P3O-LIPI-UNESCO/UNDP 14-24 April.

INVERSON, W.P. and F.E. BRINCMAN. 1978. Microbial Metabolism of Heavy Metals. In: R. Mitchel (Ed). *Water Pollution Microbiology*. Vol. 2. Wiley Inter-Science, New York. p.201 - 232.

KUSUMAATMADJA, S. 1993. Limbah industri Indonesia: Permasalahan, Kebijakan dan Penanganannya. Sambutan Menteri Negara Lingkungan Hidup/Kepala Bapedal pada Konperensi Himpunan Mikrobiologi Indonesia. Surabaya 2-4 Desember.

LALIBERTA, P. and D. BRIMES. 1982. Survival of *Escherichia coli* in Lake Bottom Sediment, *Appl. Environ. Microbiol.* 43 : 623 - 628.

LYNCH, J.M. and J.E. HOBBIÉ., 1988. *Microorganism in Action Concepts and Applications in Microbial Ecology*. Blackwell Scientific Publication, Oxford. p. 7-29, 44-49, 41-73, 193-203.

MITCHELL, R. (Ed). 1978. *Water Pollution Microbiology*. Vol. 2 Wiley Inter-Scientific, New York. p.442.

MUDIARDI, E., S. ADIPOETRO dan E.B. WASITO. 1991. Air sungai Kali Mas: Derajat pencemaran bakterial dan kimiawi serta kandungan kuman enteropatogen. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. 1:19-23.

RAMADE, F. 1987. *Ecotoxicology*. John Willey and Sons. Singapore. p. 1-58.

SHARMA, A.K. 1986. Cell biological methods as indicators of environment. In: J. Salanki (Ed). *Biological monitoring of the state of the environment: Bioindicators*. IUBS Monograph series. 1:35-40.

SOEWANDI, A. 1992. Toksik. Makalah pada Kursus Pencemaran Laut. PPKL LEMLIT UNAIR, P3O-LIPI-UNESCO/UNDP 14-24 April.

TIEDJE, J. 1979. An Attempt at Identifying Research Needs for Studies on Microbial Transformation. In : R.R. Colwell and J. Foster (Eds). *Aquatic Microbial Ecology*. Proceedings of the Conference Sponsored by the A.S.M. 7-10 Feb., 1979. A Maryland Sea Grant Publication, University of Maryland, College Park. p.124 - 139.

WHO, 1989. Mercury-Environmental Aspects. Environmental Health Criteria 86. WHO, Geneva.

WHO, 1991. Nickel. Environmental Health Criteria 108. WHO, Geneva.

WHO, 1991. Inorganic Mercury. Environmental Health Criteria 118. WHO, Geneva.

WILSON, K. and K.H. GOULDING. 1987. *A biologist's guide to principles and techniques of practical biochemistry*. 3rd Ed. Richard Clay Ltd. Bungay, Suffolk.

YASUNO, M. and B.A. WHITTON. 1986. Biological monitoring for aquatic pollution. In: J. Salanki (Ed). *Biological monitoring of the state of the environment: Bioindicators*. IUBS Monograph Series. 1:57-66.

# TABEL

Tabel 1. Hasil seleksi isolat mikroba dari bentuk koloni dan sel yang berbeda

Kode Kuman	Warna Koloni	Aerobe/Anaerob	Bentuk Kuman	Spora	Gram	Keterangan
1	Putih Transp	Aerob/Anaerob	Batang Kurus	-	-	
2	Putih Transp	Aerob/Anaerob	Batang Kurus	-	-	
3	Putih Transp	Aerob/Anaerob	Batang Panjang	+	-	
4	Putih Transp	Aerob/Anaerob	Batang Kurus	-	-	Tumbuh
5	Putih Transp	Aerob	Batang Kurus	-	-	Lambat
6	Putih Transp	Aerob/Anaerob	Batang Panjang	-	-	96-120 Jam
7	Putih Besar	Aerob/Anaerob	Batang Kecil	+	-	

Keterangan : Pada spora : + = berspora, - = tidak berspora  
 Pada gram : + = positif, - = negatif

Tabel 2a. Hasil Identifikasi Isolat Mikroba

Kode Mikroba	Uji Biokimiawi										Kemungkinan Mikroba
	TCBS	SS	M.C	KIA	SIM.	VP	CI	LIM	ARG	CYT	
1	0	+		-/d	----+	-	-	+			Ps. maltophilia
2	0	0	-	-/d	----+	-	-	+			Ps. cepacia Ps. maltophilia Ps. cepacia
3	0	0	0								
4	0	0	-	-/d	----+	-	?	-			Ps. maltophilia Ps. cepacia
5	0	-		-/d	---++	-	-	+			E. coli A. hydrophila Edw. tarda V. parahaemolyticus
6	0	0	-	-/d	----+	-	?	-			Enteric Group 8 Ps. maltophilia Ps. cepacia Ps. maltophilia Ps. cepacia
7	0	0	0								

Keterangan : 0 = tidak tumbuh  
 - = tidak meragi laktosa  
 + = meragi laktosa  
 KIA : a = asam  
 AG = asam + gas  
 d = different  
 SIM : - = IPA negatif  
 - = Sulfida negatif  
 -/+ = indol negatif/positif  
 -/+ = motility negatif/positif

Tabel 3. Hasil analisis kandungan limbah industri logam

No	Macam Analisis	Satuan	SK.Gubernur No.414/1987 Golongan IV	Peraturan MenKes No. 416/1990	Sampel Limbah
1	Besi (Fe)	ppm	20	0,3	2500
2	Tembaga (Cu)	ppm	5	1	41000
3	Kadmium (Cd)	ppm	1	0,005	5,2
4	Khrom (Cr)	ppm	2	0,05	0,0
5	Mangan (Mn)	ppm	10	0,1	490
6	Nikel (Ni)	ppm	1	-	1510
7	Timah hitam (Pb)	ppm	3	0,05	166
8	Seng (Zn)	ppm	1	5	10836

Tabel 4. Pertumbuhan isolat bakteri pada berbagai derajat keasaman

Kode Bakteri	Derajat Keasaman (pH)													
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	
1	0	0	0	0	0	27	29	17	27	24	17	0	0	
2	0	0	0	0	0	20	17	25	16	13	12	0	0	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	0	0	0	0	0	1	1	15	17	5	0	0	0	
5	0	0	0	0	20	38	20	28	20	19	15	0	0	
6	0	0	0	2	1	20	22	33	27	35	9	0	0	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E. coli	0	0	0	0	96	100	100	98	95	98	62	0	0	

Keterangan : Perbandingan jumlah pertumbuhan isolat bakteri pada berbagai derajat keasaman (pH) diukur dalam persen dengan dasar patokan pada pertumbuhan E. coli dalam media cair dengan pH 7 yang diinkubasi pada 30°C selama 36 jam bernilai 100 % .



Tabel 5. Pertumbuhan mikroba pada suhu dingin, sedang dan panas

Kode Bakteri	Temperatur pada ° C					
	4 - 5	10-14	37	50	61.5	76-80
1	15	25	47	0	1	0
2	6	32	48	0	0	0
3	-	-	-	-	-	-
4	15	10	45	0	0	0
5	5	10	50	1	0	0
6	10	9	16	0	0	0
7	-	-	-	-	-	-
E. coli	44	78	100	14	0	0

Keterangan : Perbandingan jumlah pertumbuhan isolat bakteri pada berbagai suhu diukur dalam persen dengan dasar patokan pada pertumbuhan E. coli dalam media cair yang diinkubasi pada 37°C selama 36 jam bernilai 100 % .

Tabel 6. Pertumbuhan pada Media Oligotrop dan Media Silangan

Kode Bakteri	M E D I A							
	AB	AB+LB <sub>1</sub>	AB+LB <sub>2</sub>	AB+LB <sub>3</sub>	AB+A	AB+B	AB+C	AB+D
1	-	+	++	+++	+	+	+	-
2	-	+	++	+++	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	+++	+++	+	++	++	-
5	-	++	++	+++	+/-	-	-	-
6	-	++	++	++	+/-	+/-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	-	-	+	+	-	-	-	-

Keterangan : + = ada pertumbuhan dengan jumlah >10 koloni  
 ++ = ada pertumbuhan dengan jumlah >100 koloni  
 +++ = ada pertumbuhan dengan jumlah >1000 koloni  
 +/- = ada pertumbuhan dengan jumlah 1-2 koloni  
 - = tidak ada pertumbuhan  
 AB = Agar Bacteriology  
 LB1 = Lab Lemco Powder dosis 1 g/1 l  
 LB2 = Lab Lemco Powder dosis 2 g/1 l  
 A, B, C = Masing-masing limbah industri non logam  
 D = Limbah industri logam

Tabel 7. Pertumbuhan pada berbagai Kadar Air

Kode Bakteri	Kadar air dalam persen					
	97,2	96,2	94,2	92,2	90,2	88,2
1	+++	+++	+++	+++	+++	+++
2	+++	+++	+++	+++	+++	++
3	+++	+++	++	+++	+	-
4	+++	+++	+++	+++	+++	++
5	+++	+++	+++	+++	+++	++
6	+++	+++	+++	+++	+++	++
7	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Tabel 8. Pengaruh Tekanan Osmotik berbagai Kadar NaCl

Kode Bakteri	Kadar NaCl dalam persen											
	1	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35
1	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
2	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	+	+	+	+	-	-	+/-	-	+/-	+/-	-	-
5	+	+	+	+	+	+	+	-	+/-	-	-	-
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Keterangan : + = dapat hidup dan tumbuh  
 - = tidak dapat hidup / tumbuh  
 +/- = dubius

Tabel 9. Tekanan Osmotik berbagai kadar Glukose

Kode Bakteri	Kadar Glukose dalam persen								
	5	10	15	25	35	45	55	65	70
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabel 10. Tekanan Osmotik berbagai Kadar Glyserin

Kode Bakteri	Kadar Glyserin dalam persen								
	5	10	15	25	35	45	55	65	70
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabel 11. Daya Tahan Mikroba terhadap Sinar Ultra Violet

Kode Mikroba	Kuman Kontrol tanpa disinari UV	Kuman yang disinari UV	Penyusutan Akibat UV	Keterangan
1	$10^6$	5	$2 \times 10^{-5}$	
2	$10^6$	0	$10^{-6}$	
3				
4	$10^6$	5	$2 \times 10^{-5}$	
5	$10^6$	$10^1$	$10^{-5}$	
6	$10^6$	4	$2,5 \times 10^{-5}$	
7	$10^6$	$10^1$	$10^{-5}$	

# **GAMBAR**



Gambar 1. Elektron mikrograf dari *Pseudomonas* spp / CDC group V E-1 tampak mengalami mineralisasi ( 40.000 X)



Gambar 2. Elektron mikrograf dari *Acinetobacter calcoaceticus* var. *Iwoffii* dalam proses pembelahan (30.000 X)

SELESAI

PAMERAN

01 MAY 1996

01 MAY 1996

KK  
576.139 Plasmid Mikroba sebagai Bioindikator Tingkat pencemaran dan Konstruktor Bakteri Pengurai Limbah Beracun.  
Pla  
KKS

No. MHS	NAMA PEMINJAM	Tgl. Kembali



Gambar 3. Proses perubahan bentuk akibat lingkungan yang kriptotrop, tampak terjadi peningkatan nutrient binding site dengan depo polysaccharida, polyphosphat dan lemak (20.000 X)



MILIK  
PERPUSTAKAAN  
"UNIVERSITAS AIRLANGGA"  
SURABAYA

Gambar 4. Mikroba yang toleran terhadap logam berat, tampak samar-samar plasmid pembawa gene resisten logam (50.000 X)