

**ANALISIS BAKTERI HETEROTROF YANG BERPERAN PADA PROSES
DEKOMPOSISI SERESAH DAUN MANGROVE API-API *Avicennia alba* Blume
DI KAWASAN MANGROVE KELURAHAN MANGUNHARJO,
KECAMATAN MAYANGAN, KOTA PROBOLINGGO**

**LAPORAN SKRIPSI
MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

Oleh :
SRI PRATIWI SARASWATI DEWI
NIM. 0310810063



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERIKANAN
MALANG**

2007

**ANALISIS BAKTERI HETEROTROF YANG BERPERAN PADA PROSES
DEKOMPOSISI SERESAH DAUN MANGROVE API-API *Avicennia alba* Blume
DI KAWASAN MANGROVE KELURAHAN MANGUNHARJO, KECAMATAN
MAYANGAN, KOTA PROBOLINGGO**

*Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan Pada
Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya*

Oleh:

SRI PRATIWI SARASWATI DEWI

NIM. 0310810063

Dosen Penguji I

(Ir. WIJARNI, MS)

Tanggal :

Dosen Penguji II

(ASUS MAIZAR, SH, SPi, MP)

Tanggal:

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

(Ir. MULYANTO, MS)

Tanggal:

Dosen Pembimbing II

(DR. UUN YANUHAR, SPi, MSi)

Tanggal:

**Mengetahui,
Ketua Jurusan**

(Ir. MAHENO SRI WIDODO, MS)

Tanggal:

RINGKASAN

SRI PRATIWI SARASWATI DEWI. Skripsi tentang **Analisis Bakteri Heterotrof yang Berperan pada Proses Dekomposisi Seresah Daun Mangrove Api-Api *Avicennia alba* Blume di Kawasan Mangrove Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Mayangan, Kota Probolinggo** (dibawah bimbingan **Ir. MULYANTO, MS dan DR. UUN YANUHAR, Spi., MSi**).

Hutan mangrove merupakan hutan yang mempunyai peranan sebagai mata rantai perputaran unsur hara yang penting bagi organisme akuatik. Sumbangan terpenting hutan mangrove terhadap ekosistem perairan adalah lewat luruhan daunnya yang gugur berjatuh ke dalam air. Luruhan daun mangrove ini merupakan sumber bahan organik yang terpenting dalam rantai makanan (*food chain*) di lingkungan perairan. Dalam rantai makanan, daun memegang peranan penting karena merupakan sumber nutrisi sebagai awal rantai makanan. Seresah daun mangrove yang jatuh di lantai mangrove secara biologis mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme yang memiliki kemampuan mendegradasi jaringan daun. Mikroorganisme yang mampu mendegradasi bahan organik menjadi bahan anorganik adalah bakteri heterotrof. Di dalam lingkungan bakteri ini berfungsi sebagai dekomposer.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakter dari bakteri heterotrof yang berperan dalam proses dekomposisi seresah daun mangrove Api-api *Avicennia alba* Blume. Penelitian ini dilakukan pada kawasan mangrove Mangunharjo, Probolinggo selama bulan Mei – Juli 2007 dan analisa mikrobiologis dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya.

Materi penelitian ini meliputi karakter bakteri heterotrof yang berperan dalam proses dekomposisi seresah daun mangrove Api-api *Avicennia alba* Blume. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen.

Analisis deskriptif dengan pemeriksaan mikroskop digunakan untuk menggambarkan hasil pengamatan mengenai morfologi bentuk, warna, koloni bakteri dan sifat bakteri secara kualitatif. Analisis statistik dilakukan dengan mengolah data kuantitatif untuk mengetahui pengaruh umur pendedahan (2, 4, 6, 8 minggu) terhadap kelimpahan koloni bakteri heterotrof.

Hasil karakterisasi dan identifikasi bakteri heterotrof selama proses dekomposisi, didapatkan 13 strain bakteri. 2 strain bakteri diantaranya yang selalu hadir pada proses dekomposisi pada stasiun I, II, dan III adalah *Bacillus megaterium* dan *Pseudomonas stutzeri*. *Bacillus megaterium* mempunyai ciri: termasuk dalam kelompok gram positif, bentuk sel batang, warna koloni krem, bentuk koloni bundar, berdasarkan pergerakan termasuk pada bakteri yang tidak mampu bergerak (motilitas negatif), katalase positif, dan membentuk spora. *Pseudomonas stutzeri* mempunyai ciri: termasuk pada kelompok bakteri gram negatif, berbentuk sel batang, warna koloni krem, bentuk koloni bundar, berdasarkan termasuk pada bakteri yang mampu bergerak (motilitas positif), dan tidak membentuk spora. *Pseudomonas stutzeri* merupakan salah satu bakteri endofit.

Saran dari penelitian ini yaitu perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang pemanfaatan strain bakteri *Pseudomonas stutzeri* sebagai bakteri endofit, serta perlu

dilakukan penelitian lanjutan di daerah lain dengan menggunakan serasah daun mangrove selain *Avicennia alba*, Blume.



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan laporan skripsi dengan judul Analisis Bakteri Heterotrof yang Berperan pada Proses Dekomposisi Serasah Daun Mangrove Api-api *Avicennia alba* Blume di Kawasan Mangrove Mangunharjo, Kecamatan Mayangan, Kota Probolinggo. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang.

Atas terselesaikannya laporan skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Ibunda tercinta atas doa-doanya yang tidak pernah kunjung henti
- Ir. Mulyanto, MS selaku Dosen Pembimbing I
- DR. Uun Yanuhar, SPi., MSi selaku Dosen Pembimbing II
- Teman-teman MSP '03 yang selalu memberikan semangat
- Motivator-motivator saya yang tidak bisa disebutkan satu-satu di sini, semoga suatu hari nanti saya berkesempatan membalas semuanya. Amin.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis selalu terbuka terhadap kritik untuk kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, 4 September 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Kegunaan Penelitian	4
1.5 Tempat dan Waktu	5
 II. TINJAUAN PUSTAKA.....	 6
2.1 Mangrove	6
2.1.1 Ekosistem Hutan Mangrove	6
2.1.2 Rantai Makanan di Ekosistem Hutan Mangrove	7
2.1.3 <i>Avicennia alba</i> Blume	9
2.1.4 Peranan Hutan Mangrove.....	10
2.2 Proses Dekomposisi Serasah.....	11
2.3 Bakteri Heterotrof	13
 III. MATERI DAN METODE PENELITIAN	 16
3.1 Materi	16
3.1.1 Bahan	16
3.1.2 Alat.....	16

3.2 Metode	16
3.2.1 Perlakuan Sampel.....	16
3.2.2 Pembuatan Sampel	17
3.2.3 Pengenceran Suspensi.....	17
3.2.4 Isolasi Bakteri Heterotrof.....	18
3.2.5 Kelimpahan Koloni Bakteri Heterotrof.....	18
3.2.6 Karakterisasi Bakteri Heterotrof	18
3.2.7 Analisis Data	19

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... 20

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	20
4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan	21
4.2.1 Stasiun I.....	21
4.2.2 Stasiun II	22
4.2.3 Stasiun III.....	23
4.3 Bakteri Heterotrof	24
4.3.1 Karakter Strain Bakteri Heterotrof.....	24
4.3.2 Kelimpahan Bakteri Heterotrof.....	31
4.4 Peranan Bakteri Heterotrof	33

V. KESIMPULAN DAN SARAN 36

5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	36

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

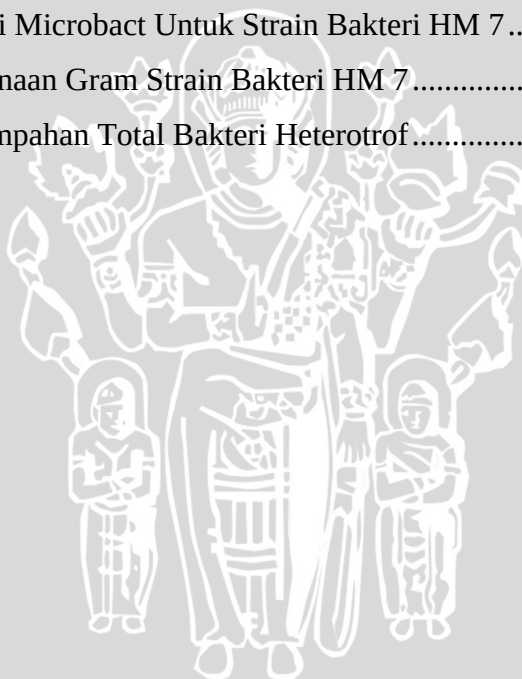
DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Biodegradabilitas Senyawa Organik.....	12
Tabel 2. Kehadiran Bakteri Heterotrof yang Teramati Selama Proses Dekomposisi	25
Tabel 3. Kelimpahan Total Bakteri Heterotrof	32

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Alur Berpikir Rumusan Masalah.....	4
Gambar 2. Rantai Makanan di Ekosistem Mangrove	8
Gambar 3. Morfologi <i>Avicennia Alba</i> Blume	9
Gambar 4. Kondisi Mangrove pada Stasiun I	21
Gambar 5. Kondisi Mangrove pada Stasiun II.....	22
Gambar 6. Kondisi Mangrove pada Stasiun III	23
Gambar 7. Hasil Dari Uji Microbact Untuk Strain Bakteri HM 3.....	27
Gambar 8. Hasil Pewarnaan Gram Strain Bakteri HM 3.....	27
Gambar 9. Hasil Dari Uji Microbact Untuk Strain Bakteri HM 7	29
Gambar 10. Hasil Pewarnaan Gram Strain Bakteri HM 7.....	30
Gambar 11. Grafik Kelimpahan Total Bakteri Heterotrof.....	32



DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian	39
Lampiran 2. Tabel Karakter Isolat Berbagai Strain Bakteri Heterotrof.....	40
Lampiran 3. Proses Penanganan dari Sampel serasah Mangrove Untuk menganalisa Bakteri Heterotrof yang Berasosiasi dengan Proses Dekomposisi	44
Lampiran 3. Ciri-Ciri Koloni Bakteri.....	45



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki keanekaragaman mangrove tinggi, merupakan tipe hutan khas yang terdapat di sepanjang pantai atau muara sungai yang memenuhi beberapa kriteria. Dari 15,9 juta ha luas hutan mangrove dunia, sekitar 3,7 juta ha atau 24%-nya berada di Indonesia, sehingga Indonesia merupakan tempat komunitas mangrove terluas di dunia. Keberadaan mangrove di Jawa Timur tersebar hampir di semua Daerah Tingkat II di Pantura Jawa Timur seperti Lamongan, Gresik, Pasuruan, Probolinggo dan Situbondo (Arisandi, 2001).

Hutan mangrove merupakan komunitas vegetasi pantai tropis, yang didominasi oleh beberapa jenis pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut pantai berlumpur. Hutan mangrove seringkali disebut hutan bakau. Istilah bakau umum digunakan di Indonesia karena sebagian besar hutan mangrove ditumbuhi oleh jenis bakau (*Rhizophora mucronata*) sehingga beberapa orang menafsirkan semua hutan mangrove adalah terdiri dari hutan bakau namun menurut Bengen (2000) sebenarnya hutan mangrove terdiri dari berbagai macam jenis, diantaranya *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera cylindrica*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba*, *Sonneratia caseolaris* dan lain-lain.

Salah satu manfaat keberadaan hutan mangrove adalah menyediakan sejumlah makanan dan unsur hara bagi beberapa spesies hewan laut termasuk yang memiliki arti ekosistem penting. Unsur hara dan sejumlah besar bahan organik di hutan mangrove ini sebagian besar berasal dari luruhan (seresah) daun-daun mangrove (Feliatra, 2001).

Walaupun miskin nutrient ketika jatuh dari pohon, daun mangrove menjadi nutrisi akibat proses dekomposisi (Odum, 1971 *dalam* Feliatra, 2001).

Dekomposisi merupakan proses penting dalam fungsi ekologis. Organisme-organisme yang telah mati mengalami penghancuran menjadi pecahan-pecahan yang lebih kecil, dan akhirnya menjadi partikel-partikel yang lebih kecil lagi (Nybaken, 1988). Makhluk hidup yang melakukan dekomposisi dikenal sebagai dekomposer (Arisandi, 2002). Dekomposer jaringan tumbuhan pada ekosistem mangrove secara umum dapat dibagi menjadi 2 kategori, *primary saprotrophs* dan *secondary saprotrophs*. Primary saprotrophs seperti amphipods, gastropods, insect, dan crustacean. Sedangkan yang termasuk secondary saprotrophs adalah mikro dan meso fauna, jamur dan bakteri (Raulerson, 2004).

Keberadaan bakteri di daerah hutan mangrove memiliki arti yang sangat penting (Alongi, 1994 *dalam* Feliatra, 2001). Berdasarkan cara memperoleh makanannya, bakteri dapat digolongkan menjadi 2 (dua) yaitu: 1) bakteri autotrof, yaitu bakteri yang dapat menyusun zat makanan sendiri dari zat anorganik yang ada; dan 2) bakteri heterotrof, yaitu bakteri yang hidup dengan memperoleh makanan berupa zat organik dari lingkungannya karena tidak dapat menyusun sendiri zat organik yang dibutuhkannya (Anonymous, 2005).

Di dalam lingkungan aquatik, kebanyakan bakteri adalah bakteri heterotrof, yakni bakteri yang hidup dengan menggunakan zat organik. Lebih jauh, hampir semuanya saprofit menggunakan tumbuhan dan hewan yang telah mati (Waluyo, 2005). Bakteri heterotrofik ini berfungsi sebagai dekomposer dan penyedia nutrisi bagi tumbuhan (Anonymous, 2005).

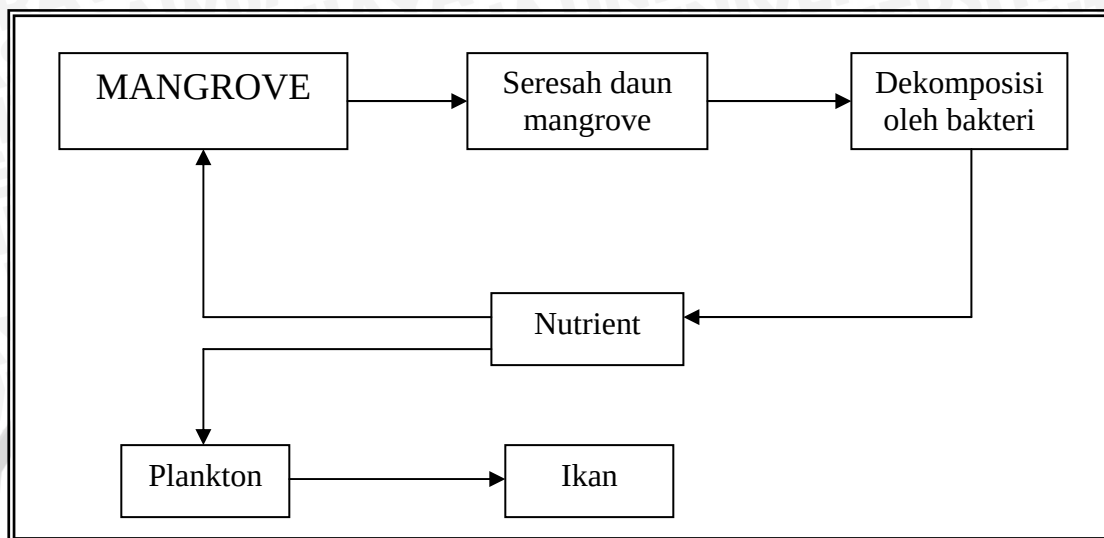
Feliatra (2001) mendapatkan 7 (tujuh) isolat bakteri heterotrof yang mampu mendegradasi daun mangrove yaitu *Neisseria*, *Pleisiomonas*, *Yersinia*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Staphylococcus*, dan *Acinobacter*. Bakteri pengurai luruhan daun mangrove (serasah) ini, keberadaannya belum begitu banyak diteliti. Bakteri pengurai serasah daun mangrove ini berperan dalam perputaran unsur hara yang penting bagi ekosistem mangrove. Pemahaman tentang keberadaan bakteri pengurai ini merupakan suatu hal yang bersifat eksplorasi laboratorium dan aplikasi di lapang untuk mencari informasi dan manfaat tentang organisme tersebut, sehingga dapat dijadikan sebagai informasi yang penting dalam pengelolaan kawasan hutan mangrove.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam rantai makanan, daun memegang peranan penting karena merupakan sumber nutrisi sebagai awal rantai makanan. Serasah yang jatuh di lantai mangrove secara biologis mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme yang memiliki kemampuan mendegradasi jaringan daun. Mikroorganisme yang mampu mendegradasi bahan organik (seperti luruhan daun mangrove) menjadi bahan anorganik adalah bakteri heterotrof, bakteri ini berfungsi sebagai dekomposer. Sebagian serasah mangrove didekomposisi oleh bakteri dan fungi menjadi zat hara (nutrien) terlarut yang dapat dimanfaatkan langsung oleh fitoplankton, algae ataupun tumbuhan mangrove itu sendiri.

Berdasarkan penjelasan di atas, masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimanakah karakteristik dari bakteri heterotrof yang berperan dalam proses dekomposisi serasah daun mangrove Api-api *Avicennia alba* Blume.

Secara umum rumusan penelitian tentang analisis bakteri heterotrof yang berperan dalam proses dekomposisi seresah daun mangrove dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur berpikir rumusan masalah

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui karakter dari bakteri heterotrof yang berperan dalam proses dekomposisi seresah daun mangrove Api-api *Avicennia alba* Blume.

1.4 Kegunaan Penelitian

Diharapkan penelitian ini memberikan informasi tentang karakter bakteri heterotrof pada proses dekomposisi seresah daun mangrove Api-api *Avicennia alba* Blume.

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada kawasan mangrove di kawasan mangrove Mangunharjo, Probolinggo selama bulan Mei – Juli 2007. Analisa mikrobiologis dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pangan Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mangrove

2.1.1 Ekosistem Hutan Mangrove

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal-balik antara makhluk hidup dan lingkungannya. Dengan kata lain ekosistem adalah tatanan kesatuan secara utuh dan menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi. Komponen-komponen pembentuk ekosistem adalah komponen hidup dan komponen tak hidup. Kedua komponen tersebut berada pada suatu tempat dan berinteraksi membentuk suatu kesatuan yang teratur (Kristanto, 2004).

Ekosistem yang terdapat di daerah pantai dan selalu atau secara teratur digenangi air laut atau dipengaruhi oleh pasang surut air laut disebut ekosistem hutan payau atau ekosistem hutan mangrove. Ekosistem hutan mangrove merupakan ekosistem yang khas untuk daerah tropis, terdapat di daerah pantai yang berlumpur dan airnya tenang (gelombang laut tidak besar). Ekosistem hutan ini disebut ekosistem hutan payau karena terdapat di daerah payau (estuarin) yaitu daerah perairan dengan kadar garam/salinitas antara 0,5 ‰ dan 30 ‰, disebut juga ekosistem hutan pasang surut karena terdapat di daerah yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Indriyanto, 2006).

Beberapa karakteristik habitat hutan mangrove menurut Bengen (2000) antara lain: 1). Umumnya tumbuh pada daerah intertidal yang jenis tanahnya berlumpur, berlempung atau berpasir; 2). Daerahnya tergenang air laut secara berkala, baik setiap hari maupun yang hanya tergenang pada saat purnama. Frekuensi genangan menentukan komposisi vegetasi hutan mangrove; 3). Menerima pasokan air tawar yang cukup dari

darat; 4). Terlindung dari gelombang dan arus pasang surut yang kuat. Air bersalinitas payau (2 – 22 permil) hingga asin (mencapai 38 permil).

Spesies tumbuhan yang hidup dalam ekosistem hutan mangrove adalah species tumbuhan yang memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap salinitas payau dan harus hidup pada kondisi lingkungan yang demikian, sehingga species tumbuhannya disebut halophytes obligat (Vickery, 1984 dalam Indriyanto, 2006). Lebih lanjut, Indriyanto menyebutkan tetumbuhan yang ada atau dijumpai pada ekosistem hutan mangrove terdiri atas 12 genus tumbuhan berbunga antara lain genus *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Lumnitzera*, *Laguncularia*, *Aegiceras*, *Aegiatilis*, *Snaeda*, dan *Conocarpus*.

Di Indonesia, vegetasi hutan mangrovenya memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi, dengan jumlah tercatat sebanyak 202 jenis yang terdiri atas 89 jenis pohon, 5 jenis palem, 19 jenis liana, 44 jenis epifit, dan 1 jenis sikas. Namun demikian hanya terdapat kurang lebih 47 jenis tumbuhan yang spesifik hutan mangrove. Paling tidak di dalam hutan mangrove terdapat satu jenis tumbuhan penting/dominan yang termasuk ke dalam empat famili: Rhizophoraceae (*Rhizophora*, *Bruguiera*, dan *Ceriops*), Sonneratiaceae (*Sonneratia*), Avicenniaceae (*Avicennia*), dan Meliaceae (*Xylocarpus*) (Bengen, 2000).

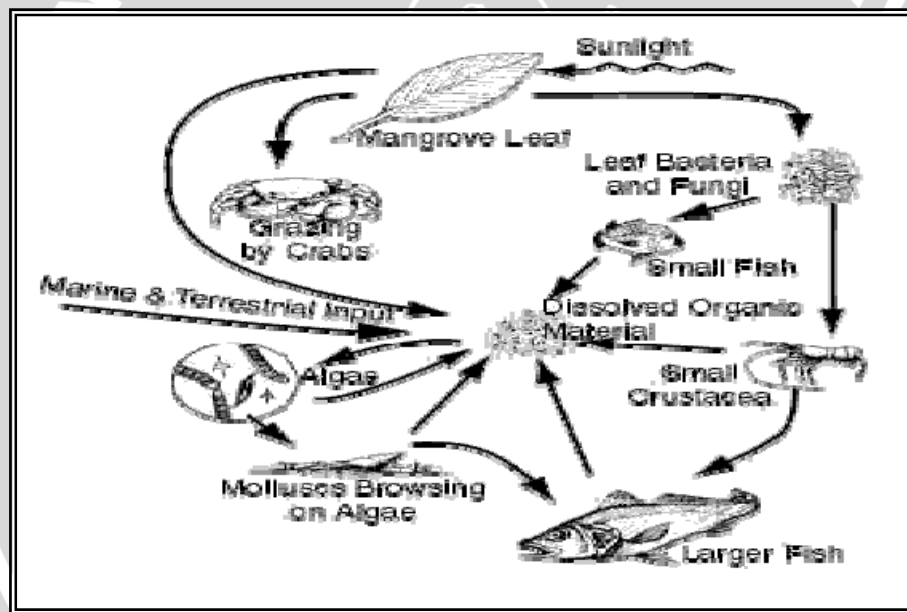
2.1.2 Rantai Makanan di Ekosistem Hutan Mangrove

Tumbuhan mangrove sebagaimana tumbuhan lainnya mengkonversi cahaya matahari dan zat hara (nutrien) menjadi jaringan tumbuhan (bahan organik) melalui proses fotosintesis.

Tumbuhan mangrove merupakan sumber makanan potensial, dalam berbagai bentuk, bagi semua biota yang hidup di ekosistem hutan mangrove. Berbeda dengan

ekosistem pesisir lainnya , komponen dasar dari rantai makanan di ekosistem hutan mangrove bukanlah tumbuhan mangrove itu sendiri, tapi serasah yang berasal dari tumbuhan mangrove (daun, ranting, buah, batang, dsb).

Sebagian serasah mangrove didekomposisi oleh bakteri dan fungi menjadi zat hara (nutrien) terlarut yang dapat dimanfaatkan langsung oleh fitoplankton, algae ataupun tumbuhan mangrove itu sendiri dalam proses fotosintesis, sebagian lagi sebagai partikel serasah (detritus) dimanfaatkan oleh ikan, udang dan kepiting sebagai makanannya (gambar 2). Proses makan-memakan dalam berbagai kategori dan tingkatan biota membentuk suatu jala makanan (Bengen, 2000).



Gambar 2. Rantai Makanan di Ekosistem Mangrove (Anonymous, 2007a)

Berdasarkan Gambar 2 di atas, ternyata keterlibatan mikroorganisme seperti bakteri dalam ekosistem mangrove jelas tidak dapat diabaikan. Bakteri akan membantu proses dekomposisi bahan organik seperti daun mangrove menjadi partikel lebih kecil sehingga dapat dimanfaatkan oleh makroorganisme seperti golongan crustacea dan ikan.

2.1.3 *Avicennia alba* Blume

Anonymous (2007b) menyatakan bahwa *Avicennia alba* Blume (Gambar 2) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Class : Dicotyledonae
Ordo : Labiales
Famili : Avicenniaceae
Genus : *Avicennia*
Species : *Avicennia alba* Blume

Avicennia alba sering disebut Api-api. Morfologi dari *Avicennia alba* Blume dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Morfologi *Avicennia alba* Blume (Anonymous, 2007a).

Daun *Avicennia alba* Blume memiliki ciri berwarna hijau muda pada sisi sebelah atas, sedangkan pada sisi sebelah bawah abu-abu keperakan. Daunnya berbentuk elips meruncing dengan panjang daun berkisar antara 10 – 18 cm. Bunganya kecil berwarna oranye, dan berdiameter 4 – 5 mm. Buahnya berbentuk membulat dan agak berbulu dengan panjang 2,5 – 4,0 cm, dan berwarna kuning kehijauan. Kulit batang halus,

berwarna putih keabu-abuan hingga hijau. Akar berbentuk cakar ayam berpneumatofora untuk pernafasan. *Avicennia alba* Blume umumnya tumbuh pada substrat berpasir atau berlumpur tipis, dengan salinitas relatif tinggi (salinitas laut) pada kisaran yang sempit. Pohonnya dapat mencapai tinggi 15 m (Bengen, 2000).

2.1.4 Peranan Ekosistem Mangrove

Hutan mangrove merupakan ekosistem yang unik dengan berbagai macam fungsi, yaitu: fungsi ekonomi, fungsi fisik, dan fungsi biologi. Fungsi ekonomi ekosistem mangrove sangat banyak baik jumlah maupun kualitasnya. Ada 70 macam kegunaan tumbuhan mangrove bagi kepentingan manusia, baik produk langsung seperti bahan bakar, bahan bangunan, alat perangkap ikan, pupuk pertanian, bahan baku kertas, makanan, obat-obatan, minuman, dan tekstil, maupun produk yang dihasilkan sebagian besar telah dimanfaatkan oleh masyarakat (Haroen, 2002).

Mangrove juga memiliki fungsi fisik bagi pantai yaitu sebagai pelindung pantai dari hempasan ombak dan angin kencang, penahan abrasi, penampung air hujan sehingga mencegah banjir, dan penyerap limbah yang mencemari perairan. Mangrove yang tumbuh di ujung sungai besar berperan sebagai penampungan terakhir bagi limbah dari industri di perkotaan dan perkampungan hulu yang terbawa aliran sungai. Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas. Area hutan mangrove akan menjadi daerah penumpukan limbah terutama jika polutan yang masuk ke dalam lingkungan estuari melampaui kemampuan pemurnian alami oleh air. Mangrove alami berperan efektif dalam melindungi pantai dari tekanan alam dan erosi (Mastaller, 1996 dalam Arisandi 2001).

Fungsi biologi ekosistem mangrove adalah sebagai daerah pasca larva dan juwana jenis-jenis ikan tertentu dan menjadi habitat alami berbagai jenis biota. Secara

biologi yang menyangkut rantai makanan, ekosistem mangrove merupakan produsen primer melalui seresah yang dihasilkan. Seresah setelah melalui dekomposisi oleh sejumlah mikroorganisme, menghasilkan detritus dan berbagai jenis fitoplankton yang akan dimanfaatkan oleh konsumen primer yang terdiri dari zooplankton, ikan dan udang, kepiting sampai akhir dimangsa oleh manusia sebagai konsumen utama (Haroen, 2002).

Peranan mangrove dalam menunjang kegiatan perikanan pantai dapat disarikan dalam dua hal. Pertama, mangrove berperan penting dalam siklus hidup berbagai jenis ikan, udang, moluska, karena lingkungan mangrove menyediakan perlindungan dan makanan berupa bahan-bahan organik yang masuk ke dalam rantai makanan. Kedua, mangrove merupakan pemasok bahan organik, sehingga dapat menyediakan makanan untuk organisme yang hidup pada perairan sekitarnya (Noor *et al*, 1999).

2.2 Proses Dekomposisi Seresah Mangrove

Salah satu manfaat keberadaan hutan mangrove adalah menyediakan sejumlah makanan dan unsure hara bagi beberapa spesies hewan laut termasuk yang memiliki arti ekosistem penting. Unsur hara dan sejumlah besar bahan organik di hutan mangrove ini sebagian besar berasal dari luruhan daun-daun mangrove serta organisme yang telah mati dan didekomposisi oleh mikroorganisme (Feliatra, 2002).

Dekomposisi adalah proses penghancuran organisme secara bertahap sehingga strukturnya tidak lagi dikenali dan molekul-molekul organik diuraikan menjadi bentuk-bentuk yang lebih sederhana seperti karbon dioksida, air, dan komponen-komponen mineral (Arisandi, 2002). Dekomposisi merupakan proses penting dalam fungsi ekologis. Organisme-organisme yang telah mati mengalami penghancuran menjadi

pecahan-pecahan yang lebih kecil, dan akhirnya menjadi partikel-partikel yang lebih kecil lagi (Nybaken, 1988).

Proses dekomposisi terjadi melalui proses: 1) pelindihan (leaching), yaitu mekanisme hilangnya bahan-bahan yang dapat larut dari seresah atau detritus organik oleh hujan atau aliran air; 2) penghawaan (wathering), merupakan mekanisme pelapukan oleh faktor-faktor fisik seperti pengikisan oleh angin atau gerakan gelombang air; 3) aktivitas biologi yang menghasilkan pecahan-pecahan organik oleh makhluk hidup yang melakukan dekomposisi dikenal sebagai dekomposer, pengurai, atau saproba. Ketiga proses tersebut berlangsung secara simultan (Arisandi, 2002).

Makhluk hidup yang melakukan dekomposisi dikenal sebagai dekomposer. Dekomposer jaringan tumbuhan pada ekosistem mangrove secara umum dapat dibagi menjadi 2 kategori, *primary saprotrophs* dan *secondary saprotrophs*. Primary saprotrophs seperti amphipods, gastropods, insect, dan crustacean. Sedangkan yang termasuk secondary saprotrophs adalah mikro dan meso fauna, jamur dan bakteri (Raulerson, 2004).

Sunarto (2003) menjelaskan bahwa dekomposisi sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan terutama ketersediaan oksigen terlarut khususnya dekomposer aerobik. Dekomposisi pada kondisi anaerob akan menghasilkan bahan-bahan yang dapat merugikan bagi kehidupan organisme perairan. Hasil akhir dari proses dekomposisi baik secara aerobik maupun anaerobik dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Biodegradabilitas senyawa organik

Senyawa	Enzim	Hasil akhir	
		Proses anaerobik	Proses aerobik
Protein	Proteinase	Asam amino, ammonia, H ₂ S, metan, CO ₂ , H ₂ , alkohol, asam organik, fenol, indok	Ammonia, nitrit, nitrat, H ₂ S, H ₂ SO ₄ , alcohol, asam organik, CO ₂ , H ₂ O

Karbohidrat	Karbihidrat	CO ₂ , H ₂ , alkohol, asam lemak	Alkohol, asam lemak, CO ₂ , H ₂ O
Lemak	Lipase	Asam lemak, CO ₂ , H ₂ , alkohol	Asam lemak, gliserol, alkohol, CO ₂ , H ₂ O

2.3 Bakteri Heterotrof

Bakteri berasal dari kata Latin *bacterium* (jamak, *bacteria*), adalah kelompok organisme yang sangat kecil (mikroskopik) dan kebanyakan uniseluler (bersel tunggal), dengan struktur sel yang relatif sederhana tanpa nukleus/inti sel, cytoskeleton, dan organel lain seperti mitokondria dan kloroplas (Anonymous, 2006).

Berdasarkan cara memperoleh makanannya, bakteri dapat digolongkan menjadi 2 (dua) yaitu: 1) *bakteri autotrof*, yaitu bakteri yang dapat menyusun zat makanan sendiri dari zat anorganik yang ada; dan 2) *bakteri heterotrof*, yaitu bakteri yang hidup dengan memperoleh makanan berupa zat organik dari lingkungannya karena tidak dapat menyusun sendiri zat organik yang dibutuhkannya. Di dalam lingkungan, bakteri ini berfungsi sebagai dekomposer dan penyedia nutrisi bagi tumbuhan (Anonymous, 2005).

Bakteri heterotrof membutuhkan molekul-molekul organik dari organisme lain sebagai nutrisi agar ia dapat bertahan hidup dan berkembang biak. Berbeda dengan bakteri autotrof yang mampu menghasilkan makanan sendiri dengan CO₂ sebagai nutrisi makro serta bantuan dari cahaya matahari atau sumber energi kimia lainnya. Jenis bakteri heterotrof biasanya hidup dan berkembang biak pada organisme mati. Mereka mendapatkan energi dengan menguraikan senyawa organik pada organisme mati. Molekul-molekul besar seperti protein, karbohidrat, lemak, atau senyawa organik lain didekomposisi metabolisme tubuh bakteri tersebut menjadi molekul-molekul tunggal seperti asam amino, metana, gas CO₂ (Anonymous, 2006).

Karakter Bakteri pada Daun Mangrove (Feliatra, 2001):

- a. Isolat *Neisseria* dengan ciri-ciri : Termasuk pada kelompok bakteri Gram negatif, kebutuhan terhadap oksigen termasuk aerob, bentuk sel batang, warna koloni kuning, ukuran koloni 0,1 – 3 mm, bentuk koloni menyebar, berdasarkan pergerakan termasuk pada bakteri yang mampu bergerak (motalitas positif), pergandengan sel diplo, methyl red, produksi H₂S, katalase, oksidase positif, sifat halofilik dapat berkembang sangat baik pada salinitas 0 ppt dan baik pada salinitas 10, 20 dan 30 ppt.
- b. Isolat *Pleisiomonas*, dengan ciri-ciri: Termasuk pada kelompok bakteri Gram negatif, kebutuhan terhadap oksigen termasuk aerob, bentuk sel batang, warna koloni putih mengkilap, ukuran koloni 1 – 5 mm, bentuk koloni bulat, berdasarkan pergerakan termasuk pada bakteri yang mampu bergerak (motalitas positif), pergandengan sel mono, methyl red, katalase, oksidase positif, produksi H₂S negatif, sifat halofilik dapat tumbuh dengan baik pada salinitas 0 dan 10 ppt dan pada salinitas 20 dan 30 ppt bisa tumbuh.
- c. Isolat *Yersinia*, dengan ciri-ciri: Termasuk pada kelompok bakteri Gram negatif, kebutuhan terhadap oksigen termasuk aerob, bentuk sel batang, warna koloni kuning, ukuran koloni 5 mm – 3 cm, bentuk koloni bulat kecil, berdasarkan pergerakan termasuk pada bakteri yang mampu bergerak (motalitas positif), pergandengan sel diplo, methyl red, katalase, oksidase positif, produksi H₂S negatif, sifat halofilik dapat berkembang sangat baik pada salinitas 30 ppt dan baik pada salinitas 0, 10 dan 20 ppt.
- d. Isolat *Corynebacterium*, dengan ciri-ciri: Termasuk pada kelompok bakteri Gram positif, kebutuhan terhadap oksigen termasuk aerob, bentuk sel batang, warna koloni putih mengkilat, ukuran koloni 0,1 – 0,3 mm, bentuk koloni bulat kecil,

berdasarkan pergerakan termasuk pada bakteri yang tidak mampu bergerak (motalitas negatif), pergandengan sel tetra, methyl red, katalase, produksi H_2S , oksidase positif, sifat halofilik dapat berkembang sangat baik pada salinitas 30 ppt dan baik pada salinitas 0, 10 dan 20 ppt.

- e. Isolat *Bacillus*, dengan ciri-ciri: Termasuk pada kelompok bakteri Gram positif, kebutuhan terhadap oksigen termasuk aerob, bentuk sel batang, warna koloni kuning, ukuran koloni 0,1 – 0,3 mm, bentuk koloni bulat kecil, berdasarkan pergerakan termasuk pada bakteri yang tidak mampu bergerak (motalitas negatif), pergandengan sel diplo, methyl red, katalase, oksidase positif, produksi H_2S negatif, sifat halofilik dapat berkembang sangat baik pada salinitas 30 ppt dan baik pada salinitas 0, 10 dan 20 ppt.
- f. Isolat *Staphylococcus*, dengan ciri-ciri: Termasuk pada kelompok bakteri Gram positif, kebutuhan terhadap oksigen termasuk aerob, bentuk sel spiral, warna koloni putih mengkilat, ukuran koloni lebih besar dari 3 cm, bentuk koloni menyebar, berdasarkan pergerakan termasuk pada bakteri yang tidak mampu bergerak (motalitas negatif), pergandengan sel mono, methyl red, produksi H_2S , katalase, oksidase positif, sifat halofilik dapat berkembang sangat baik pada salinitas 30 ppt dan baik pada salinitas 10, 20 dan 0 ppt.
- g. Isolat *Actinebacter*, dengan ciri-ciri: Termasuk pada kelompok bakteri Gram negatif, kebutuhan terhadap oksigen termasuk aerob, bentuk sel batang, warna koloni putih mengkilat, ukuran koloni 0,1 – 0,3 mm, bentuk koloni bulat kecil, berdasarkan pergerakan termasuk pada bakteri yang tidak mampu bergerak (motalitas negatif), pergandengan sel diplo, produksi H_2S , katalase, oksidase

positif, methyl red bersifat negatif, sifat halofilik dapat berkembang sangat baik pada salinitas 30 ppt dan baik pada salinitas 0, 10 dan 20 ppt.



III. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi

Data yang diambil adalah kelimpahan total bakteri heterotrof tiap umur pendedahan daun mangrove Api-api *Avicennia alba* Blume serta karakter morfologi koloni bakteri.

3.1.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: serasah daun mangrove Api-api *Avicennia alba* Blume, Triptone Soy Agar (TSA), Na-fis steril, Crystal violet, Lugol iodine, Safranin, Alkohol 95%, Aquadest, H₂O₂, Vaseline, Kapas, Alumunium foil, Kertas serap, Tissue, Plastik, dan Kertas label.

3.1.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Kantong serasah, Tali, Gunting steril, Homogenizer, Lemari es, Autoclave, Timbangan, Incubator, Bunsen, Beaker glass, Erlenmeyer, Cawan petri, Gelas ukur, Tabung reaksi, Gelas pengaduk, Jarum ose, Triangel, Objek glass, Pipet (0.1, 0.5, 1 dan 10 ml), Mikroskop binokuler, Alat penghitung colony counter, Termometer, Papan miring, dan Rak tabung reaksi.

3.2 Metode

3.2.1 Perlakuan Sampel

Sampel serasah daun mangrove *Avicennia alba*, Blume dikumpulkan dari kawasan mangrove Mangunharjo, Probolinggo. Daun yang dipilih adalah daun-daun yang menguning baik dari atas pohon induk maupun daun-daun yang baru saja jatuh dari pohon induk. Jenis daun *Avicennia alba* Blume dipilih karena merupakan jenis dominan

di lokasi penelitian. Organ daun dipilih karena komponen daun umumnya menyusun lebih 66 % dari jumlah seresah yang jatuh di lingkungan mangrove (Zaki, 2007).

Daun mangrove yang telah dikumpulkan kemudian dikeringanginkan selama 48 jam, kemudian dimasukkan ke dalam kantong seresah yang terbuat dari jaring nilon dengan berat masing-masing 25 g kemudian dipasang atau didedahkan di permukaan tanah lantai hutan dan diikatkan pada akar atau pangkal batang vegetasi mangrove agar tidak hanyut atau tidak hilang terbawa arus pasang surut. Kantong seresah ditempatkan pada 3 stasiun. Stasiun I pada daerah yang berdekatan dengan persawahan, Stasiun II pada daerah yang berdekatan dengan selokan, dan Stasiun III pada daerah yang berdekatan dengan pertambakan.

Waktu pendedahan berumur 2, 4, 6, dan 8 minggu, kemudian sampel dimasukkan ke dalam kantong plastik dan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisa bakteri heterotrof.

3.2.2 Pembuatan Sampel

Diambil 10 g sampel dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml dengan penambahan Na-fis steril. Sampel tersebut dicampur dengan cara diblender selama ± 2 menit kemudian diendapkan, suspensi seresah mangrove yang telah dibuat diencerkan secara berseri.

3.2.3 Pengenceran Suspensi

Suspensi seresah mangrove yang telah diendapkan kemudian diencerkan secara berseri. Suspensi sampel sebanyak 1 ml dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi air Na-fis steril 9 ml, kemudian dibuat suspensi dengan cara mengocok sampai homogen. Campuran ini disebut dengan suspensi I (pengenceran 10^{-1}). Perlakuan selanjutnya dilakukan sama dengan perlakuan di atas sampai pengenceran 10^{-6} .

3.2.4 Isolasi Bakteri Heterotrof

Metode penanaman bakteri pada penelitian ini menggunakan metode tuang (*pour plate method*), dimana TSA digunakan sebagai media penanaman. Dari pengenceran, sebanyak 1 ml larutan dipipet ke dalam cawan petri. Kemudian ke dalam cawan dimasukkan TSA yang telah didinginkan sampai 50⁰C sebanyak 15 – 20 ml. Selama penuangan medium, tutup cawan tidak boleh dibuka terlalu lebar untuk menghindari kontaminasi dari luar. Segera setelah penuangan, cawan petri digerakkan diatas meja secara hati-hati untuk menyebarkan sel-sel mikroba secara merata, yaitu dengan gerakan melingkar atau gerakan seperti angka delapan, setelah agar memadat, cawan diinkubasi didalam inkubator dengan posisi terbalik dengan suhu 37⁰C selama 24 jam.

3.2.5 Kelimpahan Koloni Bakteri Heterotrof

Isolasi bakteri heterotrof yang tumbuh pada media TSA diamati dan dihitung jumlah total koloninya dengan menggunakan “Colony Counter”. Perhitungan kelimpahan koloni bakteri dalam 1 ml suspensi sampel dilakukan dengan cara mengalikan jumlah koloni bakteri yang timbul pada cawan petri dengan kebalikan tingkat pengenceran.

3.2.6 Karakterisasi Bakteri Heterotrof

Karakter bakteri heterotrof pada media TSA yang diamati pada penelitian ini meliputi karakter morfologi koloni seperti bentuk koloni, warna koloni, tepi dan elevasi koloni. Uji microbact dilakukan untuk mengetahui jenis bakteri.

3.2.7 Analisis Data

Analisis deskriptif dengan pemeriksaan mikroskop digunakan untuk menggambarkan hasil pengamatan mengenai morfologi bentuk, warna, koloni bakteri dan sifat bakteri secara kualitatif. Analisis statistik dilakukan dengan mengolah data kuantitatif untuk mengetahui pengaruh umur pendedahan (2, 4, 6, 8 minggu) terhadap kelimpahan koloni bakteri heterotrof.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Kelurahan Mangunharjo berada di wilayah Kecamatan Mayangan, Kota Probolinggo, Propinsi Jawa Timur, dengan letak geografis $7^{\circ}43'41'' - 7^{\circ}49'04''$ LS dan $113^{\circ}10' - 113^{\circ}15'$ BT. Batas-batas Kelurahan Mangunharjo adalah sebagai berikut:

Sebelah Utara	: Selat Madura
Sebelah Timur	: Kelurahan Wiroborang
Sebelah Selatan	: Kelurahan Jati
Sebelah Barat	: Kelurahan Mayangan

Kelurahan Mangunharjo terletak pada ketinggian 0 sampai ≤ 25 m di atas permukaan air laut dengan luas wilayah 3.455 km^2 . Lahan dimanfaatkan untuk pemukiman, perkantoran, pelabuhan, pasar, pertanian, tambak, dll.

Jumlah penduduk Kelurahan Mangunharjo tahun 2005 sebanyak 14.936 jiwa. Mata pencaharian sebagian besar penduduk adalah pegawai, pedagang, petani dan nelayan. Kegiatan perikanan di Kelurahan Mangunharjo sangat beragam, meliputi penangkapan ikan di laut dan mangrove (termasuk kepiting), nelayan tebalan, kerang, tiram dan sejenisnya, petani ikan (petambak) bandeng dan udang.

Pada lokasi penelitian, vegetasi mangrove ditemukan tumbuh di sepanjang pantai yang berbatasan langsung dengan laut, selain itu mangrove juga ditumbuh di dalam tambak dan di sekitar pematang tambak.

4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan

4.2.1 Stasiun I

Stasiun ini merupakan daerah yang berdekatan dengan pelabuhan, selain itu juga dipengaruhi oleh kegiatan pertanian (sawah) yang saluran pembuangannya melewati daerah ini. Kondisi mangrove pada stasiun I dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi mangrove pada stasiun I

Kondisi mangrove pada stasiun I ini seperti terlihat pada gambar telah menipis karena sebagian besar telah terkonversi menjadi area pertambakan. Gambar ini diambil pada saat kondisi surut. Kondisi fisika kimia lingkungan selama penelitian menunjukkan pH air berkisar antara 6,8 – 8,3 dan pH tanah berkisar antara 5,86 – 7,78; suhu air berkisar antara 28 – 30⁰C dan suhu tanah berkisar antara 27 – 28⁰C; salinitas 22 - 30‰; substrat lempung.

4.2.2 Stasiun II

Stasiun II terletak di dekat muara sungai kecil dengan bau yang menyengat dan warna airnya yang coklat kehitaman. Kondisi mangrove pada stasiun II dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kondisi Mangrove pada Stasiun II

Pada stasiun II ini, sebagian lahan juga dikonversi menjadi area pertambakan. Selain itu, pada daerah ini juga dimanfaatkan oleh warga sekitar untuk kegiatan pencarian tiram. Kondisi fisika kimia lingkungan selama penelitian pada stasiun II menunjukkan pH air berkisar antara 6,9 – 8,2 dan pH tanah berkisar antara 6,23 – 8,15; suhu air berkisar antara 28 – 30°C dan suhu tanah berkisar antara 27 – 28°C; salinitas 30 - 34‰; substrat lempung berpasir.

4.2.3 Stasiun III

Stasiun ini merupakan daerah mangrove yang paling jauh dari pelabuhan.

Kondisi mangrove pada stasiun II dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kondisi mangrove pada stasiun III

Secara umum, kondisi mangrove pada stasiun III ini cukup baik walaupun sebagian lahannya terkonversi untuk area pertambakan. Kerapatan mangrove cukup tinggi dan didominasi oleh kelompok *Avicennia*, seperti tampak pada Gambar 6. Daerah ini oleh masyarakat setempat juga dimanfaatkan untuk kegiatan pencarian tiram seperti pada stasiun II.

Kondisi fisika kimia lingkungan selama penelitian pada stasiun III menunjukkan pH air berkisar antara 6,9 – 8,3 dan pH tanah berkisar antara 6,35 – 8,19; suhu air berkisar antara 27 – 31⁰C dan suhu tanah berkisar antara 27 – 28⁰C; salinitas 24 - 33‰; substrat lempung berpasir.

4.3 Bakteri Heterotrof

Bakteri yang berhasil diisolasi dari kawasan mangrove Mangunharjo termasuk dalam golongan bakteri heterotrof yang memanfaatkan bahan organik untuk kelangsungan hidupnya. Jatuhan serasah merupakan substrat yang baik untuk pertumbuhan bakteri heterotrof. Bakteri ini menunjukkan peran penting antara lain terhadap mineralisasi sedimen, kimiawi perairan, daur-daun nutrien dan tersediannya sumber makanan untuk organisme tingkat trofik berikutnya (Chapman, 1992).

4.3.1 Karakter Strain Bakteri Heterotrof

Bakteri yang berasal dari serasah daun mangrove Api-api *Avicennia alba*, Blume pada setiap umur pendedahan selama proses dekomposisi dari minggu ke-2 hingga minggu ke-8 ditumbuhkan dalam media TSA dengan metode cawan tuang. Koloni bakteri yang tumbuh pada media TSA tersebut diamati dan di karakterisasi. Hasil karakterisasi bakteri heterotrof yang tumbuh tersaji dalam Lampiran 2.

Keseluruhan data diperoleh 13 strain bakteri yang mempunyai perbedaan secara morfologis seperti bentuk koloni, warna koloni, tepi koloni dan elevasi koloni. Strain bakteri heterotrof yang berhasil dikarakterisasi tersebut masih belum teridentifikasi secara menyeluruh sehingga di dalam penelitian ini digunakan kode isolat untuk mempermudah pelaporannya. Koloni bakteri heterotrof yang tumbuh diberi kode dengan HM (Heterotrofik Mangrove) dan angka 1 sampai 13 di belakang kode isolat untuk menunjukkan perbedaan karakter morfologi strain.

Ketigabelas strain bakteri ini tidak semuanya hadir pada proses pendedahan selama proses dekomposisi sehingga komposisi strain bakteri berbeda pada setiap umur pendedahan.

Komposisi dan kehadiran strain-strain bakteri selama proses dekomposisi dari minggu ke 2 hingga minggu ke 8 disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kehadiran Bakteri Heterotrof yang Teramati Selama Proses Dekomposisi

Kode strain	Stasiun I				Stasiun II				Stasiun III			
	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
HM 1	-	√	√	√	-	-	-	-	√	-	-	-
HM 2	-	√	√	√	√	√	-	√	√	-	√	√
HM 3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
HM 4	√	√	√	√	√	√	√	-	√	-	√	-
HM 5	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-
HM 6	-	-	-	√	√	√	-	-	-	-	-	-
HM 7	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
HM 8	-	-	-	-	√	√	-	-	√	-	√	-
HM 9	-	-	√	-	√	-	√	-	√	-	-	-
HM 10	√	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√
HM 11	-	-	-	-	-	-	√	-	√	-	-	-
HM 12	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√	√	√
HM 13	-	√	-	√	-	-	-	-	√	-	-	-

Keterangan:

HM : Heterotrofik Mangrove

Komposisi dan kehadiran bakteri heterotrof dalam Tabel 2 terlihat bahwa terdapat strain bakteri yang selalu hadir pada setiap umur pendedahan yaitu HM 1, HM 2, HM 3, HM 4, HM 7, HM 10, dan HM 12. Strain bakteri yang lain ada yang muncul pada awal, akhir ataupun pada minggu-minggu tertentu setelah waktu pendedahan serasah. Strain bakteri yang hadir pada minggu-minggu tertentu yaitu HM 5 pada minggu ke-2, HM 6 pada minggu ke-2 dan ke-4, HM 8, HM 9 dan HM 11 pada minggu ke-2 dan minggu ke-6, HM 13 pada minggu ke-2, minggu ke-4 dan minggu ke-8.

Strain bakteri HM 5, HM 6, HM 8, HM 9 dan HM 11 hanya hadir pada minggu-minggu tertentu menunjukkan bahwa strain bakteri ini tidaklah berperan secara langsung dalam proses dekomposisi melainkan berasosiasi dengan strain bakteri yang selalu hadir melakukan proses dekomposisi seresah. Waluyo (2005) menyatakan bahwa di alam bebas banyak mikroba dari berbagai genus maupun dari berbagai species hidup berkumpul di dalam suatu medium yang sama, misalnya di dalam tanah, di dalam sampah-sampah, di dalam limbah-limbah, di dalam kubangan atau selokan-selokan dan lain sebagainya. Tidak mudah meneliti pengaruh atau hubungan hidup antar species namun pengaruh timbal baliknya niscaya ada. Hubungan antar species, termasuk pada mikroba dapat dibedakan menjadi netralisme, kompetisi, antagonisme, komensalisme, mutualisme, sinergisme, parasitisme, predatorisme, dan sintropisme.

Strain bakteri yang selalu hadir dalam umur pendedahan yaitu HM 1, HM 2, HM 3, HM 4, HM 7, HM 10 dan HM 12 tidak semuanya berasal dari tiap stasiun. Hanya strain HM 3 dan HM 7 yang selalu hadir pada setiap umur pendedahan pada tiap stasiun I, stasiun II, maupun stasiun III. Untuk mengetahui jenis bakteri dari HM 3 dan HM 7 ini, dilakukan uji microbact.

Hasil uji microbact menunjukkan bahwa strain bakteri HM 3 adalah bakteri *Bacillus megaterium*. Bakteri ini mampu menghasilkan enzim katalase yang dapat mengubah Hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen sehingga termasuk dalam golongan bakteri aerobik dan anerobik fakultatif. Hadioetomo (1985) menyatakan bahwa kebanyakan bakteri aerobik dan anaerobik fakultatif yang menggunakan oksigen menghasilkan Hidrogen peroksida yang sesungguhnya bersifat racun bagi sistem-sistem enzimnya sendiri. Namun mereka dapat tetap hidup dengan adanya antimetabolit tersebut karena dihasilkannya enzim katalase yang mampu mengubah Hidrogen

Perokside menjadi air dan oksigen. Hasil dari uji microbact untuk strain bakteri HM 3 dapat dilihat pada Gambar 7.

HM 3



MICROBACT™
IDENTIFICATION KITS

MICROBACT™ GNB 12A/B/E, 24E

		GNB 24E												GNB 12B														
		GNB 12A / 12E												GNB 12B														
		Oxidase	Motility	Nitrate	Lysine	Ornithine	H ₂ S	Glucose	Mannitol	Xylose	ONPG	Indole	Urease	V-P	Citrate	TDA	Gelatin	Malonate	Inositol	Sorbitol	Rhamnose	Sucrose	Lactose	Arabinose	Adonitol	Raffinose	Salicin	Arginine
Result / Resultado / Ergebnis / Risultat / Risultato / Resultat / Risultat / Risultato / Αποτέλεσμα		+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
		4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1
Sum / Suma / Somme / Somme / Somma / Sum / Summa / Soma / Αθροισμα		y			0			y			0			y			0			9			0			0		

Identification / Identificación / Identifikation / Identifikation / Identificando / Identificando / Ταυτοποίηση

Bacillus megaterium

Gram : BGP Katalok : +
 Spore : +
 Hemolisa : βH

Gambar 7. Hasil dari uji microbact untuk strain bakteri HM 3

Uji pewarnaan gram dengan pewarnaan diferensial dilakukan untuk membedakan bakteri gram positif dan gram negatif. Hasil pewarnaan gram pada HM 3 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil pewarnaan gram strain bakteri HM 3

Hasil pewarnaan gram pada Gambar 8 di atas menunjukkan bahwa bakteri HM 3 berbentuk batang berpasangan seperti membentuk rantai. Pengamatan hasil pewarnaan gram ini menggunakan mikroskop merk Olympus dengan perbesaran 1000x. Warna ungu pada sel menunjukkan bahwa bakteri ini termasuk dalam golongan bakteri gram positif. Disebut gram positif karena organisme ini dapat menahan kompleks pewarnaan primer ungu kristal iodium sampai pada akhir prosedur (sel-sel tetap tampak biru gelap atau ungu). Komposisi dinding sel bakteri gram positif berbeda dengan bakteri gram negatif, hal ini diduga berperan dalam terjadinya reaksi gram yang berbeda-beda. Dinding sel bakteri gram positif yang lebih tebal menyusut oleh perlakuan alkohol karena terjadinya dehidrasi, menyebabkan pori-pori dinding sel menutup sehingga mencegah larutnya kompleks ungu kristal-iodium pada langkah pemucatan (Hadioetomo, 1985).

Uji fermentasi gula pada HM 3 menunjukkan bahwa HM 3 mampu memfermentasi glukosa. Glukosa adalah monosakarida (gula sederhana), yang merupakan karbohidrat penting dalam makhluk hidup. Sel membutuhkannya sebagai sumber energi dalam proses metabolisme. Glukosa juga merupakan produk utama dari proses fotosintesis dan merupakan bahan utama dalam respirasi sel pada prokariotik maupun eukariotik (Anonymous, 2007).

Hasil uji microbact pada HM 3 juga menunjukkan bahwa bakteri ini mempunyai kemampuan untuk membentuk spora. Istilah spora pada bakteri bukan untuk menyebut alat pembiakan tetapi bentuk bakteri yang sedang dalam usaha mengamankan diri terhadap pengaruh buruk dari luar (Dwijoseputro, 1989). Pelczar dan Chan (1986) melaporkan species-species tertentu bakteri mampu menghasilkan spora, di luar sel vegetatif (eksospora) atau di dalam sel vegetatif (endospora). Endospora hanya terdapat

pada bakteri. Merupakan tubuh ber dinding tebal, sangat refraktif, dan sangat resisten, dihasilkan oleh semua species *Bacillus*, *Clostridium* dan *Sporasarcina*. Lebih lanjut, Prescott et al (2005) menambahkan karena resisten terhadap panas, radiasi ultraviolet, radiasi gama dan bahan kimia maka bakteri ini dapat bersifat patogen.

Selain strain bakteri HM 3, strain bakteri HM 7 juga terdapat pada setiap stasiun pada tiap umur pendedahan. Hasil dari uji microbact untuk strain bakteri HM 7 dapat dilihat pada Gambar 9.

OXOID
MICROBACT™
IDENTIFICATION KITS

MICROBACT™ GNB 12A/B/E, 24E

HM 7

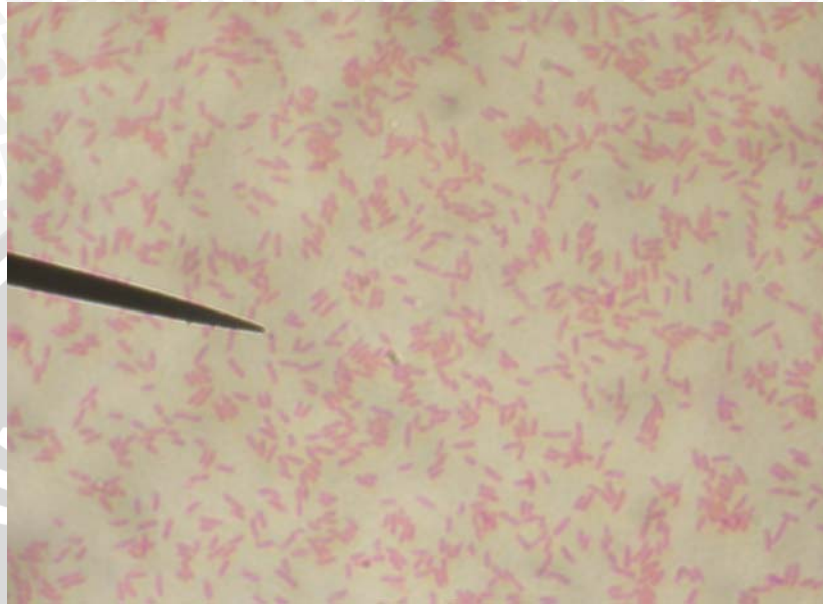
GNB 24E												GNB 12B														
GNB 12A / 12E												GNB 12B														
Oxidase	Motility	Nitrate	Lysine	Ornithine	H ₂ S	Glucose	Mannitol	Xylose	ONPG	Indole	Urease	V-P	Citrate	TDA	Gelatin	Malonate	Inositol	Sorbitol	Rhamnose	Sucrose	Lactose	Arabinose	Adonitol	Raffinose	Salicin	Arginine
+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1
Sum / Suma / Summe / Somme / Somma / Sum / Summa / Soma / Αθροισμα			6		0		5		0		0		0		0		0		4		0					
Identification / Identification / Identification / Identification / Identificazione / Identification / Identifying / Identificação / Ταυτοποίηση												<i>Pseudomonas stutzeri</i>														

6mm : Ben

Gambar 9. Hasil dari uji microbact untuk strain bakteri HM 7

Hasil uji microbact menunjukkan bahwa strain bakteri HM 7 adalah bakteri *Pseudomonas stutzeri*. Uji frementasi gula pada HM 7 menunjukkan bahwa mampu memfermentasi glukosa dan xylosa. Xylosa atau sugar wood adalah monosakrida yang terdiri dari lima atom karbon termasuk grup aldehid fungsional. Rumus kimianya $C_5H_{10}O_5$. Xylosa banyak terdapat dalam tumbuh-tumbuhan (Anonymous, 2007). Xylosa termasuk dalam gula yang membentuk serat pangan yang sulit untuk dihidrolisis oleh enzim pencernaan manusia (Anonymous, 2002).

Uji pewarnaan gram dengan pewarnaan diferensial dilakukan untuk membedakan bakteri gram positif dan gram negatif. Hasil pewarnaan gram pada HM 7 dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil pewarnaan gram strain bakteri HM 7

Hasil pewarnaan gram pada Gambar 10 di atas, menunjukkan bahwa bakteri HM 7 berbentuk batang. Pengamatan hasil pewarnaan gram ini menggunakan mikroskop merk Olympus dengan perbesaran 1000x. Warna merah muda pada sel menunjukkan bahwa bakteri ini termasuk dalam golongan bakteri gram negatif. Sel-sel Gram negatif mempunyai kandungan lipid yang lebih tinggi pada dinding selnya dan lipid pada umumnya larut dalam alkohol dan aseton. Larutnya lipid oleh pemucat yang digunakan dalam pewarnaan gram diduga memperbesar pori-pori dinding sel dan inilah yang menyebabkan proses pemucatan pada sel-sel gram negatif lebih cepat (Hadioetomo, 1985). Akibatnya, ketika diberi pewarna tandingan safranin, sel-selnya akan tampak merah muda.

4.3.2 Kelimpahan Bakteri Heterotrof

Perhitungan bakteri dilaksanakan 2 minggu sekali selama proses dekomposisi serasah daun dari umur pendedahan 2 minggu hingga umur 8 minggu. Perhitungan bakteri dilakukan dengan metode hitungan cawan. Metode hitungan cawan didasarkan pada anggapan bahwa setiap sel yang dapat hidup akan berkembang menjadi satu koloni. Jadi jumlah koloni yang muncul pada cawan tersebut merupakan suatu indeks bagi jumlah organisme yang dapat hidup yang terkandung dalam sampel (Hadioetomo, 1985).

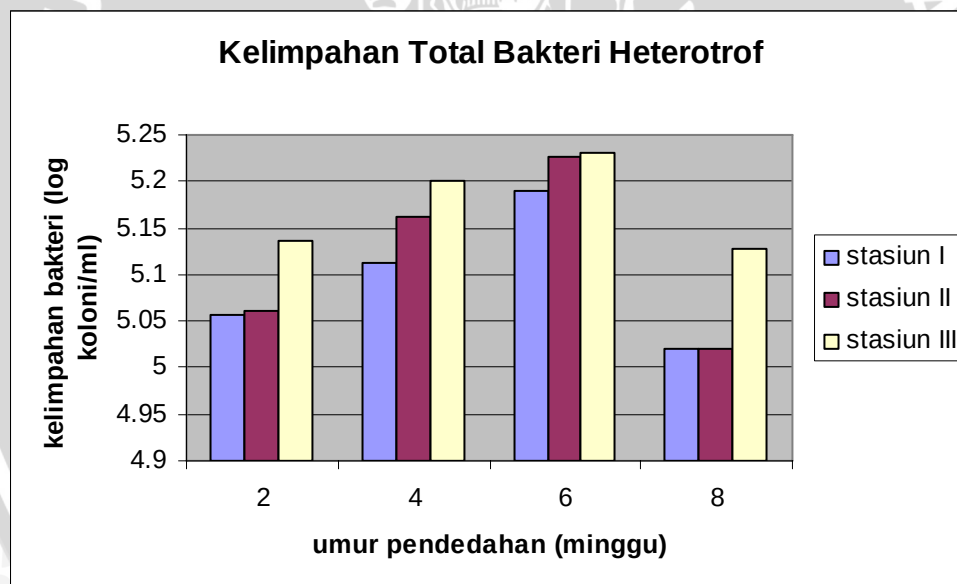
Jumlah koloni bakteri yang terdapat pada cawan petri dihitung berdasarkan koloni yang ada/tampak pada cawan petri atau tumbuh pada media agar yaitu media TSA (Trypton Soya Agar). Cara perhitungan koloni pada cawan serta cara memilih data yang ada untuk menghitung jumlah koloni menggunakan standar SPC atau Standard Plate Count. Cawan yang dipilih dan dihitung adalah yang mengandung jumlah koloni antara 30 – 300, beberapa koloni yang bergabung menjadi satu merupakan suatu kumpulan koloni yang besar dimana jumlah koloninya diragukan, dapat dihitung sebagai satu koloni, suatu deratan (rantai) koloni yang terlihat sebagai suatu garis tebal dihitung sebagai satu koloni. Jika semua pengenceran yang dibuat untuk pemupukan menghasilkan angka kurang dari 30 koloni pada cawan petri, hanya jumlah koloni pada pengenceran terendah yang dihitung dan jika semua pengenceran yang dibuat untuk pemupukan menghasilkan lebih dari 300 koloni pada cawan petri, hanya jumlah koloni pada pengenceran tertinggi yang dihitung (Fardiaz, 1993).

Kelimpahan total bakteri heterotrof yang berhasil tumbuh pada media TSA selama proses dekomposisi dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kelimpahan total bakteri heterotrof (log koloni/ml)

Stasiun	Umur pendedahan			
	2 minggu	4 minggu	6 minggu	8 minggu
I	5.06 ± 0.081	5.11 ± 0.047	5.19 ± 0.020	5.02 ± 0.029
II	5.06 ± 0.027	5.16 ± 0.021	5.23 ± 0.073	5.02 ± 0.029
III	5.14 ± 0.134	5.20 ± 0.077	5.23 ± 0.036	5.13 ± 0.181

Grafik kelimpahan bakteri selama proses dekomposisi disajikan dalam gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Grafik kelimpahan total bakteri heterotrof

Tabel 2 dan Gambar 11 menunjukkan kelimpahan total bakteri heterotrof yang cenderung meningkat pada minggu ke dua hingga minggu ke enam, dan kemudian mengalami penurunan pada minggu ke delapan. Irawanto (2000) menyatakan bahwa pada minggu-minggu akhir proses dekomposisi, kelimpahan bakteri semakin sedikit. Hal

ini disebabkan karena serasah yang terdekomposisi telah berkurang sehingga bakteri yang menggunakan serasah sebagai sumber karbon dan energi kehadirannya menjadi berkurang. Peduzzi dan Herndl (1991) menyatakan bahwa peningkatan jumlah kepadatan bakteri pada proses dekomposisi daun disebabkan oleh bakteri yang melekat pada permukaan daun dan jaringan daun.

Kelimpahan jumlah bakteri pada stasiun III lebih tinggi, diikuti oleh stasiun II dan stasiun I. Tingginya jumlah bakteri pada stasiun III disebabkan oleh jumlah vegetasi *Avicennia alba*, Blume pada stasiun III lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya. Jumlah vegetasi ini akan mempengaruhi jumlah produksi serasah sehingga akan mempengaruhi pula jumlah bahan organik. Soenarjo (1999) menyatakan bahwa salah satu fungsi hutan mangrove adalah sebagai penyedia makanan dan unsur-unsur hara, dimana hutan mangrove mampu menghasilkan bahan organik yang tinggi, yang berasal dari pohon-pohon mangrove, terutama daunnya (serasah). Produksi serasah yang tinggi akan menghasilkan bahan organik yang tinggi pula.

4.4 Peranan Bakteri Heterotrof

Peranan hutan mangrove antara lain sebagai mata rantai perputaran unsur-unsur hara yang penting bagi organisme akuatik. Dalam daur rantai makanan di daerah mangrove ini, kehadiran akan bakteri heterotrof sebagai bakteri pendekomposisi bahan-bahan organik tidak dapat diabaikan. Luruhan daun mangrove yang berguguran merupakan sumber bahan organik yang dimanfaatkan oleh bakteri heterotrof untuk makanannya. Bakteri biasanya berasosiasi dengan jamur dalam melakukan dekomposisi serasah mangrove ini. Bakteri akan menghasilkan enzim ekstraseluler yang

membantunya menguraikan serasah daun mangrove sehingga mampu menghasilkan nutrient yang diperlukan oleh phytoplankton dan alga bentik.

Selain berperan dalam daur nutrient di kawasan mangrove, bakteri heterotrof yang hidup pada jaringan daun dapat berpotensi sebagai antibiotik karena menghasilkan senyawa bioaktif. *Pseudomonas stutzeri* yang berhasil ditemukan pada penelitian kali ini merupakan bakteri endofit yaitu bakteri yang hidup pada jaringan tumbuhan. Menurut hasil penelitian Kumala (2007), *Pseudomonas stutzeri* merupakan bakteri endofit. Mikroba endofit sebagai anggota golongan mikroba memiliki arti penting dalam pencarian antibiotik baru. Mikroba endofit merupakan mikroba yang hidup dalam jaringan tumbuhan tanpa menimbulkan gejala penyakit pada tumbuhan inangnya. Hubungan antara mikroba endofit dan tumbuhan inangnya merupakan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualisme, yaitu sebuah bentuk hubungan yang saling menguntungkan. Mikroba endofit ini mendapat perhatian besar karena aktivitasnya yang besar dalam membunuh mikroba-mikroba patogen. Disamping mampu menghasilkan senyawa-senyawa antimikroba, mikroba endofit juga mampu menghasilkan senyawa-senyawa yang berpotensi sebagai antikanker, antimalaria, anti HIV, antioksidan dan sebagainya. Mikroba endofit yang diperoleh dari tumbuhan hutan hujan tropis seperti hutan di Indonesia, memiliki aktivitas biologi yang lebih tinggi dibandingkan dengan mikroba endofit dari hutan-hutan di daerah beriklim sedang (Prihatiningtias, 2006). Melihat pentingnya mikroba endofit ini, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sebagaimana efektifitas *Pseudomonas stutzeri* ini dalam menghasilkan antibiotik.

Hutan-hutan negara kita ternyata mempunyai peranan yang sangat penting, terutama hutan mangrove yang mempunyai potensi yang sangat besar. Kekayaan ini tidak dapat dibiarkan begitu saja tanpa kita tindak lanjuti untuk lebih dalam lagi menggali dan memanfaatkannya secara efisien.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil karakterisasi dan identifikasi bakteri heterotrof selama proses dekomposisi, didapatkan 13 strain bakteri. 2 strain bakteri diantaranya yang selalu hadir pada proses dekomposisi pada stasiun I, II, dan III adalah *Bacillus megaterium* dan *Pseudomonas stutzeri*.
2. *Bacillus megaterium* mempunyai ciri: termasuk dalam kelompok gram positif, bentuk sel batang, warna koloni krem, bentuk koloni bundar, berdasarkan pergerakan termasuk pada bakteri yang tidak mampu bergerak (motilitas negatif), katalase positif, dan membentuk spora.
3. *Pseudomonas stutzeri* mempunyai ciri: termasuk pada kelompok bakteri gram negatif, berbentuk sel batang, warna koloni krem, bentuk koloni bundar, berdasarkan pergerakan termasuk pada bakteri yang mampu bergerak (motilitas positif), dan tidak membentuk spora. *Pseudomonas stutzeri* merupakan salah satu bakteri endofit.

5.2 Saran

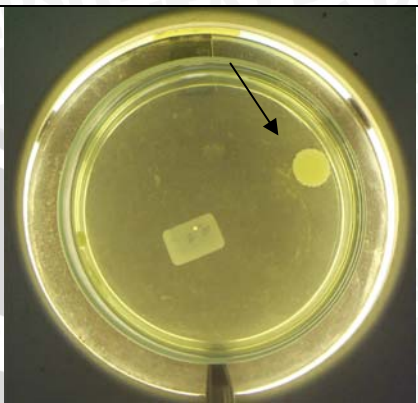
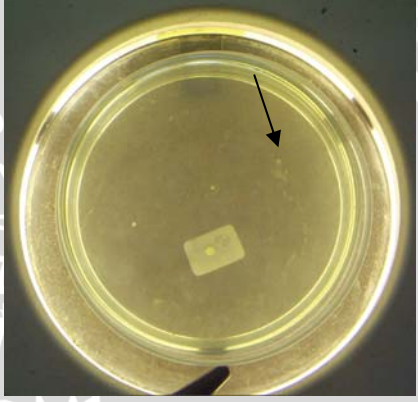
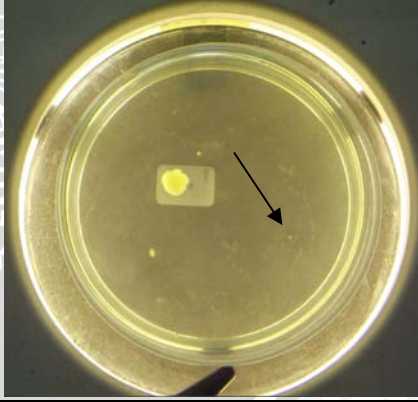
1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang pemanfaatan strain bakteri *Pseudomonas stutzeri* sebagai bakteri endofit.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan di daerah lain dan dengan menggunakan daun mangrove selain *Avicennia alba*, seperti *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, *Sonneratia alba*, dll.

DAFTAR PUSTAKA

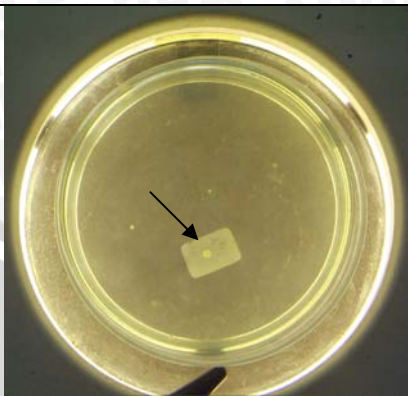
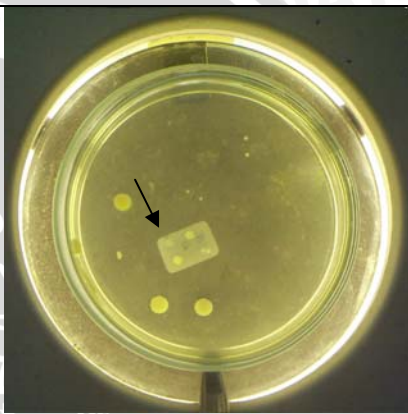
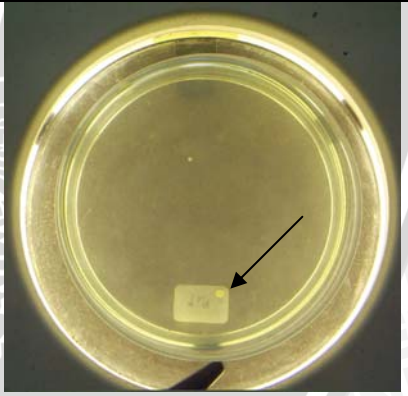
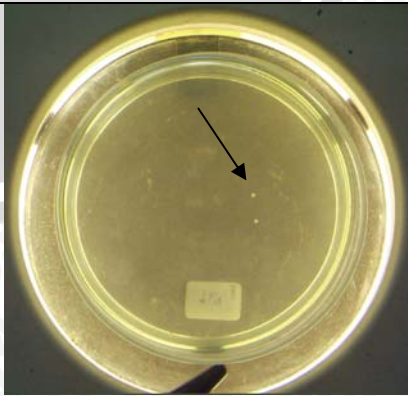
- Anonymous. 2002. Xylose. <http://en.wikipedia.org/> . Diakses tanggal 24 Agustus 2007
- Anonymous. 2005. Jenis-jenis Bakteri. <http://e-dukasi.net/> . Diakses tanggal 21 Maret 2007
- Anonymous. 2006. Bakteri. <http://wikipedia.org/> . Diakses tanggal 21 Maret 2007
- Anonymous. 2007a. Tumby Bay's Mangrove Boardwalk. <http://www.dpi.qld.gov.au/> . Diakses tanggal 7 Mei 2007
- Anonymous. 2007b. Systematics of *Avicennia alba* Blume Vahl. <http://www.nio.org/> . Diakses tanggal 7 Mei 2007
- Anonymous. 2007c. Glucose. <http://en.wikipedia.org/> . Diakses tanggal 24 Agustus 2007
- Arisandi, P. 2001a. Mangrove Jawa Timur, Hutan Pantai yang Terlupakan. <http://www.ecoton.or.id/> . Diakses tanggal 21 Maret 2007
- Arisandi, P. 2001b. Mangrove, Akar Kehidupan Bagi Kehidupan Laut. <http://www.ecoton.or.id/> . Diakses tanggal 21 Maret 2007
- Bengen, D. G. 2000. Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Chapman, V. J. 1992. Ecosystem of The World I : Wet Coastal Ecosystem. Elsevier Science Publisher. Amsterdam
- Depaertemen Kelautan dan Perikanan. 2007. Rencana Detail Tata Ruang Wilayah Kawasan Pesisir dan Laut Kota Probolinggo Tahun 2007-2012 Fakta dan Analisa. DKP Kota Probolinggo
- Dwijoseputro, D. 1989. Dasar-Dasar Mikrobiologi. Djambatan. Malang
- Fardiaz, S. 1993. Analisa Mikrobiologi Pangan. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Feliatra. 2001. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Heterotrof yang Terdapat pada Daun Mangrove (*Avicennia sp* dan *Sonneratia sp*) pada Kawasan Stasiun Kelautan Dumai. Jurnal Natur Indonesia III (2): 104 – 112
- Hadioetomo, R. S. 1985. Mikrobiologi Dasar dalam Praktek, Teknik dan Prosedur Dasar dalam Laboratorium. Gramedia. Jakarta
- Indriyanto. 2005. Ekologi Hutan. Bumi Aksara. Jakarta

- Kristanto, P. 2004. Ekologi Industri. Andi. Yogyakarta
- Kumala, S. 2007. Isolasi & Penapisan Mikroba Endofit Tanaman *Brucea Javanica* (L.) Merr Serta Uji Sitotoksik Metabolit Sekunder Terhadap Beberapa Sel Kanker secara IN VITRO. Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia. Jakarta
- Nontji, A. 1993. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta
- Nybakken, J. W. 1993. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Diterjemahkan oleh Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukarjo. Gramedia. Jakarta
- Pelczar, M.J., dan E.C.S Chan. 1986. Dasar-Dasar Mikrobiologi. Penerjemah R.S Hadioetomo, T. Imas, S.S Tjitrosomo, S.L Angka. UI Press. Jakarta
- Peduzzi, P. dan G.J Herndl. 1991. Decomposition and Significance of Seagrass Leaf Litter (*Cymodocea nodosa*) for The Microbial Food Web in Coastal Waters (Gulf of Trieste, Northern Adriatic Sea). Marine Ecology Progress Series Vol. 71: 163 – 174
- Prescott, L.M., J.P Haley, D.A. Klein. Microbiology Sixth Edition. Mc Graw-Hill Companies Inc. New York
- Prihatiningtias, W. 2006. Mikroba Endofit, Sumber Penghasil Antibiotik Yang Potensial. <http://www.dianing.blogspot.com/> . Diakses tanggal 24 Agustus 2007
- Raulerson, E. G. 2004. Leaf Litter Processing by Macrodetritivores in Natural and Restored Neotropical Mangrove Forest. Louisiana State University. Louisiana
- Soenarjo, N. 1999. Produksi Laju Dekomposisi Serasah Mangrove dan Hubungannya dengan Struktur Komunitas Mangrove di Kaliuntu Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Waluyo, L. 2005. Mikrobiologi Lingkungan. UMM Press. Malang

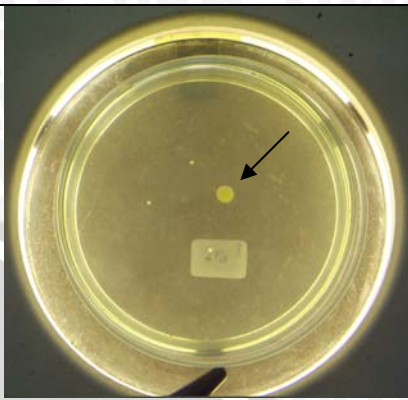
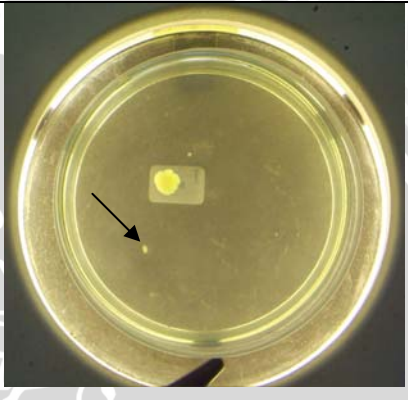
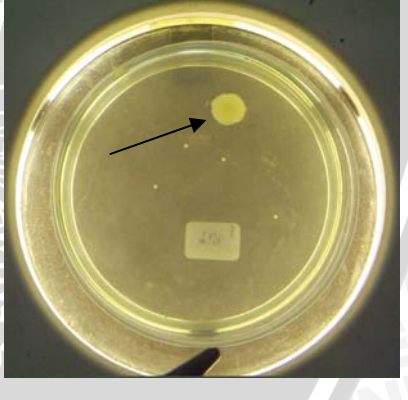
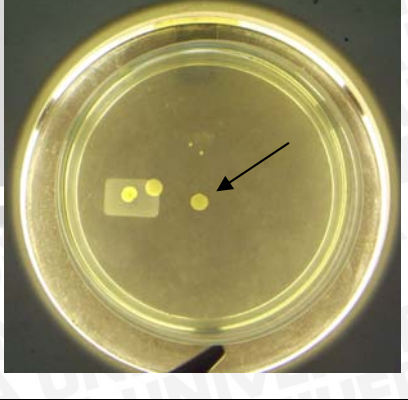
Lampiran 2. Tabel Karakter Isolat Berbagai Strain Bakteri Heterotrof

No	Kode strain	Ciri- ciri Koloni	Gambar
1	HM 1	Bentuk: Bundar dengan tepian karang Warna: krem Tepi: berombak Elevasi: timbul	
2	HM 2	Bentuk: Bundar dengan tepian menyebar Warna: Putih Tepi: Seperti wol Elevasi: Datar	
3	HM 3	Bentuk: Bundar Warna: Krem Tepi: Licin Elevasi: Cembung	

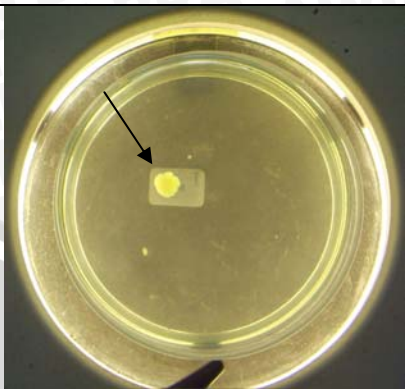
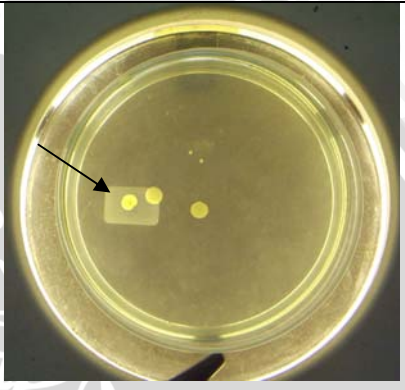
Lampiran 2. Lanjutan

4	HM 4	Bentuk: Bundar dengan tepian timbul Warna: Krem Tepi: Berombak Elevasi: Timbul	
5	HM 5	Bentuk: Bundar dengan tepian menyebar Warna: Putih Tepi: Berombak Elevasi: Datar	
6	HM 6	Bentuk: Bundar Warna: Krem Tepi: Licin Elevasi: Cembung	
7	HM 7	Bentuk: Bundar Warna: Krem Tepi: Berombak Elevasi: Datar	

Lampiran 2. Lanjutan

8	HM 8	Bentuk: Bundar Warna: Krem Tepi: Licin Elevasi: Timbul	
9	HM 9	Bentuk: Elips Warna: Krem Tepi: Llicin Elevasi: Datar	
10	HM 10	Bentuk: Konsentris Warna: Putih Tepi: Berombak Elevasi: Seperti tombol	
11	HM 11	Bentuk: Bundar Warna: Krem Tepi: Licin Elevasi: Timbul	

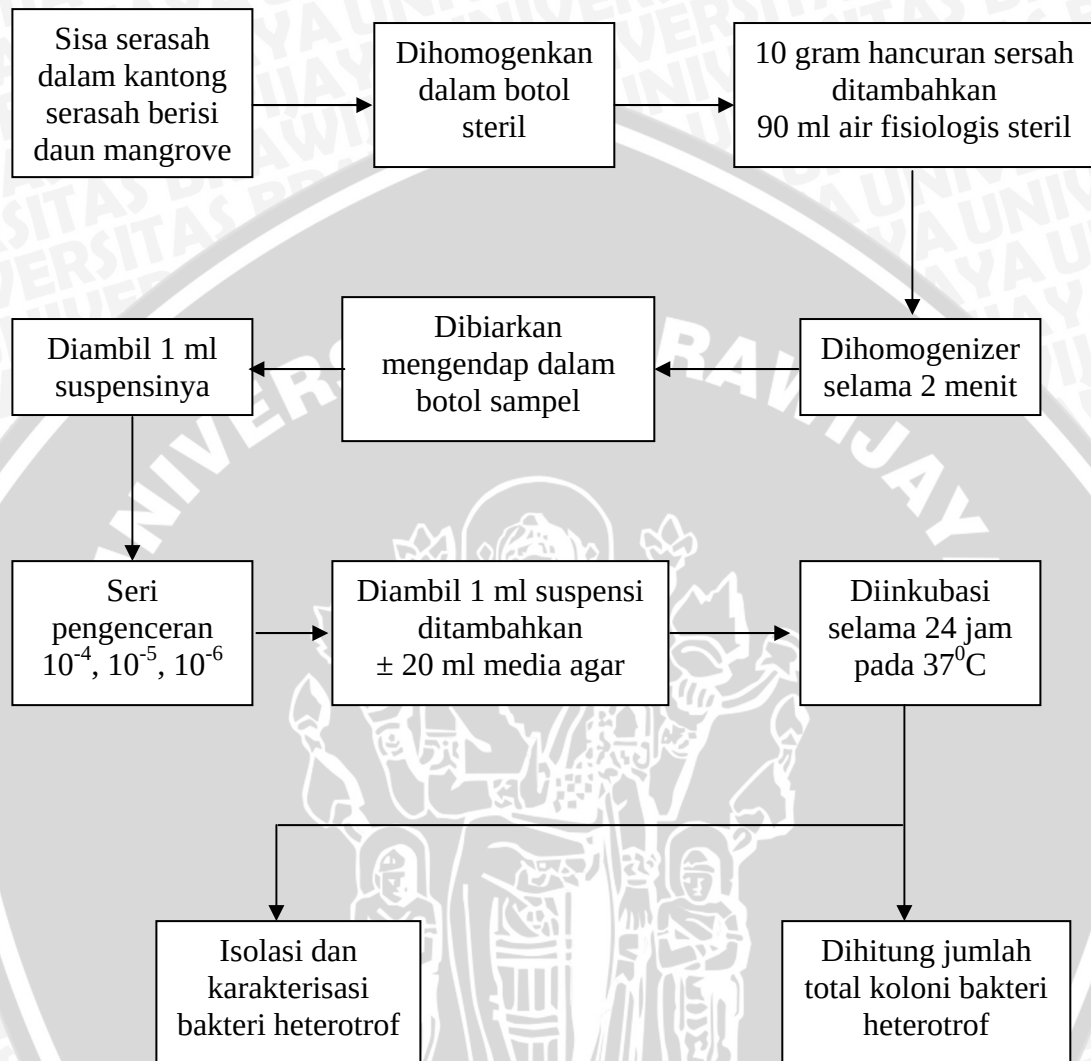
Lampiran 2. Lanjutan

12	HM 12	Bentuk: Tidak beraturan Warna: Krem Tepi: Berombak Elevasi: Seperti tombol	
13	HM13	Bentuk: Bundar Warna: Krem Tepi: Licin Elevasi: Seperti tombol	

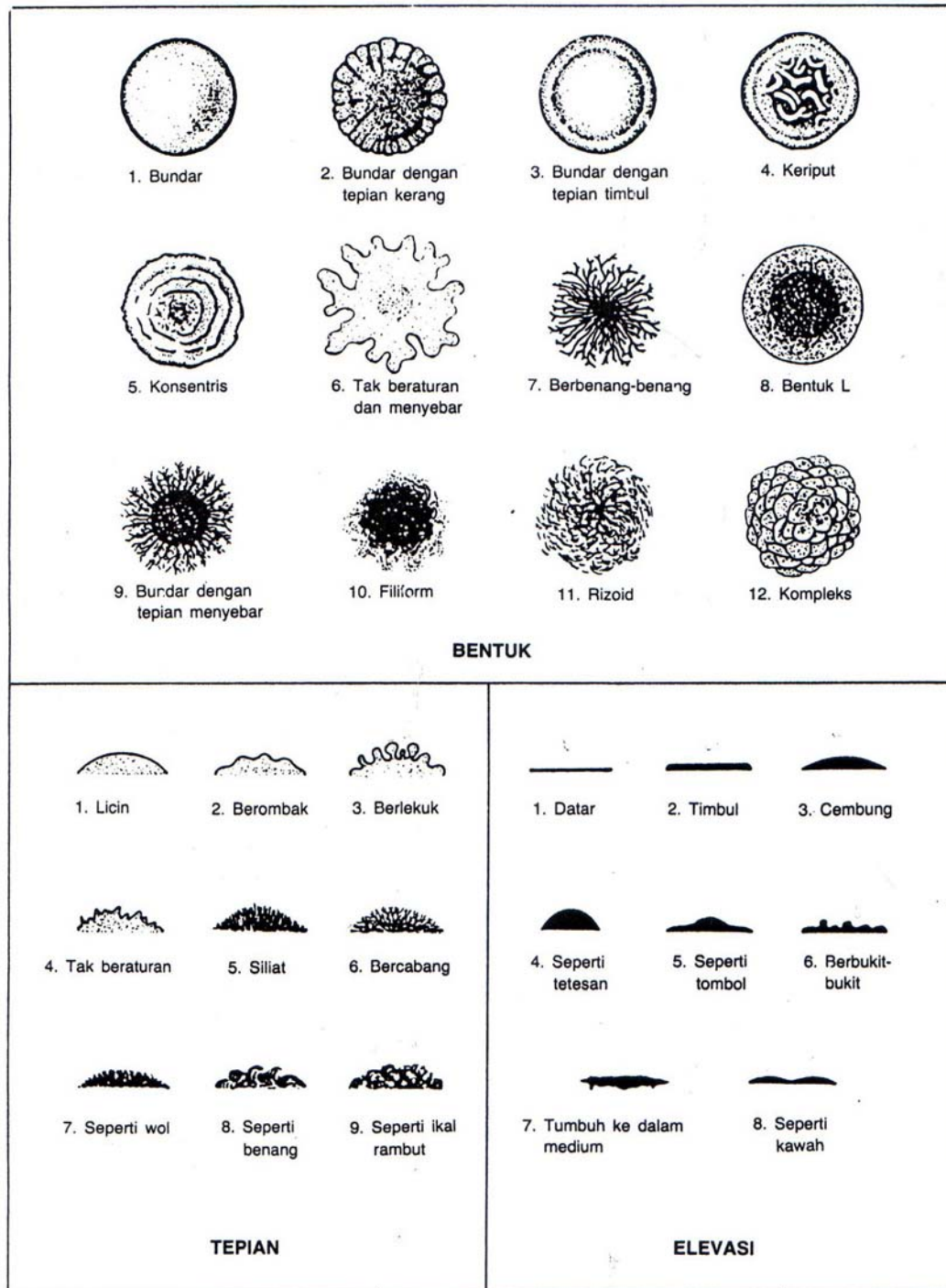
Keterangan:

HM : Heterotrofik Mangrove

Lampiran 3. Proses Penanganan dari Sampel Serasah Mangrove untuk Analisis Bakteri Heterotrof yang Berasosiasi dengan Proses Dekomposisi



Lampiran 4. Ciri-ciri Koloni Bakteri



(Hadioetomo, 1985)