

**PENGARUH KONSENTRASI CAMPURAN ISOLAT BAKTERI  
SEDIMEN MANGROVE TERHADAP DEKOMPOSISI  
SERASAH DAUN BAKAU (*Rhizophora mucronata* Lamk.)**

**OLEH**

**ENDANG AYU PATRIANINGSIH  
93 03 150**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2000**

**SKRIPSI**

**OLEH**

**ENDANG AYU PATRIANINGSIH**  
**93 03 150**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2000**

**PENGARUH KONSENTRASI CAMPURAN ISOLAT BAKTERI  
SEDIMEN MANGROVE TERHADAP DEKOMPOSISI  
SERASAH DAUN BAKAU (*Rhizophora mucronata* Lamk.)**

*Skripsi untuk Melengkapi Tugas Akhir dan  
Memenuhi Syarat untuk Mencapai  
Gelar Sarjana*

OLEH:

**ENDANG AYU PATRIANINGSIH**

**93 03 150**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2000**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH KONSENTRASI CAMPURAN ISOLAT BAKTERI  
SEDIMEN MANGROVE TERHADAP DEKOMPOSISI  
SERASAH DAUN BAKAU (*Rhizophora mucronata* Lamk.)

Disetujui

Oleh

Pembimbing Utama,



( Dra. Risco B. Gobel, M.S. )  
Nip. 131 785 082

Pembimbing Pertama



( Drs. As'Adi Abdullah )  
Nip. 131 864 161

Pembimbing Kedua



( Drs. Karunia Ali, M.Si )  
Nip. 131 803 229

Pada tanggal, .....

## ABSTRAK

Penelitian tentang Pengaruh Konsentrasi Campuran Isolat Bakteri Sedimen Mangrove terhadap Dekomposisi Serasah Daun Bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove terhadap dekomposisi serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) dan menentukan laju dekomposisinya secara *in vitro*.

Penelitian ini disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan membuat variasi konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove yang terdiri atas perlakuan A (Kontrol), B ( $1,2 \times 10^5$  sel /mL), C ( $2,4 \times 10^6$  sel/mL), D ( $3,6 \times 10^7$  sel/mL) dengan 3 ulangan. Data dianalisis dengan menggunakan analisis Sidik Ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi tertinggi campuran isolat bakteri sedimen mangrove terhadap serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) menyebabkan laju dekomposisi tertinggi pula pada akhir proses dekomposisi. Perlakuan D ( $3,6 \times 10^7$  sel/mL) memberikan kandungan unsur nitrogen (N) sebesar 2,11%, rasio C/N adalah 6,3:1, dan prosentase penguraiannya sekitar 46,22% dengan laju dekomposisi sebesar 1,94 g/minggu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa makin tinggi konsentrasi campuran isolat bakteri yang diberikan, makin tinggi pula kandungan unsur N dan laju dekomposisinya.

Kata Kunci: Bakteri, Dekomposisi, Serasah

## ABSTRACT

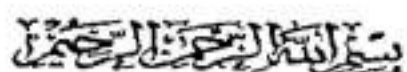
An investigation had been carried out on the concentration effects of mix culture bacteria from mangrove forest sediment's of the decomposition of Mangrove (*Rhizophora mucronata* Lamk.) leaves litter's. This investigation aimed to know concentration effect of mix culture bacteria from mangrove forest sediment's into decomposition of Mangrove (*Rhizophora mucronata* Lamk.) leaves litter's and determine decomposition rate of them with in vitro methods.

The research was arranged on the base of the Completely Randomized Design (CRD) with making concentration variant of mix culture bacteria from mangrove sediment to which consisting of A (the control), B ( $1,2 \times 10^5$  cells /cc), C ( $2,4 \times 10^6$  cells/cc), D ( $3,6 \times 10^7$  cells/cc) with three replication. The analyzed data was using Analysis of Variants (ANOVA) and followed Lest Significant Difference (LSD) test.

Result showed that the highest concentration of mix culture bacteria exposed to Mangrove (*Rhizophora mucronata* Lamk.) leaves litter's, so decomposition rate from end decomposition process highest too. The tried D symbol ( $3,6 \times 10^7$  cells/cc) concentration of mix culture bacteria from mangrove forest sediment's have N element is 2,11%, C/N 6,3:1, and decomposition result is 46,22% with decomposition rate is 1,94 g/week. So if concentration of mix culture bacteria high result element N and decomposition rate for end decomposition process have high either too.

Keyword: bacteria, decomposition, litter

## UCAPAN TERIMA KASIH



Alhamdulillah Rabbil'alamin, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas Kasih Sayang, Petunjuk dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan merampungkan skripsi ini. Tak lupa penulis kirimkan salam dan salawat atas junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian di laboratorium yang kemudian diperkuat dengan beberapa teori yang disadur dari beberapa literature. Skripsi ini juga merupakan salah satu syarat untuk Mencapai gelar Sarjana pada Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menghaturkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada Ibu Dra. Risco B. Gobel, MS selaku Pembimbing utama. Bapak Drs. As'Adi Abdullah selaku Pembimbing Pertama dan Bapak Drs. Karunia Ali, M.Si selaku Pembimbing Kedua, yang telah membimbing dan mengarahkan penulis sejak dari penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga selesainya penyusunan skripsi ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis khaturkan kepada:

- Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf.
- Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

- Bapak Drs. Muhtadin selaku penasehat akademik penulis yang senantiasa memberikan motivasi dan nasehat kepada penulis.
- Bapak Ir. Slamet Santosa, Ibu Dra. Silvana Tana, Bapak Drs. Robert Sutjianto, M.S. dan Bapak Drs. Muhtadin selaku dosen penguji.
- Ibu Dra. Zaraswaty Dwyana, Bapak Drs. Ambeng dan Ibu Ir. Winarni Monoarfa, M.S. yang telah banyak memberikan dorongan, arahan dan bimbingan kepada penulis.
- Eddyman W. Ferial, S.Si, M.Si. selaku koordinator seminar.
- Bapak-bapak dan Ibu-ibu Dosen serta Pimpinan Laboratorium dalam lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, terutama di Jurusan Biologi.

Terima kasih tak terhingga pula penulis sampaikan kepada rekan-rekan di Laboratorium Mikrobiologi: kak Yuli, Echi, kak Ai', Ardy, kak Ali, kak Lisa, kak Ahmad dan Pak Bahctiar atas bantuan dan kerjasama yang diberikan selama ini. Terkhusus buat Ija dan Naidah serta semua saudaraku seangkatan '93: Muli, Diah, Sri, Fate, Suci, Wati, Fitri, Muna, Wiwik dan adikku Ima, Ama, Asse, Jimo' serta kepada sobatku Nurliah, yang telah banyak memberikan bantuan, semangat dan kelapangan waktunya kepada penulis, karenanya penulis curahkan rasa terima kasih yang tak terhingga. Kepada seluruh rekan mahasiswa yang tak sempat penulis tuliskan satu-persatu atas kerjasama yang diberikan selama penelitian ini, dan kepada analis : Anti dan Is yang turut membantu penulis selama melaksanakan penelitian.



Sembah sujud dan rasa terima kasih tak terbatas penulis khaturkan kepada Papa dan Mama tersayang yang telah melimpahkan kasih sayang dan do'a yang selalu mengiringi setiap langkah dan aktifitas penulis, dan kepada yang tercinta: Enny, Adda dan Imma yang telah banyak memberikan perhatian, do'a dan semangat kepada penulis.

Semua yang telah penulis terima sungguh tak terbalas hanya dengan ucapan terima kasih, semoga Allah SWT membalas jasa-jasa dan budi baik mereka.

Dengan Segala kerendahan hati dan keterbatasan penulis, skripsi yang sederhana ini penulis persembahkan buat Almamater tercinta Universitas Hasanuddin, semoga hasil yang tertuang di dalamnya dapat memberikan manfaat bagi kita semua, betapapun kecilnya. Amien Ya Rabbil 'Alamin

Makassar, Februari 2000

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH .....	vii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Maksud Penelitian .....	3
I.3 Tujuan Penelitian .....	3
I.4 Hipotesis .....	3
I.5 Waktu dan Tempat Penelitian .....	3
I.6 Kegunaan Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
II.1 Tinjauan Umum Hutan Mangrove .....	4
II.1.1 Pengertian Hutan Mangrove .....	4
II.1.2 Karakteristik, Adaptasi dan Zonasi .....	6
II.1.3 Manfaat Hutan Mangrove .....	8

	II.1.4	Morfologi dan Klasifikasi <i>Rhizophora mucronata</i> Lamk. ....	9
	II.2	Tinjauan Umum Bakteri Sedimen Hutan Mangrove .....	10
	II.3	Dekomposisi Serasah .....	11
BAB III		ALAT, BAHAN DAN METODE KERJA .....	14
	III.1	Alat .....	14
	III.2	Bahan .....	15
	III.3	Metode Kerja .....	16
	III.3.1	Persiapan dan Sterilisasi .....	16
	III.3.2	Pembuatan Medium .....	17
	III.3.3	Pengambilan Sampel .....	24
	III.3.4	Isolasi dan Pengujian Bakteri .....	25
	III.3.5	Pembuatan Suspensi Bakteri .....	32
	III.3.6	Dekomposisi Serasah .....	33
	III.3.7	Rancangan Penelitian .....	33
	III.3.8	Pengamatan .....	34
	III.3.9	Analisis Data .....	35
BAB IV		HASIL DAN PEMBAHASAN .....	36
	IV.1	Hasil .....	36
	IV.1.1	Bakteri Sedimen Mangrove .....	36
	IV.1.2	Berat Kering .....	38
	IV.1.3	Laju Dekomposisi .....	39
	IV.1.4	Jumlah Bakteri .....	40

IV.1.5 Kandungan Unsur Karbon .....	41
IV.1.6 Kandungan Unsur Nitrogen .....	42
IV.1.7 Rasio C/N .....	43
IV.1.8 pH, Suhu dan Kelembaban .....	43
IV.2 Pembahasan .....	46
IV.2.1 Bakteri Sedimen Mangrove .....	46
IV.2.2 Berat Kering .....	49
IV.2.3 Laju Dekomposisi .....	50
IV.2.4 Jumlah Bakteri .....	53
IV.2.5 Hubungan Karbon dan Nitrogen dalam Dekomposisi .....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	67
V.1 Kesimpulan .....	67
V.2 Saran .....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pola peletakan rancangan penelitian .....	34
2. Morfologi bakteri pada medium selektif .....	37
3. Grafik jumlah bakteri per minggu selama proses dekomposisi untuk perlakuan A .....	54
4. Grafik jumlah bakteri per minggu selama proses dekomposisi untuk perlakuan B .....	55
5. Grafik jumlah bakteri per minggu selama proses dekomposisi untuk perlakuan C .....	56
6. Grafik jumlah bakteri per minggu selama proses dekomposisi untuk perlakuan D .....	57
7. Kondisi fisik serasah daun bakau ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lamk.) setelah proses dekomposisi .....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jumlah kuantitatif bakteri berdasarkan metode Standard Plate Count (SPC) .....	36
2. Hasil uji Beda Nyata Terkecil terhadap berat kering serasah daun bakau setelah proses dekomposisi selama 8 minggu .....	39
3. Hasil uji Beda Nyata Terkecil terhadap laju dekomposisi serasah daun bakau setelah proses dekomposisi .....	39
4. Rata-rata jumlah bakteri per minggu dalam proses dekomposisi .....	40
5. Hasil uji Beda Nyata Terkecil terhadap jumlah bakteri setelah proses dekomposisi serasah daun bakau selama 8 minggu .....	41
6. Hasil analisis unsur Karbon (C-organik) serasah daun bakau sebelum dan setelah proses dekomposisi selama 8 minggu .....	42
7. Hasil analisis unsur Nitrogen (N) serasah daun bakau sebelum dan setelah proses dekomposisi selama 8 minggu .....	42
8. Nilai rasio C/N serasah daun bakau sebelum dan setelah proses dekomposisi selama 8 minggu .....	43
9. Hasil pengukuran pH, suhu dan kelembaban dalam proses dekomposisi .....	44
10. Hasil pengukuran suhu dan kelembaban lingkungan luar .....	44
11. Rata-rata suhu tumpukan per minggu dalam proses dekomposisi (°C)....	45
12. Rata-rata kelembaban tumpukan per minggu dalam proses dekomposisi (%) .....	45
13. Rata-rata derajat keasaman (pH) tumpukan per minggu dalam proses dekomposisi .....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1a. Pertumbuhan dan ciri morfologi isolat bakteri sedimen mangrove pada medium selektif pendegradasi selulosa .....	70
1b. Pertumbuhan dan ciri morfologi isolat bakteri sedimen mangrove pada medium selektif pendegradasi xilan .....	70
1c. Pertumbuhan dan ciri morfologi isolat bakteri sedimen mangrove pada medium selektif pendegradasi lignin .....	71
1d. Pertumbuhan isolat bakteri sedimen mangrove pada medium pembenihan dan medium serbuk serasah daun bakau .....	71
1e. Hasil uji biokimia isolat bakteri sedimen mangrove .....	72
2a. Berat kering serasah daun bakau sebelum proses dekomposisi (gram)....	73
2b. Analisis sidik ragam berat kering serasah daun bakau sebelum proses dekomposisi .....	73
3a. Berat kering serasah daun bakau setelah proses dekomposisi selama 8 minggu (gram) .....	74
3b. Analisis sidik ragam berat kering serasah daun bakau setelah proses dekomposisi .....	74
4a. Laju dekomposisi serasah daun bakau selama proses dekomposisi (gram / 8 minggu) .....	75
4b. analisis sidik ragam berat kering serasah daun bakau sesudah proses dekomposisi .....	75
4c. Prosentase penguraian serasah daun bakau selama proses dekomposisi .....	75
5a. Jumlah bakteri sebelum proses dekomposisi ( $i \times 10^7$ sel/mL) .....	76
5b. Analisis sidik ragam jumlah bakteri sebelum proses dekomposisi .....	76
6a. Jumlah bakteri setelah proses dekomposisi ( $i \times 10^7$ sel/mL) .....	77

6b.	Analisis sidik ragam jumlah bakteri setelah proses dekomposisi .....	77
7a.	Kandungan unsur karbon serasah daun bakau sebelum dekomposisi (%) .....	78
7b.	Analisis sidik ragam kandungan unsur karbon serasah daun bakau sebelum proses dekomposisi .....	78
8a.	Kandungan unsur karbon serasah daun bakau setelah proses dekomposisi (%) .....	79
8b.	Analisis sidik ragam kandungan unsur karbon serasah daun bakau setelah proses dekomposisi .....	79
9a.	Kandungan unsur nitrogen serasah daun bakau sebelum proses dekomposisi (%) .....	80
9b.	Analisis sidik ragam kandungan unsur karbon serasah daun bakau sebelum proses dekomposisi .....	80
10a.	Kandungan unsur nitrogen serasah daun bakau setelah proses dekomposisi (%) .....	81
10b.	Analisis sidik ragam kandungan unsur nitrogen serasah daun bakau setelah proses dekomposisi .....	81
11a.	Jumlah kuantitatif bakteri air berdasarkan "Standard Plate Count" (SPC) .....	82
11b.	Hasil pengukuran parameter lingkungan saat pengambilan sampel .....	82
12.	Metode analisis tanaman terhadap kandungan unsur karbon (C-organik) secara Walkley-Black .....	83
13.	Metode analisis tanaman terhadap kandungan unsur nitrogen secara Mikro-Kjeldahl .....	84
14.	Komposisi medium, reagensia dan indicator .....	85
15a.	Peletakan proses dekomposisi untuk masing-masing perlakuan dengan pola peletakan secara acak .....	91
15b.	Lokasi pengambilan sampel .....	91



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Hutan mangrove atau hutan pasang surut merupakan salah satu ekosistem besar dalam biosfer. Kira-kira 60-75% garis pantai daerah ditutupi oleh tipe ekosistem mangrove. Hutan mangrove dikenal pula sebagai ekosistem yang dinamis karena tumbuhan mangrove memiliki daya adaptasi morfologi yang tinggi dan mampu menahan dan menghimpun sedimen yang terbawa dari sungai maupun dari laut, kemudian mangrove akan berkembang dan mengikuti sedimen yang telah tertahan oleh akar-akar tumbuhan mangrove <1,2>.

Hutan mangrove juga memiliki peranan ekologis yang sangat penting terutama bagi ekosistem perairan yang didasarkan pada produksi bahan organik berupa serasah yang dihasilkan oleh tumbuhan mangrove terutama serasah daun. Serasah mangrove yang jatuh pada lantai hutan mangrove mengalami dekomposisi secara alamiah. Serasah yang telah terurai melalui proses dekomposisi merupakan sumber utama karbon dan nitrogen, baik bagi ekosistem hutan mangrove maupun ekosistem sekitarnya yang menjadi sumber makanan bagi berbagai jenis organisme pada ekosistem tersebut <3>.

Dekomposisi didefinisikan sebagai suatu proses penguraian material menjadi unsur-unsurnya. Dekomposisi bahan organik menunjukkan biodegradasi material organik yang berlangsung dengan bantuan agen biologi, khususnya mikroorganisme. Mikroorganisme menguraikan bahan-bahan organik menjadi unsur-unsur yang lebih

sederhana atau mineralisasi material kompleks menjadi senyawa anorganik sederhana seperti karbondioksida, air dan mineral <4>.

Berbagai mikroorganisme berperan penting terhadap degradasi serasah pada hutan mangrove yang mengandung bahan-bahan organik sehingga ekosistem hutan mangrove dan ekosistem sekitarnya mempunyai produktivitas yang tinggi. Bakteri merupakan salah satu mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi serasah mangrove terutama yang terdapat pada sedimen. Penguraian serasah tersebut selalu diiringi oleh produksi unsur-unsur hara. Makin cepat terjadi dekomposisi makin banyak pula unsur-unsur hara yang dihasilkan. Unsur-unsur hara tersebut dapat digunakan sebagai nutrisi bagi organisme yang hidup pada ekosistem hutan mangrove maupun bagi ekosistem sekitarnya. Selain itu pendayagunaan hasil dekomposisi serasah ini dapat pula berfungsi sebagai pupuk organik bagi daerah pertambangan atau perikanan dan pertanian <5,6>.

Proses dekomposisi serasah mangrove seperti serasah daun, ranting dan buah telah banyak diteliti secara alamiah, seperti yang telah dilakukan oleh Sediadi (1986), Khoirijon (1991) dan Steinke (1983). Dari hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa serasah mangrove yang paling cepat terurai adalah serasah berupa daun. Sedangkan proses dekomposisi serasah mangrove secara *in vitro* belum banyak dilakukan <3,7,8>.

Berdasarkan hal-hal tersebut, maka dilakukanlah suatu penelitian tentang proses dekomposisi serasah daun bakau (*Rhizophora mangle* Lamk.) dengan pemberian variasi konsentrasi campuran isolat bakteri yang berasal dari sedimen hutan mangrove itu sendiri.

## **I.2 Maksud Penelitian**

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri sedimen mangrove dalam menguraikan serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) selama proses dekomposisi.

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian variasi konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove terhadap dekomposisi serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) dan menentukan laju dekomposisinya secara *in vitro*

## **I.4 Hipotesis**

Variasi konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove menyebabkan laju dekomposisi yang berbeda.

## **I.5 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret hingga Agustus 1999 di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Sampel sedimen dan sampel serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) diambil dari hutan mangrove di pesisir sungai Tallo Kotamadya Makassar.

## **I.6 Kegunaan Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah tentang pemanfaatan bakteri sedimen mangrove dalam mempercepat proses dekomposisi serasah.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II. 1 Tinjauan Umum Hutan Mangrove

##### II.1.1 Pengertian Hutan Mangrove

Hutan mangrove merupakan tipe hutan yang khas di daerah tropik dan subtropik di sepanjang pantai atau muara yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Sering pula disebut hutan pantai, hutan pasang surut, hutan payau atau hutan bakau. Untuk menghindari kekeliruan akan istilah-istilah tersebut maka pengertian hutan mangrove ini perlu dipertegas <6>.

Kata mangrove terdiri atas dua kata yaitu *mangue* dan *grove*. Kata *mangue* berasal dari bahasa Portugis yang berarti pohon sedangkan kata *grove* berasal dari bahasa Inggris yang berarti belukar atau hutan kecil. Dalam bahasa Inggris kata mangrove merupakan serangkaian kata yang berarti bakau. Sedangkan bakau dalam bahasa Indonesia diartikan sebagai hutan pantai yang didominasi oleh tumbuhan yang hanya termasuk dalam marga *Rhizophora*. Dewi, dkk. (1996) dalam Wijaya (1999) mengemukakan bahwa kata mangrove dalam bahasa Inggris digunakan untuk komunitas hutan atau semak yang tumbuh di pantai atau pulau walaupun beberapa spesies lain berasosiasi di dalamnya. Sedangkan dalam bahasa Portugis umumnya kata mangrove digunakan untuk spesies secara individu dan untuk komunitas hutan yang terdiri dari spesies secara individu dan untuk komunitas hutan yang terdiri dari spesies tumbuhan <9>.

Menurut Undang-undang No. 5 Tahun 1967 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Kehutanan, hutan mangrove terdiri dari dua kata yaitu hutan dan mangrove. Hutan adalah suatu lapangan tetumbuhan pohon-pohon yang secara keseluruhan merupakan persekutuan hidup alam hayati beserta alam lingkungannya dan yang ditetapkan oleh Pemerintah sebagai hutan. Sedangkan arti kata mangrove adalah vegetasi hutan yang tumbuh di antara garis pasang surut, tetapi mereka juga dapat tumbuh pada pantai karang, pada dataran koral mati yang di atasnya ditimbuni selapis tipis pasir atau ditimbuni lumpur atau pantai berlumpur <10>.

Menurut Surat Keputusan Direktur Jenderal Kehutanan No. 60/Kpts/DJ/I/1978 tentang Pedoman Silvikultural Hutan Mangrove, yang dimaksud dengan hutan mangrove adalah tipe hutan yang terdapat di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut <11>. Anwar, dkk. (1984) mengemukakan bahwa istilah "mangrove" digunakan sebagai pengganti istilah bakau untuk menghindari kemungkinan salah pengertian dengan hutan yang didominasi oleh pohon bakau *Rhizophora spp.* <12>.

Tomlinson (1986) dan Nybakken (1988) lebih cenderung menyamakan hutan bakau dengan mangrove. Hutan bakau atau mangal adalah sebutan umum yang digunakan untuk menggambarkan suatu varietas komunitas pantai tropik yang didominasi oleh beberapa spesies pohon-pohon yang khas atau semak-semak yang mempunyai kemampuan untuk tumbuh dalam perairan asin. "Bakau" adalah tumbuhan daratan berbunga yang mengisi kembali pinggiran laut. Sebutan bakau ditunjukkan untuk semua individu tumbuhan, sedangkan mangal ditunjukkan bagi

seluruh komunitas atau assosiasi komunitas atau assosiasi yang didominasi oleh tumbuhan ini <13,14>.

Hutan mangrove disebut juga hutan payau karena tumbuh di daerah payau <10>. Bratamiharja (1991) mengemukakan bahwa hutan payau adalah hutan yang terdapat di daerah pantai yang selalu atau secara teratur digenangi oleh air laut serta dipengaruhi pasang surut. Vegetasi hutan payau didominasi oleh *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Bruguiera*, *Avicennia* dan lainnya <15>.

Nontji (1993) mengemukakan bahwa istilah mangrove digunakan untuk segala tumbuhan yang hidup di lingkungan yang khas ini, karena di hutan tersebut bukan hanya jenis bakau yang ada maka istilah mangrove lebih populer digunakan untuk merujuk pada tipe hutan ini. Sedangkan istilah hutan bakau hendaknya digunakan hanya untuk tumbuhan tertentu saja yaitu dari marga *Rhizophora*. Semua tumbuhan dalam hutan ini saling berinteraksi dengan lingkungannya, baik yang bersifat biotik maupun abiotik serta seluruh sistem yang saling bergantung membentuk suatu ekosistem yang disebut ekosistem mangrove <6>.

Mangrove di Indonesia dikenal mempunyai keragaman jenis yang tinggi baik yang berupa pohon, perdu, epifit ataupun parasit. Beberapa contoh mangrove yang berupa pohon antara lain adalah *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Sonneratia*, *Avicennia* dan *Xylocarpus*. *Rhizophora* merupakan marga yang dominan dijumpai dalam ekosistem ini <6>.

### II.1.2 Karakteristik, Adaptasi dan Zonasi

Tanah hutan mangrove memiliki salinitas yang tinggi dan sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Oleh karena itu, tumbuhan mangrove sangat dipengaruhi

oleh perubahan salinitas. Tumbuhan mangrove mempunyai sejumlah bentuk khusus yang sangat memungkinkan untuk hidup pada kondisi tersebut. Daun-daunnya yang kuat, tebal, mengandung banyak air dan dilapisi oleh kutikula yang tebal dan bulu-bulu epidermal yang terdapat pada sisi bawah daun. Demikian pula stomata yang umumnya terdapat pada sisi bawah daun. Beberapa tumbuhan mangrove mempunyai kelenjar garam untuk menjaga keseimbangan osmotik <13,14>.

Kemampuan tumbuhan mangrove beradaptasi terhadap lingkungan yang khas, seperti adanya pasang surut air laut, fluktuasi salinitas, perairan yang berlumpur tebal dan anaerobik, sangat ditunjang oleh adanya adaptasi morfologi, misalnya pada sistem perakaran yang khas yang membantu dalam pertukaran gas. Bentuk seperti ini dapat dijumpai seperti akar tunjang *Rhizophora*, akar lutut pada *Bruguiera* dan akar pasak pada *Avicennia* <6>.

Salah satu bentuk adaptasi yang lain pada tumbuhan mangrove yaitu pada sistem reproduksinya. Benih ketika masih pada tumbuhan induk, berkecambah dan mulai tumbuh di dalam semaian tanpa mengalami istirahat. Selama waktu itu, semaian memanjang dan distribusi beratnya berubah sehingga lebih berat pada bagian terluar akhirnya lepas dari induk dan jatuh ke permukaan air. Kemudian dibawa oleh aliran air sampai memasuki perairan yang cukup dangkal di mana ujung akarnya dapat mencapai dasar. Akar akan dijulurkan dan dipancangkan kemudian tumbuh terus menjadi sebuah pohon <14>.

Komposisi spesies pada hutan mangrove dapat dibedakan atas beberapa zona. Zona-zona ini ditentukan oleh beberapa faktor seperti salinitas, drainase dan frekuensi

lamanya tergenang dalam air. Umumnya tiap zona disebut berdasarkan spesies yang dominan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Haan (1935) dalam Sugiarto (1984) mengenai pengaruh penggenangan dan salinitas terhadap komposisi spesies bakau di Cilacap, maka zonasi hutan bakau dapat dikelompokkan dalam 6 kelas, yaitu:

Kelas 1. Salinitas 10-30‰, digenangi air selama 1 atau 2 hari dalam 20 hari per bulan, yang didominasi oleh *Avicennia*, *Sonneratia* dan *Rhizophora*, sebagai zona terluar.

Kelas 2. Salinitas 10-30‰, digenangi air selama 10-19 hari per bulan, yang didominasi oleh *Bruguiera*, *Gymnorhiza*, sebagai zona pertengahan.

Kelas 3. Salinitas 10-30‰, lama penggenangan 9 hari atau lebih singkat per bulannya. *Xylocarpus* dan *Heritiera* tumbuh di sini sebagai zona ketiga.

Kelas 4. Salinitas 10-30‰, digenangi air hanya beberapa hari dalam setahun. *Bruguiera*, *Scyphophora* dan *Lumnitzera* tumbuh baik sebagai zona yang lebih dalam.

Kelas 5. Salinitas 0‰, sangat sedikit dipengaruhi pasang surut.

Kelas 6. Salinitas 0‰, hanya dipengaruhi oleh air selama musim hujan.

Kelas 5 dan 6 menunjukkan zona transisi antara hutan payau dan hutan bakau. Pada zona ini tumbuh baik *Cerebra* dan *Oncosperma* <16>.

### **II.1.3 Manfaat Hutan Mangrove**

Berbagai tumbuhan dari hutan mangrove dimanfaatkan untuk bermacam keperluan. Produk hutan mangrove antara lain digunakan untuk kayu bakar, bahan



penyamak, bahan perabot, bahan konstruksi bangunan, obat-obatan dan bahan untuk industri kertas. Kawasan hutan mangrove juga sering dialihkan fungsinya menjadi tambak, lahan pertanian atau daerah pemukiman. Berbagai macam hewan primata, reptil, amphibia, aves dan organisme lainnya, hidupnya tergantung pada habitat ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Hutan bakau juga memberikan arti penting bagi ekosistem perairan di sekitarnya terutama karena adanya bahan organik dari luruhan serasah tumbuhan mangrove yang sangat penting dalam rantai makanan <6>.

Fungsi lain dari hutan mangrove yang didasarkan pada sistem perakarannya adalah melindungi garis pantai, menahan sedimen dan menstabilkan tepi-tepi sungai <6,13>.

#### **II.1.4 Morfologi dan Klasifikasi *Rhizophora mucronata* Lamk.**

Secara morfologi, *Rhizophora mucronata* Lamk. memiliki habitus bentuk pohon, tinggi 4-30 meter. Batang dan cabang seringkali berakar udara atau berakar tunjang yang bercabang. Percabangan simpodial. Daun berhadapan, bertangkai, tunggal, berbentuk eliptis lebar sampai memanjang (oblongus), pangkal berbentuk baji, ujung tulang daun berbentuk runcing, petiolus 1,5-5 cm. Mempunyai daun penumpu yang besar, cepat rontok dan meninggalkan bekas berbentuk seperti cincin <17>.

Susunan klasifikasi dari bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) dalam taksonomi tumbuhan <18> adalah sebagai berikut:

- Regnum : Plantae
- Divisio : Spermatophyta
- Subdivisio : Angiospermae

Classis	: Dicotyledoneae
Subclassis	: Dialypetalae
Ordo	: Myrtales
Familia	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Rhizophora</i>
Species	: <i>Rhizophora mucronata</i> Lamk.

## II.2 Tinjauan Umum Bakteri Sedimen Hutan Mangrove

Penyebaran bakteri sangat luas pada daerah ini karena menetap pada air dan lumpur <19>. Sedimen hutan mangrove yang berupa kumpulan lumpur berasal dari partikel sedimen yang mengendap dan berkumpul pada dasar substrat, dimana terjadi sirkulasi interstitial yang minimal dan jumlah bakteri yang banyak <14>. Keberadaan bakteripun sangat dipengaruhi oleh fluktuasi salinitas. Jika air pasang kemungkinan besar bakteri berasal dari air laut sedangkan bila surut berasal dari air tawar dan dari daratan <20>.

Bakteri ini dapat tumbuh dengan baik pada media air tawar maupun media air laut. Zobell dan Upham (1944) mengemukakan hasil isolasi yang sama terhadap bakteri estuaria yang diisolasikan pada media air tawar maupun media air laut, dengan prosentase sekitar 80-95%. Beberapa bakteri laut yang anaerob fakultatif tumbuh lebih baik dalam keadaan aerob, relatif aerob obligat dan lebih sedikit yang anaerob obligat <19>.


Beberapa genus bakteri yang telah diinventarisir oleh Syam (1990) dari sedimen hutan mangrove antara lain diperoleh *Vibrio*, *Escherichia*, *Enterobacter*,

*Moraxella*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Actinomyces* dan *Staphylococcus* <21>. Soedarsono dalam Syam (1990) menyatakan bahwa bakteri *Vibrio*, *Bacillus*, *Actinomyces* dan *Flavobacterium* dapat menguraikan bahan-bahan organik seperti sellulosa, pektin, lignin dan kitin serta dapat mengoksidasi amoniak <21>.

### II.3 Dekomposisi Serasah

Daun bakau dan serasah mangrove lainnya seperti buah, ranting dan bunga berguguran dan dihancurkan oleh kepiting (makroorganisme), bakteri dan jamur (mikroorganisme) menjadi bagian-bagian yang kecil dan merupakan bahan yang kaya akan nitrogen dan fosfor <12>. Serasah yang dihasilkan oleh tumbuhan mangrove dan mempunyai jumlah yang lebih besar adalah serasah berupa daun. Pada tumbuhan dewasa, daun-daunan dan ranting-rantingnya merupakan bagian tumbuhan yang tinggi kandungan sellulosanya. Sellulosa dapat dikatakan menonjol dalam bahan-bahan berserat dan berkayu seperti jerami, rumput dan serat kapas. Selain sellulosa terdapat pula hemisellulosa, lignin, protein dan unsur nitrogen lainnya <3,22>. Bahan-bahan organik seperti sellulosa, lignin dan hemisellulosa dapat disinyalir keberadaanya dalam serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.).

Sellulosa merupakan komponen dasar dari tumbuhan dan melampaui zat-zat alamiah lainnya yang berkisar 40-70%. Sellulosa dapat didekompos dengan mudah dan cepat hanya oleh organisme tertentu yang spesifik antara lain adalah bakteri. Mekanisme pembongkaran sellulosa oleh berbagai mikroorganisme tergantung atas sifat atau keadaan organisme dan kondisi dekomposisi. Bakteri aerob dan cendawan membongkar sellulosa dengan sempurna dan hanya menghasilkan karbondioksida, pigmen tertentu



dan sejumlah substansi sel mikrobial. Sekitar 30-40% diubah ke dalam bahan sel <22>.

Bakteri *Cytophaga* dan *Sporocytophaga* sangat aktif mendekomposisi selulosa. Ostertag (1950) mengemukakan bahwa bakteri tersebut dapat merombak hampir seluruh komponen selulosa yang ada pada perairan Elbe, sedangkan fungi tidak begitu penting peranannya <19>.

Hemisellulosa merupakan karbohidrat yang paling luas tersebar di alam (setelah selulosa) dengan kisaran 30%, yang juga disebut xilan. Hemisellulosa terdiri dari pentosa (arabinosa, xilosa) atau heksosa (glukosa, manosa, galaktosa) maupun asam uronat. Hemisellulosa berfungsi sebagai bahan cadangan makanan. Xilan dapat diuraikan oleh sejumlah besar mikroorganisme dan bakteri yang dapat memproduksi xilanase. *Sporocytophaga myxococcoides* menguraikan selulosa hanya kalau ada persinggungan langsung dengan benang-benang selulosa mengeskresi xilanase <19>.

Beberapa bakteri yang cepat mendekomposisi dan memanfaatkan hasil penguraian hemisellulosa antara lain adalah *Bacillus*, *Cytophaga*, *Erwinia* dan *Pseudomonas* <20>. Kusnezow (1959) menyatakan dekomposisi hemisellulosa secara anaerob oleh *Clostridium tertium* menghasilkan hidrogen, CO<sub>2</sub> dan asam-asam lemak juga membentuk sekelompok zat penyusun sel mikrobial <19, 22>.

Selain selulosa dan hemisellulosa. Lignin merupakan komponen terpenting dari tumbuhan. Kadar lignin bervariasi antara 18-30% berat kering, yang secara biologik paling lambat diurai oleh mikroba <23>. Dalam kondisi aerobik lignin tidak sepenuhnya bertahan dalam dekomposisi, tetapi berangsur-angsur akan teroksidasi. Namun oleh basidiomiset dapat menguraikan lignin dalam tumbuhan yang masih

hidup. Fungi yang terutama menguraikan lignin adalah *Polystictus versicolor* dan *Stereum hirsutum* <22, 23>.

Tidak ada keraguan bahwa lignin tidak diuraikan oleh bakteri. Penguraian oleh bakteri berlangsung demikian lambat. Beberapa bakteri pengurai lignin seperti *Pseudomonas*, *Flavobacterium* dan *Agrobacterium*. Lignin lebih cepat dan lebih sempurna terurai oleh biak campuran daripada biakan tunggal <23>.

## BAB III

### ALAT, BAHAN DAN METODE KERJA

#### III.1 Alat

Alat-alat yang digunakan adalah :

- Botol plastik
- Botol pengenceran
- Erlenmeyer
- Cawan petri
- Tabung reaksi
- Timbangan O'Haus
- Sendok tanduk
- Aluminium foil
- Oven
- Otoklaf
- Inkubator
- Hemositometer
- Mikroskop
- Spoit
- Corong
- Ose bulat
- Gelas benda
- Gelas penutup

- Penyemprot
- Polibag
- Lampu spritus
- Termometer
- Higrometer
- Soil tester
- Salinometer
- Indikator pH universal

### **III.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan adalah :

- Sedimen mangrove
- Serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) :
- Isolat bakteri sedimen mangrove
- Air suling
- Alkohol 96%
- Spritus
- Medium Nutrien Broth (NB)
- Medium Nutrien Agar (NA)
- Medium Agar Ekstrak Sedimen (AES)
- Medium Selektif Pendegradasi Sellulosa
- Medium Selektif Pendegradasi Xilan
- Medium Selektif Pendegradasi Lignin

- Medium Eosin Methylen Blue Agar (EMBA)
- Medium *Pseudomonas aeromonas* Selective Agar Base (PSAEAB)
- Medium Brain Heart Infusion Agar (BHIA)
- Medium Vogel Johnson Agar (VJA)
- Medium Dextrose Tryptone Agar (DTA)
- Medium Thiosulfat Citrate Bile Surese Agar (TCBSA).
- Medium Sulfite Indole Motile Agar (SIMA)
- Medium Methyl Red – Voges Proskauer (MR-VP).
- Medium Simmon Citrat Agar (SCA)
- Medium Triple Sugar Iron Agar (TSIA)
- Medium Urea Broth
- Medium Oksidasi Fermentase Karbohidrat
- Cat Pewarnaan Gram
- Cat Pewarnaan Spora

### III.3 Metode Kerja

#### III.3.1 Persiapan dan Sterilisasi

Seluruh peralatan yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu. Alat-alat yang terbuat dari gelas direndam dan dicuci hingga bersih dengan menggunakan deterjen lalu dibilas dan dikeringkan. Cawan petri dan alat-alat gelas lainnya dibungkus dengan kertas dan disterilkan dalam oven pada suhu 180°C selama 2 jam. Alat-alat lain yang terbuat dari plastik seperti spuit disterilkan dalam otoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit dengan tekanan 2 Atmosfer.



Alat-alat inokulasi seperti ose disterilkan dengan memijarkan pada api bunsen selama 1 menit. Alat-alat seperti rak tabung dan enkas sebelum digunakan terlebih dahulu disterilkan dengan menggunakan alkohol 96%.

### **III.3.2 Pembuatan Medium**

#### *III.3.2.1 Medium Umum*

##### **A. Agar Ekstrak Sedimen (AES) <25>**

- Bahan – bahan    16,5 g
- Ekstrak Sedimen   100 mL
- Air Suling         900 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak diperlukan lalu dilarutkan dengan air suling, kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, pH diatur sampai  $7,0 \pm 0,2$ , kemudian disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer.

##### **B. Nutrien Agar (NA)**

- Bahan – bahan    23 g
- Air Suling         1000 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan lalu dilarutkan dengan air suling, kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, pH diatur sampai  $7,0 \pm 0,2$  dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Disterilkan dalam otoklaf pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer selama 15 menit. Disiapkan sebagai agar miring.



## B. Medium Selektif Bakteri Pendegradasi Xilan

### Bahan-Bahan

- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0,3 g
- $\text{K}_2\text{HPO}_4$	0,3 g
(otoklaf terpisah)	
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,06 g
- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,03 g
- $\text{FeCl}_3$	0,006 g
- Xilan	1 %
- Agar	4,5 g
- Air suling	300,0 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan dengan memperhatikan bahan-bahan yang harus disterilkan terpisah, kemudian dilarutkan dengan air suling dihomogenkan dengan cara dipanaskan sambil diaduk, setelah itu disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^\circ\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer. Bahan-bahan yang disterilkan terpisah dicampur secara aseptis setelah proses sterilisasi.

## C. Medium Selektif Bakteri Pendegradasi Lignin

### Bahan-Bahan

- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0,3 g
- $\text{K}_2\text{HPO}_4$	0,3 g
(otoklaf terpisah)	
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,06 g

- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,03 g
- $\text{FeCl}_3$  0,006 g
- Lignin 1 %
- Agar 4,5 g
- Air suling 300,0 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan dan memperhatikan bahan-bahan yang harus disterilkan terpisah, kemudian dilarutkan dengan air suling lalu dihomogenkan dengan cara dipanaskan sambil diaduk. Kemudian disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^\circ\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer. Bahan-bahan yang disterilkan terpisah dicampur secara aseptis setelah proses sterilisasi.

### III.3.2.3 Medium Pembenuhan <27>

#### A. Eosin Methylene Blue Agar (EMBA)

- Bahan - bahan 36 g
- Air Suling 1000 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan kemudian dilarutkan dengan air suling, kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, pH diatur sampai  $7,0 \pm 0,1$ . Disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^\circ\text{C}$  dengan tekanan 2 Atmosfer.

#### B. Pseudomonas Aeromonas Selective Agar Base (PSAEB)

- Bahan-bahan 45 g
- Air Suling 1000 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan kemudian dilarutkan dengan air suling, kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, pH diatur sampai  $7,2 \pm 0,2$ . Disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer, kemudian ditambahkan Sodium Penicillin G 100.000 IU dan Pimaricin 0,01 g sebelum dituang ke dalam cawan petri steril.

#### **C. Brain Heart Infusion Agar (BHIA)**

- Bahan-bahan      37 g
- Air Suling        1000 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan kemudian dilarutkan dengan air suling, kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, pH diatur sampai  $7,0 \pm 0,2$ . Disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer.

#### **D. Vogel Johnson Agar (VJA)**

- Bahan – bahan    58 g
- Air Suling        1000 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan kemudian dilarutkan dengan air suling, kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, pH diatur sampai  $7,0 \pm 0,2$ . Disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer, kemudian ditambahkan kalium tellurit 0,2% sebelum dituang ke dalam cawan petri steril.

#### **E. Dextrose Tryptone Agar (DTA)**

- Bahan-bahan 27 g
- Air Suling 1000 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan kemudian dilarutkan dengan air suling, kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, pH diatur sampai  $6,8 \pm 0,2$ . Disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer.

#### **F. Thiosulfate Citrate Bile Sucrose Agar (TCBSA)**

- Bahan-bahan 88 g
- Air Suling 1000 mL

Bahan-bahan ditimbang secara aseptis sebanyak yang diperlukan dan dilarutkan dalam air suling yang telah disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer.

### *III.3.2.4 Medium Uji Biokimia <27>*

#### **A. Sulfat Indole Motile Agar (SIMA)**

- Bahan-bahan 36 g
- Air Suling 1000 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan lalu dilarutkan dengan air suling, kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, pH diatur sampai  $7,0 \pm 0,3$  dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Disterilkan selama 15 menit dalam otoklaf pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer.

### **B. Methyl-Red Voges-Proskauer (MR-VP)**

- Bahan-bahan      17 g
- Air Suling        1000 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan lalu dilarutkan dengan air suling hingga homogen, pH diatur sampai  $6,9 \pm 0,1$ , dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer.

### **C. Simon Citrat Agar (SCA)**

- Bahan-bahan      24,2 g
- Air Suling        1000 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan lalu dilarutkan dengan air suling, kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, pH diatur sampai  $6,9 \pm 0,1$  dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer. Dipersiapkan sebagai medium agar miring.

### **D. Triple Sugar Iron Agar (TSIA)**

- Bahan-bahan      65 g
- Air Suling        1000 mL

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan lalu dilarutkan dengan air suling, kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, pH diatur sampai  $7,4 \pm 0,1$  dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Disterilkan dalam otoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 2 atmosfer. Dipersiapkan sebagai

medium agar miring.

#### **E. Urea Broth**

- Bahan-bahan      39 g
- Air Suling        1000 mL

Bahan-bahan ditimbang secara aseptis sebanyak yang diperlukan kemudian dilarutkan dalam air suling steril lalu disterilkan pada suhu 50°C selama 15 menit. Setelah steril dimasukkan ke dalam tabung reaksi steril secara aseptis.

#### **F. Oksidasi Fermentasi Karbohidrat**

- Bahan-bahan      11 g
- Air Suling        1000 mL
- Karbohidrat       10 %

Bahan-bahan ditimbang sebanyak yang diperlukan lalu dilarutkan dengan air suling kemudian dipanaskan sambil diaduk-aduk hingga larutan homogen, karbohidrat dilarutkan tersendiri hingga homogen, pH diatur sampai  $7,1 \pm 0,1$ , kemudian disterilkan dalam otoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit dengan tekanan 2 atmosfer. Karbohidrat yang digunakan adalah glukosa, laktosa dan sukrosa.

### **III.3.3 Pengambilan Sampel**

#### **A. Sampel Sedimen**

Sampel sedimen mangrove diambil dari tiga tempat berdasarkan substrat yaitu substrat berlumpur, berpasir dan sedimen yang dekat dengan akar bakau,



kedalaman masing-masing 0 – 10 cm dari permukaan sedimen. Dilakukan pula pengambilan sampel air di sekitar tempat pengambilan sampel sedimen.

Pada saat pengambilan sampel dilakukan pula pengukuran salinitas dan temperatur air laut, pH dan kelembaban udara. Sampel sedimen dan sampel air yang diambil masing-masing dimasukkan ke dalam botol sampel steril kemudian dibawa ke Laboratorium untuk dianalisis.

## **B. Sampel Serasah**

Sampel serasah yang diambil adalah serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.). Pengambilan dilakukan secara selektif di sepanjang pinggiran hutan mangrove, kemudian dimasukkan ke dalam karung. Serasah daun tersebut kemudian dicuci hingga bersih lalu dikeringkan di bawah sinar matahari.

## **III.3.4 Isolasi dan Pengujian Bakteri**

### *III.3.4.1 Analisis Kuantitatif Bakteri dengan Metode "Standard Plate Count" (SPC)*

Analisis kuantitatif bakteri dengan metode "Standard Plate Count" dilakukan terhadap sampel air dari perairan sekitar hutan mangrove dan sedimen mangrove.

#### **A. Sampel air**

Sampel air yang telah diperoleh dari perairan sekitar hutan mangrove diisolasi sebanyak 1 mL kemudian diencerkan dalam larutan pengencer NaCl 0,9% dengan perbandingan 1 : 9 (1 mL sampel air : 9 mL larutan pengencer sebagai tingkat pengenceran  $10^{-1}$ ). Kemudian dilakukan pengenceran bertingkat hingga tingkat pengenceran  $10^{-7}$  sesuai yang dibutuhkan.

Pada tingkat pengenceran terakhir ( $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ ) masing-masing diambil sebanyak 1 mL kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri steril, lalu dituangi medium Agar Ekstrak Sedimen (AES) yang telah dicairkan sebanyak 10 - 15 mL untuk tiap cawan. Setelah medium memadat, diinkubasi dengan posisi cawan petri terbalik selama 24 jam atau lebih pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$ . Perhitungan koloni dilakukan berdasarkan "Standard Plate Count". Metode ini dilakukan secara triplo.

## **B. Sampel Sedimen**

Sampel sedimen yang telah diperoleh dari sedimen mangrove ditimbang secara aseptis sebanyak 10 gram dan diencerkan dalam larutan pengencer NaCl 0,9% dengan perbandingan 1: 9 (10 gram sedimen : 90 mL larutan pengencer sebagai tingkat pengenceran  $10^{-1}$ ). Kemudian dilakukan pengenceran bertingkat hingga tingkat pengenceran  $10^{-7}$  sesuai yang dibutuhkan.

Pada tingkat pengenceran terakhir ( $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ ) masing-masing diambil sebanyak 1 mL kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri steril, lalu dituangi medium Agar Ekstrak Sedimen (AES) yang telah dicairkan sebanyak 10 - 15 mL untuk tiap cawan. Setelah medium memadat, diinkubasi dengan posisi cawan petri terbalik selama 24 jam atau lebih pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$ . Perhitungan koloni dilakukan berdasarkan ketentuan Standard Plate Count. Metode SPC ini dilakukan secara triplo.

Koloni bakteri yang telah dianalisis secara kuantitatif dengan metode SPC diinokulasikan kembali pada medium AES sebanyak beberapa kali ulangan dengan metode goresan untuk mendapatkan koloni bakteri yang terpisah dan murni. Koloni bakteri hasil pemurnian ini selanjutnya diinokulasikan pada medium selektif bakteri

pendegradasi selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selanjutnya koloni bakteri yang mampu tumbuh pada ketiga medium tersebut diinokulasikan kembali pada medium agar miring Nutrien Agar sebagai suatu isolat bakteri pendegradasi selulosa, hemiselulosa dan lignin.

Isolat bakteri yang telah diperoleh, diamati berdasarkan ciri-ciri morfologisnya seperti warna koloni, bentuk koloni, elevasi, dan tepi koloni.

#### *III.3.4.2 Pemeriksaan Bacillus*

Masing-masing isolat bakteri sedimen mangrove diinokulasikan secara goresan pada medium Dextrose Tryptone Agar dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Koloni *Bacillus* pada medium ini akan tampak berwarna kuning dan medium pun berubah menjadi kuning.

#### *III.3.4.3 Pemeriksaan Pseudomonas dan Aeromonas*

Masing-masing isolat bakteri sedimen mangrove diinokulasikan secara goresan pada Medium *Pseudomonas Aeromonas* Selective Agar Base dan diinkubasi selama 24 jam – 3 x 24 jam pada suhu 37°C. Koloni *Pseudomonas* pada medium ini akan nampak berwarna merah-ungu dengan membentuk zona merah ungu terhadap medium sedangkan *Aeromonas* akan nampak berwarna kuning dengan zona kuning.

#### *III.3.4.4 Pemeriksaan Actinomyces*

Masing-masing isolat diinokulasikan secara goresan pada Medium Brain Heart Infusion Agar dan diinkubasi selama 24 jam atau lebih pada suhu 37°C.

Koloni *Actinomyces* pada medium akan nampak berwarna putih atau krem.

#### *III.3.4.5 Pemeriksaan Staphylococcus*

Masing-masing isolat bakteri sedimen mangrove diinokulasikan secara goresan pada medium Johnson Agar dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Koloni *Staphylococcus* pada medium akan nampak berwarna hitam, dan membentuk zona kuning di sekeliling koloni.

#### *III.3.4.6 Pemeriksaan Enterobacter*

Masing-masing isolat bakteri sedimen mangrove diinokulasikan secara goresan pada medium Eosin Methylene Blue Agar dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Koloni *Enterobacter* pada medium akan nampak berwarna merah muda atau abu-abu kecoklatan.

#### *III.3.4.7 Pemeriksaan Vibrio*

Masing-masing isolat bakteri sedimen mangrove diinokulasikan secara goresan pada medium Thiosulfate Citrate Bile Sucrose Agar dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Koloni *Vibrio* pada medium akan nampak berwarna kuning.

#### *III.3.4.8 Uji Biokimia*

##### **A. Uji Urease**

Masing-masing isolat diinkubasikan pada medium Urea Broth dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C. Reaksi positif terjadinya pemecahan urea oleh

bakteri ditandai dengan perubahan warna medium menjadi merah.

### **B. Uji Katalase**

Masing-masing isolat diletakkan pada permukaan gelas benda kemudian ditetaskan pereaksi Hidrogen Peroksida 3%. Jika terbentuk gelembung-gelembung udara berarti terjadi reaksi positif pemecahan  $H_2O_2$  oleh bakteri.

### **C. Uji Indol**

Masing-masing isolat diinokulasikan ke dalam medium Sulfite Indole Motility Agar kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu  $37^\circ C$ , lalu ditambahkan 5 tetes reagen Kovac's dan dikocok perlahan-lahan. Jika permukaan medium terbentuk cincin merah, berarti reaksi tersebut positif.

### **D. Uji Metil Merah**

Masing-masing isolat diinokulasikan ke dalam medium MR-VP kemudian diinkubasi selama 5 x 24 jam pada suhu  $37^\circ C$ , lalu ditambahkan reagen metil merah sebanyak 2 – 5 tetes. Jika terbentuk warna merah pada permukaan medium berarti reaksi tersebut positif.

### **E. Uji Voges Proskauer**

Masing-masing isolat diinokulasikan ke dalam medium MR-VP kemudian diinkubasi selama 2 x 24 jam pada suhu  $37^\circ C$ , lalu ditambahkan 3 tetes larutan KOH 40% dan larutan alfa-naftol 0,5% kemudian dikocok perlahan, selama 10 menit. Jika terbentuk warna merah pada medium berarti reaksi tersebut positif.

## **F. Uji Citrat**

Masing-masing isolat diinkubasikan pada medium Simon Citrate Agar dengan metode goresan pada lerengan medium lalu diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Jika warna medium berubah dari hijau menjadi biru berarti reaksi tersebut positif.

## **G. Uji Triple Sugar**

Masing-masing isolat diinokulasikan ke dalam medium TSIA secara goresan pada lerengan dan tusukan hingga dasar medium, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Reaksi menjadi positif jika medium berwarna kuning dan jika terbentuk warna hitam pada medium berarti terjadi produksi H<sub>2</sub>S sedangkan bila medium terangkat berarti dapat menghasilkan gas.

## **H. Uji Motilitas**

Masing-masing isolat diinkubasikan ke dalam medium Sulfite Indole Motility Agar dengan metode tusukan, kemudian diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 37°C. Reaksi positif ditunjukkan oleh adanya pertumbuhan bakteri pada daerah bekas tusukan. Dan jika terbentuk warna hitam setelah ditetesi dengan reagen Kovac's berarti bakteri tersebut dapat memproduksi H<sub>2</sub>S.

## **I. Uji Oksidasi Fermentasi Karbohidrat**

Untuk uji oksidasi, glukosa, sukrosa dan laktosa masing-masing isolat diinokulasikan ke dalam media oksidasi fermentasinya, permukaan medium ditetesi dengan parafin cair steril kemudian diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C.

Untuk uji fermentasi glukosa, sukrosa dan laktosa, masing-masing isolat diinokulasikan ke dalam medium oksidasi fermentasi, sedangkan uji pembentukan gas masing-masing isolat diinokulasikan ke dalam tiap medium oksidasi fermentasi yang telah berisi tabung Durham terbalik, lalu diinkubasikan selama 48 jam pada suhu 37°C.

Reaksi positif terhadap uji oksidasi dan fermentasi ditandai oleh berubahnya warna medium dari hijau menjadi warna kuning sebagai indikator diproduksinya asam oleh bakteri, sedangkan pembentukan gas ditandai oleh adanya gas yang tertampung dalam tabung Durham dan medium berubah menjadi kuning.

#### *III.3.4.9 Pengecatan Gram <28>*

Pengecatan dilakukan dengan terlebih dahulu membuat preparat olesan pada gelas benda. Gelas benda terlebih dahulu dibersihkan dengan alkohol 96%, kemudian ditetaskan air suling sebanyak 1 tetes pada permukaan gelas benda tersebut. Isolat diambil secara aseptis sebanyak 1 mL dan diletakkan pada tetesan air suling, kemudian diratakan hingga terbentuk suatu lapisan tipis, dikeringanginkan kemudian difiksasi, dan dilakukanlah pengecatan.

Gram A ditetaskan pada preparat olesan tersebut dan dibiarkan selama 1 menit sebelum dibilas dengan air mengalir, kemudian dikeringanginkan. Setelah kering ditetesi dengan Gram B dan dibiarkan selama 1 menit sebelum dicuci dengan air mengalir, kemudian dikeringanginkan. Setelah kering ditetesi dengan Gram C dan dibiarkan selama 30 detik sebelum dibilas dengan air mengalir, kemudian dikeringanginkan. Setelah kering ditetesi dengan Gram D dan dibiarkan selama 2

menit kemudian dibilas dengan air mengalir, setelah itu dikeringanginkan dan setelah kering, preparat kemudian diamati di bawah mikroskop.

#### *III.3.4.10 Pengecatan Spora <28>*

Pengecatan dilakukan dengan terlebih dahulu membuat preparat olesan dari masing-masing isolat bakteri pada gelas benda yang telah dibersihkan dengan alkohol 70%. Setelah dikeringanginkan, kemudian difiksasi. Kemudian ditetesi dengan larutan malacit green berlebih kemudian dipanaskan di atas penangas air selama 5 menit (diperhatikan agar cat tidak mengering dan tidak boleh mendidih).

Setelah itu dibilas dengan air mengalir, kemudian dikeringudarkan. Setelah kering ditetesi dengan larutan safranin dan dibiarkan selama 30 detik, kemudian dibilas dengan air mengalir dan dikeringudarkan. Preparat kemudian diamati di bawah mikroskop.

#### **III.3.5 Pembuatan Suspensi Bakteri**

Isolat bakteri sedimen mangrove, yang mampu mendegradasi serasah, masing-masing diambil dari medium Nutrien Broth dengan menggunakan spoit steril sebanyak 1 mL lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 50 mL larutan fisiologis NaCl 0,9% yang telah disterilkan, kemudian dikocok pada selama shaker 15 - 20 menit agar seluruh isolat bakteri yang dicampurkan dapat tercampur rata dengan larutan fisiologis. Setelah itu jumlah sel bakterinya dihitung dengan menggunakan hemositometer, kemudian ditentukan konsentrasi campuran isolat bakterinya sesuai dengan perlakuan.



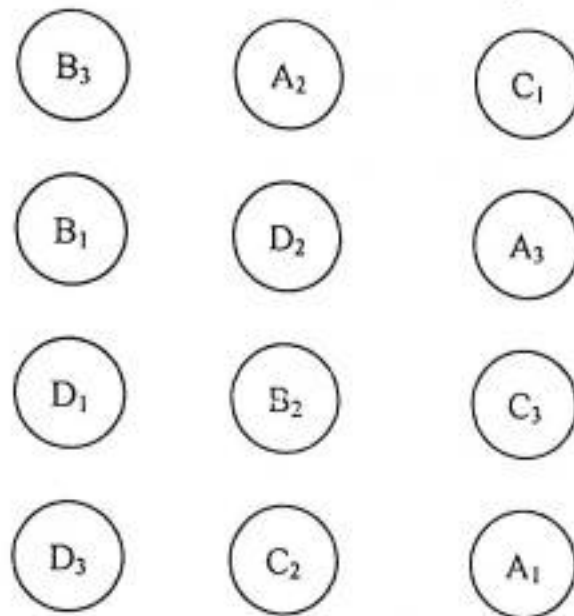
### **III.3.6 Dekomposisi Serasah**

Serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) yang telah dikeringkan, dipotong-potong kecil dengan ukuran sekitar 5-10 cm. Kemudian ditimbang sebanyak 300 gram dan dimasukkan ke dalam polibag yang berlubang, yang berukuran 40 x 50 cm. Berat kering serasah ditentukan Sesudah mengalami proses pengeringan dalam oven selama 2 x 24 jam pada suhu 80°C. Kemudian diberi urea sebanyak sepersepuluh dari berat kering serasah, lalu disiram dengan air suling dan diberi suspensi campuran isolat bakteri sesuai dengan perlakuan sambil diaduk hingga merata. Setelah itu polibag diikat rapat kemudian dibiarkan terjadi dekomposisi selama 8 minggu. Selama berlangsungnya proses dekomposisi diupayakan agar tidak terkena air hujan dan cahaya matahari langsung, dan dilakukan pembalikan setiap 7 hari.

### **III.3.6 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) <29> yang terdiri dari 4 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Banyaknya perlakuan dan ulangan dapat dilihat pada pola peletakan rancangan penelitian berikut ini.

Gambar 1. Pola Peletakan Rancangan Penelitian



Keterangan :

- A = 300 g serasah + urea (kontrol)
- B = 300 g serasah + urea +  $1,2 \times 10^5$  sel/mL.
- C = 300 g serasah + urea +  $2,4 \times 10^6$  sel/mL.
- D = 300 g serasah + urea +  $3,6 \times 10^7$  sel/mL.

### III.3.7 Pengamatan

Dalam penelitian ini, pengamatan dilakukan terhadap beberapa parameter yaitu :

1. Berat kering serasah sebelum dekomposisi (g).
2. Berat kering serasah setelah dekomposisi (g).
3. Laju dekomposisi (gram per minggu).
4. Jumlah bakteri
5. Rasio C/N

Sedangkan parameter penunjangnya adalah suhu, kelembaban, pH dan salinitas.

Rasio C/N dapat dihitung dengan membandingkan hasil analisis kandungan karbon (C-Organik) dan Nitrogen (Metode analisis tanaman terhadap kandungan karbon (C-organik) dan nitrogen dapat dilihat pada Lampiran 12 dan 13).

Laju dekomposisi serasah dapat dihitung dengan rumus William dan Gray (1974) yaitu: <3>

$$R = \frac{W_0 - W_1}{T_0 - T_1}$$

*Di mana,*

R = Laju dekomposisi

$W_0$  = Berat Kering serasah pada waktu  $T_0$

$W_1$  = Berat kering serasah pada waktu  $T_1$

$T_0$  = Waktu awal dekomposisi

$T_1$  = Waktu akhir dekomposisi

### III.3.8 Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan terhadap beberapa parameter dianalisis sidik ragam, dan bila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### IV.1 Hasil

##### IV.1.1 Bakteri Sedimen Mangrove

Hasil isolasi bakteri dari sedimen mangrove muara Sungai Tallo secara kuantitatif berdasarkan metode Standard Plate Count (SPC) dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Jumlah Kuantitatif Bakteri Berdasarkan Metode Standard Plate Count (SPC).

Sampel	Jumlah Koloni Per Pengenceran			Standard Plate Count (Sel gram)	Keterangan
	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$		
SA1	14	13	6	$3,77 \times 10^6$	Rata-rata dari pengenceran $10^{-5}$ meskipun $14 < 30$
SA2	60	15	9		
SA3	39	2	2		
SB1	23	6	2	$2,17 \times 10^6$	Rata-rata dari pengenceran $10^{-5}$ meskipun 23 dan 6 < 30
SB2	6	3	2		
SB3	36	10	4		
SC1	11	10	8	$1,13 \times 10^6$	Rata-rata dari pengenceran $10^{-5}$ meskipun 11,14, dan $9 < 30$
SC2	14	13	12		
SC3	9	7	0		

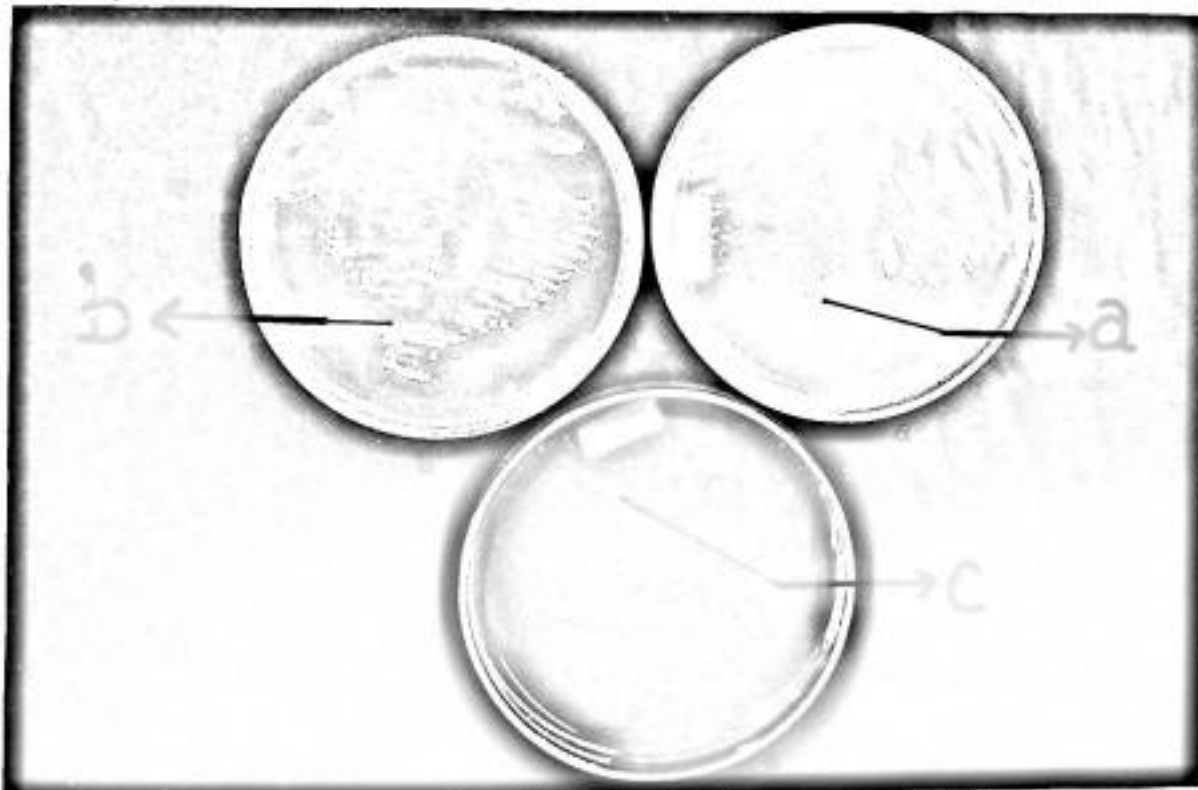
*Keterangan:* SA = Sedimen berpasir  
SB = Sedimen berlumpur  
SC = Sedimen pada akar bakau

Jumlah rata-rata sel bakteri yang diperoleh dari perhitungan kuantitatif dengan metode SPC dalam medium agar ekstrak sedimen adalah sekitar  $2,4 \times 10^6$  sel dalam tiap gram sedimen mangrove. Nilai SPC ini menunjukkan nilai total bakteri dalam sedimen mangrove yang juga dijadikan sebagai dasar penentuan konsentrasi

sel bakteri.

Koloni bakteri yang diperoleh dari metode SPC ini, setelah diinokulasikan kembali pada medium selektif pendegradasi selulosa, xilan dan lignin yang didasarkan pada kemampuan tumbuhnya pada ketiga medium tersebut dan ciri morfologis yang meliputi warna koloni, bentuk koloni, elevasi dan tepi koloni, diperoleh 17 isolat bakteri pendegradasi selulosa, xilan dan lignin.

Hasil yang diperoleh berdasarkan kemampuan tumbuhnya pada ketiga medium selektif tersebut dari ciri morfologisnya dapat disajikan dalam Lampiran 1a, 1b dan 1c. Sedangkan morfologi sebagian isolat bakteri sedimen mangrove yang dapat tumbuh pada medium selektif pendegradasi selulosa, xilan dan lignin dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:



**Gambar 2.** Morfologi bakteri pada medium selektif

*Keterangan:*  
a = Koloni bakteri sedimen mangrove pada medium selektif pendegradasi selulosa  
b = Koloni bakteri sedimen mangrove pada medium selektif pendegradasi xilan  
c = Koloni bakteri sedimen mangrove pada medium selektif pendegradasi lignin

Pertumbuhan isolat bakteri sedimen mangrove pada medium pembenihan dapat disajikan pada Lampiran 1d, sedangkan hasil uji biokimia dari masing-masing isolat dapat dilihat pada Lampiran 1e.

Berdasarkan hasil uji biokimia dari masing-masing isolat bakteri sedimen mangrove tersebut dapat diketahui beberapa genus bakteri yang berperan dalam mendegradasi sellulosa, hemisellulosa dan lignin. Genus yang dimaksud adalah antara lain *Bacillus* (isolat A), *Vibrio* (isolat B, D, G dan I), *Enterobacter* (isolat C, K dan P), *Pseudomonas* (isolat E, H, M dan N), *Staphylococcus* (isolat F dan J), *Actinomyces*. (isolat L, O dan Q).

#### IV.1.2 Berat Kering

Hasil pengukuran berat kering serasah daun bakau sebelum dan setelah proses dekomposisi disajikan dalam Lampiran 2a dan 3a, sedangkan hasil analisis sidik ragam yang disajikan dalam Lampiran 2b dan 3b menunjukkan bahwa pemberian variasi konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove sebelum proses dekomposisi belum memperlihatkan adanya pengaruh yang nyata.

Hasil uji beda nyata terkecil (BNT) pada Tabel 2 di bawah ini, menunjukkan bahwa perlakuan B, C dan D berbeda nyata dengan perlakuan A (kontrol) sedangkan antara perlakuan B, C dan D tidak berbeda nyata.

**Tabel 2.** Hasil Uji Beda Nyata Terkecil terhadap berat kering serasah daun bakau setelah proses dekomposisi selama 8 minggu.

Perlakuan	Rata-rata berat kering serasah daun bakau sebelum dan setelah proses dekomposisi (g)	
	Sebelum	Sesudah
A	234,49	179,58 a
B	228,38	124,86 b
C	238,49	131,52 b
D	235,14	126,45 b

*Keterangan:* Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama berarti pengaruhnya tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 0,05

#### IV.1.3 Laju Dekomposisi

Hasil perhitungan terhadap laju dekomposisi serasah daun bakau dan analisis sidik ragam disajikan dalam Lampiran 4a dan 4b. Sedangkan prosentase penguraian serasah daun bakau selama proses dekomposisi disajikan dalam Lampiran 4c. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian variasi konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove terhadap laju dekomposisi sangat berbeda nyata.

Hasil uji beda nyata terkecil (BNT) pada Tabel 3 di bawah ini menunjukkan bahwa pada perlakuan B, C dan D berbeda nyata terhadap perlakuan A (kontrol), tetapi tidak berbeda nyata terhadap perlakuan B, C dan D.

**Tabel 3.** Hasil Uji Beda Nyata Terkecil terhadap laju dekomposisi serasah daun bakau setelah proses dekomposisi.

Perlakuan	Rata-rata serasah Yang terurai (g)	Rata-rata laju dekomposisi	
		(g / 8 minggu)	(g / minggu)
A	54,91	6,86 a	0,98
B	103,52	12,94 b	1,85
C	106,99	13,00 b	1,86
D	108,69	13,59 b	1,94

*Keterangan:* Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama berarti pengaruhnya tidak berpengaruh nyata pada taraf uji BNT 0,05

#### IV.1.4 Jumlah Bakteri

Hasil perhitungan terhadap jumlah bakteri per minggu dalam proses dekomposisi serasah daun bakau dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Rata-rata jumlah bakteri per minggu dalam proses dekomposisi

Waktu (minggu)	Rata-rata jumlah bakteri per minggu ( $i \times 10^7$ sel/mL) untuk setiap perlakuan			
	A	B	C	D
M0	0	0,012	0,24	3,6
M1	1,02	81,13	98,67	590,0
M2	3,10	4,67	90,33	213,33
M3	1,18	13,00	85,00	2300,00
M4	6,26	6,4	27,33	2673,33
M5	1,14	17,0	236,67	2300,00
M6	10,44	16,0	833,33	686,67
M7	1,74	17,33	505,67	2633,33
M8	1,93	65,00	909,13	496,67
Rata-rata M1-8	3,35	27,57	348,27	1486,66

Keterangan:  $i$  = Nilai rata-rata

Hasil perhitungan terhadap bakteri sebelum dan setelah proses dekomposisi dapat disajikan dalam Lampiran 5a dan 6a. Sedangkan analisis sidik ragamnya yang disajikan dalam Lampiran 5b dan 6b bahwa pemberian variasi konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove sebelum proses dekomposisi tidak memperlihatkan pengaruh yang nyata tetapi sangat berbeda nyata setelah proses dekomposisi.

Hasil uji beda nyata terkecil (BNT) pada Tabel 5 di bawah ini, menunjukkan bahwa pada perlakuan B dan C tidak berbeda nyata dengan perlakuan A (kontrol) sedangkan perlakuan D berbeda nyata dengan kontrol dan juga terhadap perlakuan B dan C.



**Tabel 5.** Hasil Uji Beda Nyata Terkecil terhadap jumlah bakteri setelah proses dekomposisi serasah daun bakau selama 8 minggu

Perlakuan	Rata-rata jumlah bakteri per perlakuan ( $i \times 10^7$ sel/mL) selama proses dekomposisi)	
	Sebelum	Sesudah
A	0	3,35 a
B	0,012	27,57 a
C	0,24	348,27 a
D	3,6	1486,66 b

*Keterangan:*  $i$  = Nilai rata-rata

Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama berarti pengaruhnya tidak berpengaruh nyata pada taraf uji BNT 0,05.

#### IV.1.5 Kandungan Unsur Karbon

Hasil analisis terhadap kandungan unsur karbon serasah daun bakau sebelum dan setelah dekomposisi disajikan dalam Lampiran 7a dan 8a. Sedangkan hasil analisis sidik ragam yang disajikan dalam Lampiran 7b dan 6b menunjukkan bahwa pemberian variasi konsentrasi campuran isoilat bakteri sedimen mangrove tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan unsur karbon serasah sebelum dan sesudah proses dekomposisi.

Dari hasil analisis serasah daun bakau sebelum dan setelah proses dekomposisi nampak bahwa terjadi penurunan terhadap kandungan unsur karbon seperti yang disajikan dalam Tabel 6 di bawah ini.

**Tabel 6.** Hasil analisis unsur karbon (C organik) serasah daun bakau sebelum dan setelah proses dekomposisi selama 8 minggu.

Perlakuan	Unsur C Rata-Rata (%)	
	Sebelum	Setelah
A	25,59	10,25
B	25,59	11,11
C	25,59	11,76
D	25,59	12,56

#### IV.1.6 Kandungan Unsur Nitrogen

Hasil analisis terhadap kandungan unsur nitrogen serasah daun bakau sebelum dan setelah dekomposisi disajikan dalam Lampiran 9a dan 10a. Sedangkan hasil analisis sidik ragam yang disajikan dalam Lampiran 9b dan 10b menunjukkan bahwa pemberian variasi konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan unsur nitrogen serasah sebelum dan sesudah proses dekomposisi.

Namun dari hasil analisis serasah daun bakau sebelum dan setelah proses dekomposisi nampak bahwa terjadi peningkatan terhadap kandungan unsur nitrogen seperti yang disajikan dalam Tabel 7 di bawah ini.

**Tabel 7.** Hasil analisis unsur nitrogen (N) serasah daun bakau sebelum dan setelah proses dekomposisi selama 8 minggu.

Perlakuan	Unsur N Rata-Rata (%)	
	Sebelum	Setelah
A	0,42	2,05
B	0,42	2,06
C	0,42	2,08
D	0,42	2,11

#### IV.1.7 Rasio C/N

Rasio C/N adalah perbandingan antara kandungan unsur karbon (c) dan nitrogen (N). Nilai rasio C/N ini memberikan gambaran mudah tidaknya suatu bahan untuk dilapukkan. Semakin rendah nilai rasio C/N suatu bahan maka semakin mudah bahan tersebut dilapukkan.

Tabel 8 di bawah ini menampakkan bahwa serasah daun bakau yang digunakan sebelum dekomposisi mempunyai nilai C/N yang tinggi, yang berkisar 60,93 : 1. Setelah proses dekomposisi rasio C/N menurun dengan kisaran 6,07 : 1.

**Tabel 8.** Nilai Rasio C/N Serasah Daun Bakau sebelum dan setelah Proses Dekomposisi selama 8 minggu

Perlakuan	Nilai Rasio C/N	
	Sebelum	Setelah
A	60,93	5,76
B	60,93	6,02
C	60,93	6,20
D	60,93	6,30

#### IV.1.8 pH, Suhu dan Kelembaban

Hasil pengukuran terhadap pH, suhu dan kelembaban tumpukan selama proses dekomposisi serasah daun bakau dapat disajikan dalam Tabel 9 di bawah ini, sedangkan hasil pengukuran terhadap suhu dan kelembaban di luar tumpukan, disajikan dalam Tabel 10. Rata-rata suhu, kelembaban dan pH tumpukan per minggu dalam proses dekomposisi masing-masing disajikan dalam Tabel 11, 12 dan 13.

Tabel 9. Hasil Pengukuran pH, Suhu dan Kelembaban dalam proses dekomposisi

Waktu (Minggu)	pH	Suhu ( $^{\circ}$ C)	Kelembaban (%)
M1	6,95	25,0	82,75
M2	5,70	27,5	81,68
M3	6,43	28,8	87,05
M4	6,68	28,0	85,05
M5	6,65	26,7	86,50
M6	6,73	26,8	83,10
M7	6,60	29,3	67,70
M8	6,33	27,5	81,60

Tabel 10. Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban Lingkungan Luar

Waktu (Minggu)	Suhu ( $^{\circ}$ C)	Kelembaban (%)
M1	24,5	82,0
M2	28,0	73,0
M3	28,0	85,0
M4	28,0	75,0
M5	26,0	76,0
M6	26,5	72,0
M7	29,5	65,0
M8	27,0	75,0

Tabel 11. Rata-rata suhu tumpukan per minggu dalam proses dekomposisi ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Waktu (minggu)	Rata-rata suhu tumpukan per minggu untuk setiap perlakuan ( $^{\circ}\text{C}$ )			
	A	B	C	D
M0	27,5	27,0	27,1	27,2
M1	25,0	25,27	24,83	25,05
M2	27,49	27,55	27,53	27,16
M3	28,83	28,66	28,72	29,11
M4	28,0	28,27	27,78	28,0
M5	26,5	26,72	26,66	26,77
M6	26,94	26,94	27,0	26,88
M7	29,33	29,5	29,16	29,5
M8	28,0	27,16	27,16	27,5

Tabel 12. Rata-rata kelembaban tumpukan per minggu dalam proses dekomposisi (%).

Waktu (minggu)	Rata-rata kelembaban tumpukan per minggu untuk setiap perlakuan (%)			
	A	B	C	D
M0	76,33	77,66	77,00	78,00
M1	82,44	81,21	85,61	81,21
M2	78,16	82,88	83,43	82,22
M3	86,21	88,22	87,33	86,38
M4	85,44	83,11	86,00	85,77
M5	87,55	86,66	85,44	86,33
M6	82,99	81,44	84,99	82,99
M7	65,66	67,00	70,66	68,00
M8	76,66	85,33	82,66	83,66

**Tabel 13.** Rata-rata derajat keasaman (pH) tumpukan per minggu dalam proses dekomposisi.

Waktu (minggu)	Rata-rata pH tumpukan per minggu untuk setiap perlakuan			
	A	B	C	D
M0	6,6	6,95	5,96	6,29
M1	7,0	7,0	6,94	6,9
M2	5,85	5,55	6,03	5,31
M3	6,74	6,38	6,07	6,53
M4	6,79	6,68	6,59	6,61
M5	6,89	6,35	6,48	6,77
M6	6,94	6,72	6,84	6,50
M7	6,64	6,84	6,61	6,23
M8	6,68	6,31	6,37	5,91

## IV.2 Pembahasan

### IV.2.1 Bakteri Sedimen Mangrove

Berdasarkan hasil isolasi bakteri secara kuantitatif dengan metode "Standard Plate Count" (SPC) seperti yang disajikan dalam Tabel 1 dapat diketahui nilai total bakteri dalam satu gram sedimen mangrove kira-kira  $2,4 \times 10^6$  sel. Nilai total bakteri ini dapat dipakai sebagai salah satu petunjuk besarnya proses penguraian serasah yang berasal dari hutan mangrove. Oleh karena itu dalam penelitian ini nilai total bakteri tersebut dapat pula dijadikan sebagai dasar penentuan konsentrasi sel bakteri yang berperan dalam proses penguraian serasah mangrove. Hasil penguraian serasah ini menghasilkan unsur-unsur hara terlarut yang sangat dibutuhkan oleh perairan <S>.

Zobell (1946) dalam Ruyitno (1982) mengemukakan bahwa populasi bakteri dalam suatu perairan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gerakan air yang disebabkan oleh pasang surut, kondisi substrat dan pengaruh dari daratan <5>. Zobell (1963) dalam Koesdebiono (1979) juga mengemukakan bahwa kepadatan populasi bakteri laut berkisar antara 1 sampai  $10^8$  sel/mL di perairan pantai, sedangkan dalam sedimen bahari berkisar antara 10 sampai  $10^8$  sel/g sedimen permukaan. Kepadatan populasi bakteri ini tergantung pula oleh kandungan bahan organik dalam sedimen <30>.

Bakteri sedimen mangrove yang diperoleh dalam penelitian ini terdiri dari 6 genus yaitu *Bacillus*, *Vibrio*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* dan *Actinomyces*. Penentuan genus ini didasarkan pada kemampuan tumbuhnya pada medium selektif pendegradasi selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa, hemiselulosa dan lignin merupakan bahan-bahan organik yang paling dominan dalam jaringan tumbuhan dewasa termasuk serasah <31>, sehingga bakteri tersebut dapat pula disebut sebagai bakteri pendegradasi serasah.

Bakteri-bakteri tersebut juga telah diuji dalam medium selektif, uji biokimia, pengecatan Gram dan pengecatan spora. Hasil pengujian tersebut kemudian ditentukan ciri-ciri dominannya dengan berdasarkan pada buku "Bergey's Manual of Determinative Bacteriology", edisi ke-9, Williams dan Wilkins (1994) dan "Methods in Aquatic Bacteriology, Austin (1988).

Imas (1987) mengemukakan bahwa beberapa genus bakteri seperti *Pseudomonas*, *Bacillus* dan *Actinomyces* merupakan bakteri pengurai bahan organik.

Hal ini didasarkan pada kemampuannya menghasilkan enzim sellulase, xilanase dan lignosellulase <32>. Srensen (1962) dalam rangkaian percobaannya menunjukkan bahwa bakteri yang bersifat Gram negatif, aerobik dan tidak membentuk spora seperti *Pseudomonas* mampu menguraikan lignin, sedangkan Waksman dan Hutchings (1937) menyatakan bahwa *Actinomyces* juga terlibat dalam penguraian lignin bersama dengan mikroorganisme lainnya di dalam suatu kultur campuran <32>.

Berdasarkan hasil pengukuran parameter lingkungan pada saat pengambilan sampel sebagaimana yang disajikan dalam Lampiran 11b, diperoleh kisaran suhu permukaan air adalah 29°C, pH terukur berkisar 6,9 - 7,0 sedangkan hasil pengukuran salinitas berkisar 29 - 32‰. Nontji (1993), mengemukakan bahwa suhu permukaan perairan pada umumnya berkisar 28 - 31°C <6>, sedangkan Benerjen dalam Najamuddin (1997) menyatakan bahwa dengan pH 6,5 - 7,5 menunjukkan bahwa perairan ini termasuk perairan yang produktif <33>. Hal ini juga di dukung oleh jumlah total bakteri air yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai total bakteri sedimen mangrove, yaitu kira-kira  $9,9 \times 10^6$  sel/mL seperti yang disajikan dalam Lampiran 11a.

Nilai total bakteri khususnya bakteri sedimen juga sangat dipengaruhi oleh derajat keasaman dari sedimen itu sendiri. Dari hasil pengukuran terhadap pH sedimen diperoleh hasil yaitu; sedimen dengan substrat berpasir mempunyai pH dengan kisaran 5,0 - 5,1 sedangkan sedimen dengan substrat berlumpur kisaran pH-nya adalah 4,7 5,0 dan sedimen yang berada di dekat akar tumbuhan mangrove mempunyai kisaran pH 4,2 - 4,8. Knox (1982) mengemukakan bahwa bakteri akan



tumbuh dan berkembang dengan baik pada kisaran pH yang makin mendekati pH netral <34>. Dengan demikian kisaran pH yang makin mendekati pH 7 menunjukkan jumlah sel bakteri yang makin tinggi pula.

#### IV.2.2 Berat Kering

Dari hasil pengamatan dan pengukuran yang dilakukan selama penelitian, nampak bahwa serasah daun bakau yang diberi perlakuan variasi konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove mengalami penurunan berat kering. Konsentrasi bakteri tertinggi ( $3,6 \times 10^7$  sel/mL) mengalami penurunan berat kering tertinggi pula yaitu sekitar 108,69 gram. Sedangkan untuk perlakuan C, B dan A (kontrol) penurunan berat keringnya berturut-turut adalah 106,99 gram, 103,52 gram dan 54,91 gram.

Penurunan berat kering terhadap serasah daun bakau ini disebabkan oleh penguraian serasah oleh bakteri dalam proses dekomposisi. Serasah daun bakau ini yang mengandung bahan organik menjadi substrat dan sumber nutrient bagi bakteri. Hadisumarto (1992) mengemukakan bahwa jasad renik termasuk bakteri berperan untuk memecahkan bahan organik. Jasad renik ini mula-mula memperkecil partikel zat organik sehingga jumlah permukaan partikelnya menjadi lebih luas yang memungkinkan berlangsungnya proses penguraian dengan cepat. Penguraian ini terjadi secara kimiawi melalui enzim. Dengan enzim inilah bahan organik diurai menjadi unsur-unsur yang dapat diserap oleh bakteri tersebut <35>.

Proses penguraian oleh bakteri, dimana bahan organik diurai menjadi unsur-unsur yang dapat diserap berarti bahwa ukuran bahan organik telah berubah menjadi

partikel yang semakin kecil. Hal ini menyebabkan volume tumpukan bahan organik menyusut sehingga beratnya pun menurun. Penurunan berat kering ini terjadi karena panas yang dihasilkan dalam proses penguraian menguapkan kandungan air dan karbondioksida dalam tumpukan. Hadisumarto (1992) menyatakan bahwa proses penguraian yang dilakukan oleh jasad renik menyebabkan volume tumpukan bahan organik menurun kira-kira tiga perempatnya sedangkan beratnya menurun hingga setengahnya <35>.

Dalam penelitian ini, prosentase penurunan berat kering untuk tiap perlakuan berturut-turut adalah perlakuan A mengalami penurunan sekitar 23,42%, perlakuan B sebanyak 45,33%, perlakuan C sebanyak 44,86% sedangkan perlakuan D sebesar 46,22%. Berdasarkan pada Hadisumarto (1992), berat kering yang dicapai dalam penelitian ini belum mencapai berat kering ideal untuk proses dekomposisi, yaitu sekitar 50% dari berat awal tumpukan <35>.

#### **IV.2.3 Laju Dekomposisi**

Proses dekomposisi serasah daun bakau dengan pemberian variasi konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove yang berlangsung selama 8 minggu menampakkan bahwa pemberian variasi konsentrasi campuran isolat bakteri tersebut sangat berpengaruh terhadap laju dekomposisi sebagai mana yang telah disajikan dalam Tabel 5. Dari data yang telah diperoleh mengenai laju dekomposisi nampak bahwa perlakuan D dengan konsentrasi campuran isolat bakteri yang tertinggi ( $3,6 \times 10^7$  sel/mL) dapat menguraikan serasah lebih banyak yaitu sekitar 13,59 g/8 minggu dengan prosentase penguraian berkisar 46,22%. Sedangkan untuk

perlakuan C tersebut sangat berpengaruh terhadap laju dekomposisinya adalah sekitar 13,00 g/8 minggu dengan prosentase penguraian 44,86% , untuk perlakuan B laju dekomposisinya 12,94 g/8 minggu dengan prosentase penguraian 45,33%. Adapun perlakuan terhadap kontrol juga mengalami dekomposisi dengan laju dekomposisinya adalah 6,86 g/8 minggu dengan prosentase penguraian sebesar 23,42%.

Sediadi (1986) dalam hasil penelitiannya tentang dekomposisi serasah di hutan bakau memperoleh laju dekomposisi serasah secara alamiah yaitu sekitar 47,69% selama 54 hari. Penelitian tentang dekomposisi serasah secara alamiah dilakukan pula oleh Khoirijon (1991). Dari hasil penelitiannya diperoleh laju dekomposisi sekitar 83,17% selama 15 hari <3,7>.

Laju dekomposisi yang telah diperoleh dalam penelitian ini dengan prosentase penguraian sekitar 46,22% selama 8 minggu (60 hari). Bila dibandingkan dengan laju dekomposisi secara alamiah, sebagaimana yang telah dilakukan oleh Sediadi (1986) dan Khoirijon (1991), maka proses dekomposisi serasah daun bakau ini yang dilakukan dalam skala laboratorium, masih menunjukkan taraf dekomposisi yang rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti tinggi tumpukan, suhu, pH, kelembaban tumpukan.

Suhu tumpukan yang tidak memenuhi suhu ideal tumpukan dapat memperlambat proses dekomposisi, demikian pula pH dan kelembaban tumpukan. Suhu dan kelembaban tumpukan yang ideal untuk proses dekomposisi adalah suhu 45 - 65°C dengan kelembaban 40 - 60%.

Hadisumarto (1992) mengemukakan bahwa ukuran tumpukan yang ideal adalah panjang 1,75 - 2,00 m; lebar 1,50 - 1,75 m dan tinggi 1,50 - 1,75 m. Walaupun ukuran ini tidak mutlak, namun dari ukuran ini dapat menjamin tercapainya suhu ideal yaitu 45 - 65°C. Namun suhu ideal dalam penelitian ini tidak dapat dicapai. Kisaran suhu 25 - 29,3°C dalam proses dekomposisi serasah daun bakau ini mengakibatkan rendahnya laju dekomposisi karena ketersediaan oksigen yang kurang bagi bakteri untuk dapat hidup dan menguraikan serasah dalam proses dekomposisi tersebut. Demikian pula dengan kelembaban tumpukan yang berkisar 67,70 - 87,05% turut mempengaruhi rendahnya laju dekomposisi, karena panas yang dihasilkan oleh bakteri tidak mampu menurunkan kelembaban dalam tumpukan. Sedangkan pengaruh pH tumpukan dapat dinyatakan berada dalam kondisi pH yang ideal, karena dari hasil pengukuran terhadap pH seperti yang disajikan dalam Tabel 9 diperoleh kisaran pH yaitu 5,70 - 6,95, walaupun pada minggu kedua proses dekomposisi terjadi penurunan pH yang agak drastis, namun dalam minggu-minggu berikutnya pH tumpukan telah mendekati pH netral. Adapun pH yang ideal untuk proses dekomposisi adalah kisaran pH antara 6 dan 8. Kisaran pH ini sangat baik untuk pertumbuhan bakteri. Sehingga dapat dinyatakan bahwa kisaran pH dalam penelitian ini dapat membantu terjadinya proses dekomposisi, karena bakteri dapat tumbuh dan mengadakan aktifitasnya dalam menguraikan serasah daun bakau.

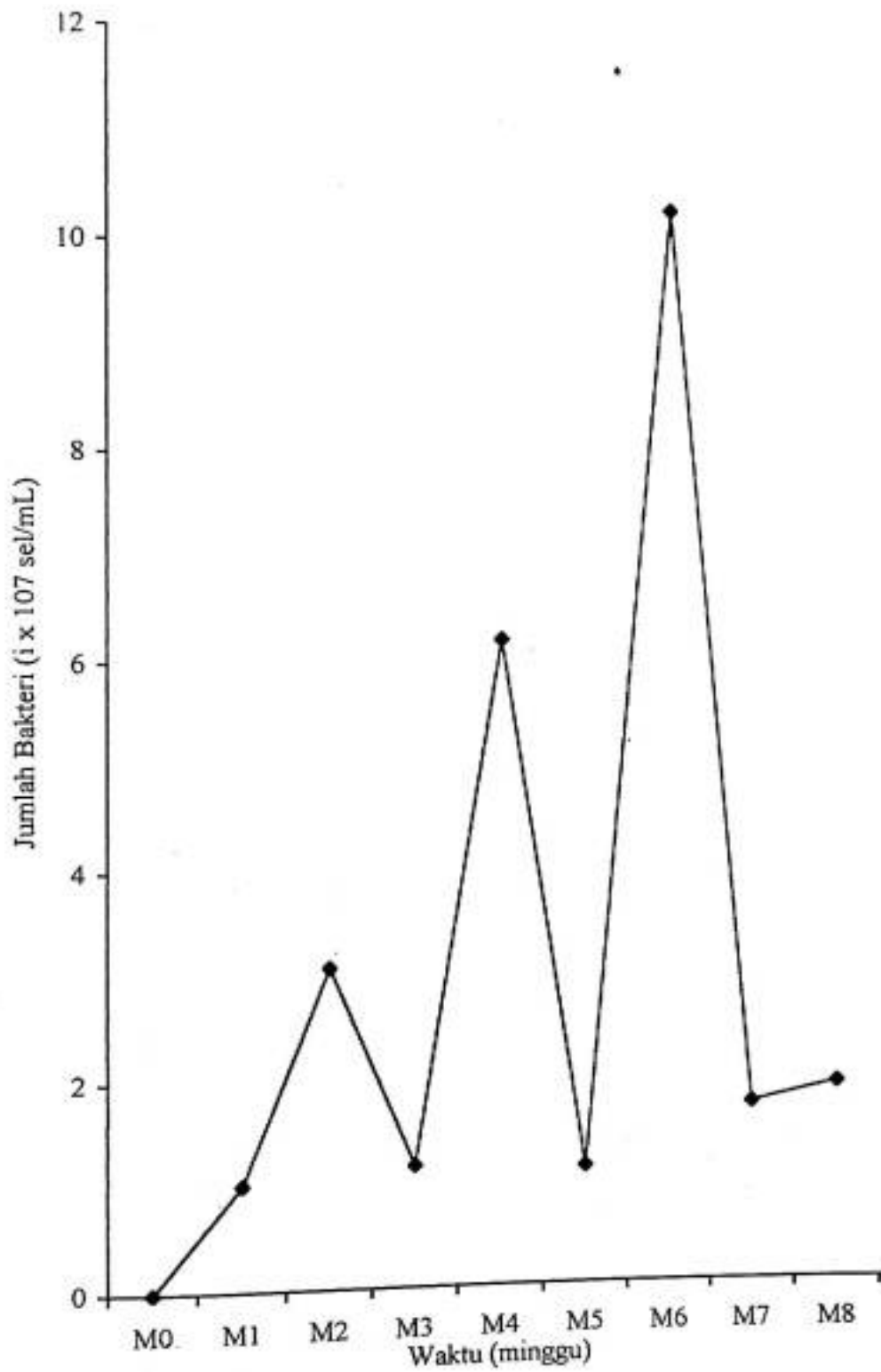
Struktur dan susunan kimia serasah daun bakau juga dapat mempengaruhi laju dekomposisi. Daun bakau yang berdaging tebal dan mengandung bahan organik seperti sellulosa, hemisellulosa dan lignin yang lebih dominan dalam jaringan tumbuhan dan sangat sulit diuraikan di alam.

Sedikit banyaknya lignin yang terkandung dalam serasah daun bakau ini dapat menyebabkan lambatnya laju dekomposisi, karena lignin merupakan bahan organik yang sangat sulit diuraikan oleh bakteri. *Rhizophora mucronata* Lamk. Juga merupakan tumbuhan yang mampu menghasilkan tanin. Adanya tanin dalam serasah daun bakau ini juga merupakan penyebab lambatnya dekomposisi, karena tanin yang terkandung dalam organ tumbuhan bersifat bakteriostatik, fungistik dan merupakan racun <32,36>.

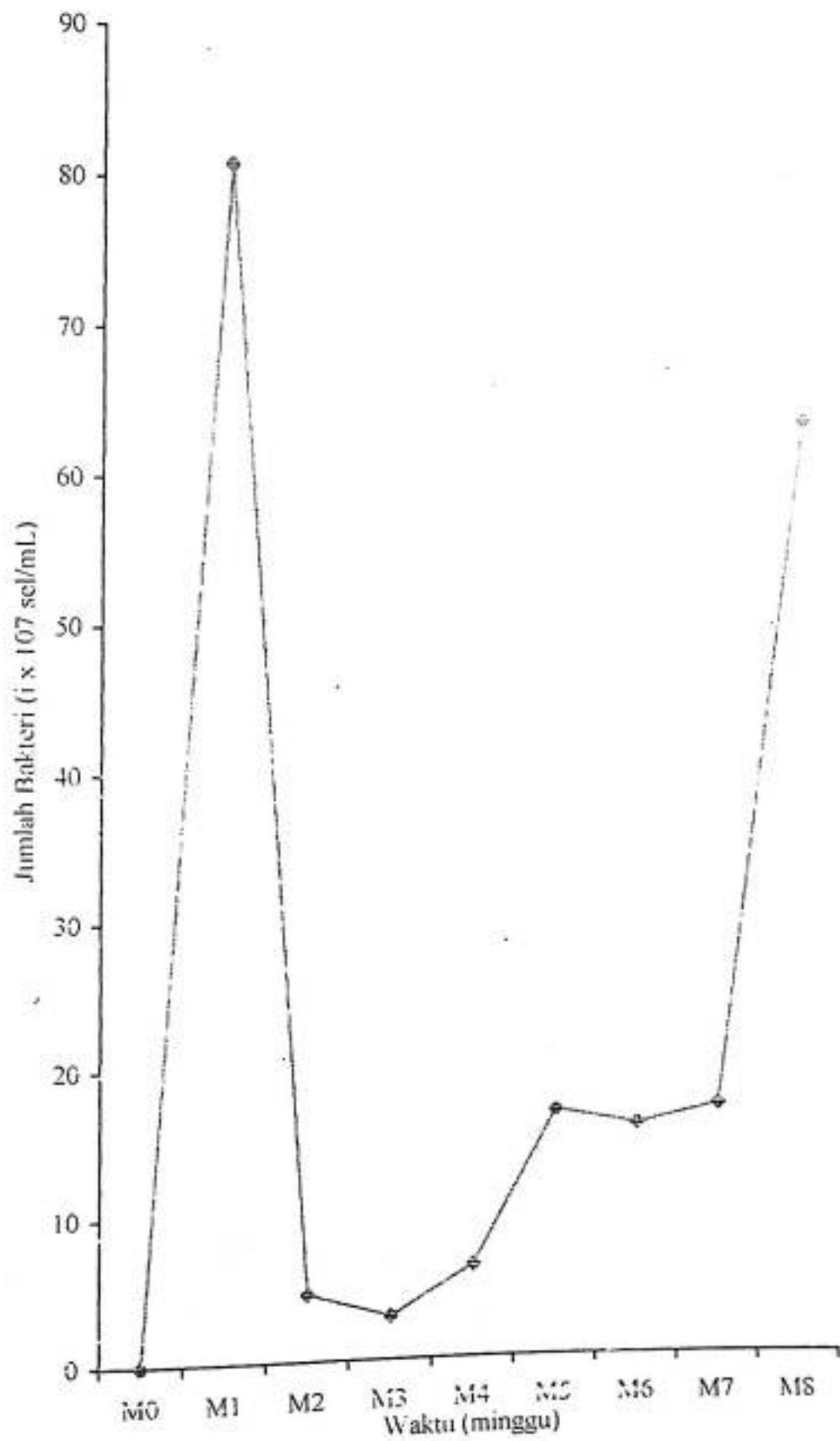
#### IV.2.4 Jumlah Bakteri

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian variasi konsentrasi campuran isolat bakteri sedimen mangrove berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah bakteri selama proses dekomposisi berlangsung. Jumlah mikroorganisme dalam hal ini bakteri berhubungan erat dengan waktu adaptasi mikroorganisme tersebut. Makin banyak jumlahnya pada suatu proses, adaptasinya semakin cepat, yang kemudian berfluktuasi selama berlangsungnya proses dekomposisi.

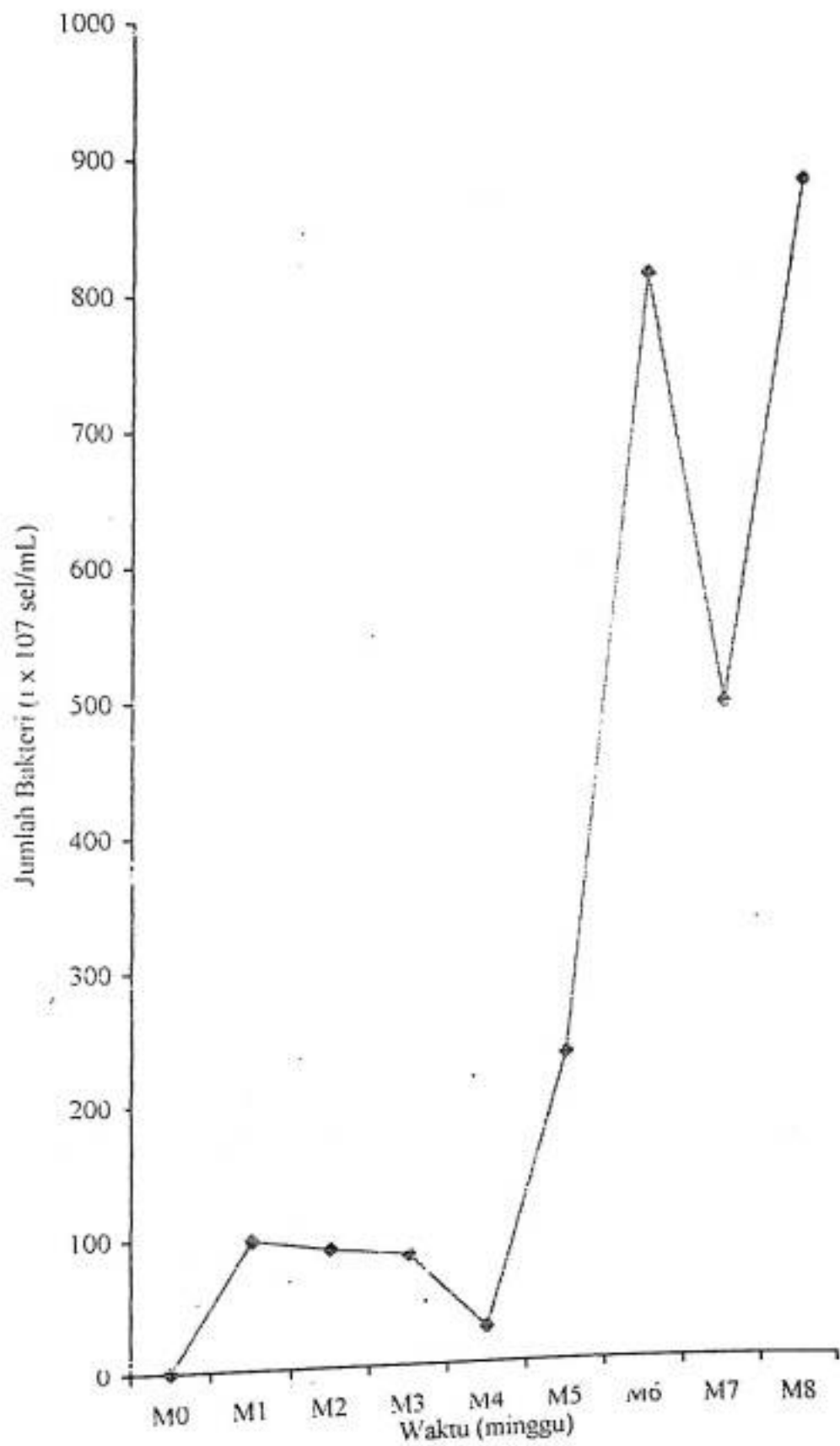
Selama proses dekomposisi diperoleh rata-rata jumlah bakteri per minggu seperti yang disajikan dalam Tabel 5. Dari data yang diperoleh, dapat dilihat bahwa terjadi fluktuasi jumlah bakteri dalam tiap minggunya, seperti yang dapat disajikan dalam gambar grafik di bawah ini.



Gambar 3. Grafik jumlah bakteri per minggu selama proses dekomposisi untuk perlakuan A

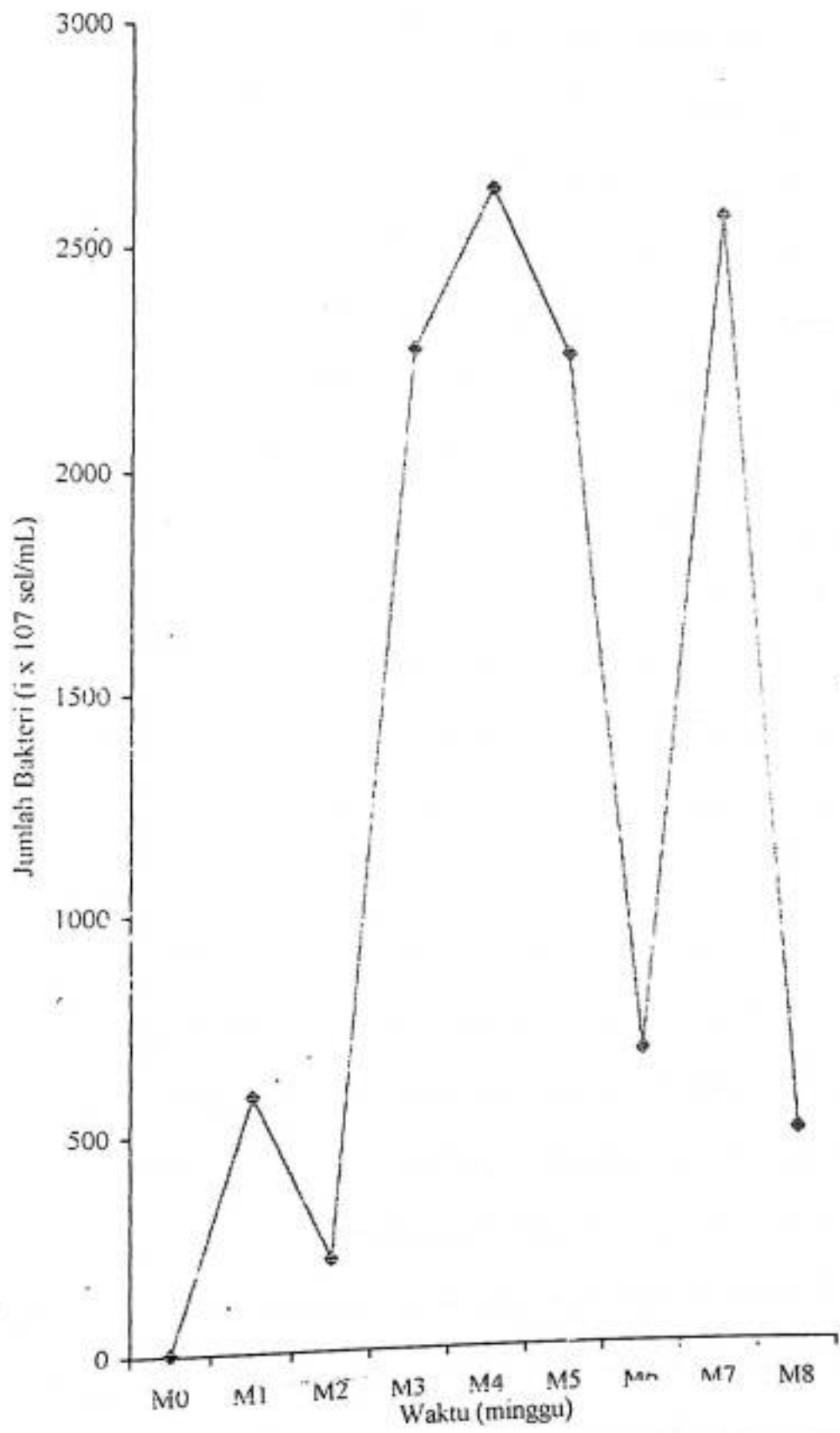


Gambar 4. Grafik jumlah bakteri per minggu selama proses dekomposisi untuk perlakuan B



Gambar 5. Grafik jumlah bakteri per minggu selama proses dekomposisi untuk perlakuan C.





Gambar 6. Grafik jumlah bakteri per minggu selama proses dekomposisi untuk perlakuan D.

Dari grafik pada Gambar 3, dapat dilihat terjadinya fluktuasi jumlah bakteri, yaitu pada perlakuan A (Kontrol) setelah proses dekomposisi berlangsung 2 minggu. Pada minggu ke-3, ke-5 dan ke-7 nampak penurunan jumlah bakteri sedangkan pada minggu ke-4, ke-6 dan ke-8 nampak peningkatan jumlah bakteri. Fluktuasi jumlah bakteri ini yang berselang pada tiap minggunya dapat disebabkan oleh terdapatnya sebagian bakteri yang mati pada minggu ke-2, kemudian oleh bakteri yang masih bertahan hidup dapat tetap beradaptasi dan tumbuh dengan baik pada minggu berikutnya, namun karena bakteri ini tidak mampu memanfaatkan bahan organik dalam serasah daun bakau sebagai sumber energi dan penyusun substansi dalam sel-selnya, sehingga dalam grafik Gambar 3 ini dapat dilihat kemampuan bakteri tersebut kurang mampu beradaptasi dengan baik dalam tumpukan serasah. Selain itu juga disebabkan oleh karena pada perlakuan ini (kontrol) tidak ditambahkan bakteri pendegradasi serasah.

Dari grafik pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa pada minggu ke-2 proses dekomposisi terjadi penurunan jumlah bakteri, namun untuk perlakuan C ( $2.4 \times 10^6$  sel/mL) penurunan jumlah bakterinya berangsur-angsur hingga minggu ke-4, kemudian meningkat hingga pada minggu ke-6 dan menurun kembali pada minggu ke-7. Pada perlakuan B setelah minggu ke-2, jumlah bakteri kembali berfluktuasi dan berangsur-angsur meningkat pada minggu ke-5 hingga minggu ke-8. Sedangkan pada perlakuan D, setelah jumlah bakteri menurun pada minggu ke-2, terjadi peningkatan jumlah bakteri 2 minggu berikutnya, namun 2 minggu setelah itu kembali terjadi peningkatan jumlah bakteri. Pada minggu ke-7

kembali terjadi peningkatan dan pada minggu ke-8 jumlah bakteri menurun kembali.

Fluktuasi jumlah bakteri pada masing-masing perlakuan sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, jumlah bakteri dan kemampuan bakteri tersebut dalam proses dekomposisi. Dari grafik dapat dilihat bahwa jumlah pada masing-masing perlakuan B, C dan D mengalami penurunan pada minggu ke-2, salah satu penyebabnya adalah faktor pH. pH tumpukan pada minggu ke-2 menunjukkan kondisi tumpukan bersifat asam (pH 5,55; 6,03 dan 5,31). Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh aktivitas bakteri sedimen mangrove, dimana dalam proses penguraiannya, sebagian bakteri menghasilkan asam-asam organik yang justru mempengaruhi dan bahkan menghambat pertumbuhan bakteri lainnya, dengan demikian jumlah bakteri secara keseluruhan menurun. Namun bila pH berada dalam kisaran yang baik untuk pertumbuhan bakteri (pH = 6 - 7), jumlah bakterinya berfluktuasi, hal ini dipengaruhi oleh faktor-faktor pendukung lainnya seperti suhu dan kelembaban serta jumlah bakteri awal proses dekomposisi. Bila jumlah atau konsentrasi bakteri pada awal proses dekomposisi banyak berarti banyak pula bakteri yang beradaptasi, sehingga pada proses dekomposisi serasah daun bakau ini, perlakuan D dengan konsentrasi tertinggi ( $3,6 \times 10^7$  sel/mL) tetap menunjukkan jumlah bakteri yang tertinggi berdasarkan rata-rata jumlah bakteri tiap minggu selama proses dekomposisi ( $1486,66 \times 10^7$  sel/mL), sebagaimana yang disajikan dalam Tabel 5.

Penurunan jumlah sel bakteri dalam proses dekomposisi ini disebabkan pula oleh jenis atau golongan bakterinya. Berdasarkan kisaran suhu yang diperoleh dalam

penelitian ini (25,27 - 29,50°C) maka bakteri yang berperan adalah bakteri psikrofilik dan mesofil. Bakteri ini antara lain dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Enterobacter*, *Staphylococcus* dan *Actinomyces*.

Penggunaan kultur campuran untuk 17 isolat bakteri sedimen mangrove yang mengandung bakteri dari genus tersebut sangat memungkinkan terjadinya kompetisi dalam pemanfaatan bahan organik dari serasah daun bakau. Demikian pula produk akhir yang dihasilkan oleh masing-masing bakteri. Produk akhir sebagai hasil atau sisa metabolisme oleh sebagian bakteri, dapat menjadi sumber makanan bagi sebagian bakteri yang lain sehingga terjadi peningkatan terhadap jumlah bakteri, namun jika sisa metabolisme itu bersifat toksik bagi sebagian bakteri, maka dapat menyebabkan kematian bagi sebagian bakteri yang lain, dengan demikian terjadi penurunan jumlah bakteri. Hanya bakteri yang mampu memanfaatkan sisa metabolisme yang dapat tumbuh dan berkembang dan melakukan kegiatan dekomposisi terhadap serasah daun bakau, walau terjadi fluktuasi jumlah bakteri setiap minggunya pada masing-masing perlakuan, namun dari hasil rata-rata pengukuran selama 8 minggu tetap menunjukkan peningkatan jumlah bakteri pada perlakuan yang diujikan.

Rata-rata peningkatan jumlah bakteri yang berlangsung selama proses dekomposisi untuk masing-masing perlakuan berturut-turut adalah perlakuan A (kontrol) mengalami peningkatan jumlah bakteri kira-kira  $3,3 \times 10^7$  sel/mL. Perlakuan B berkisar  $27,57 \times 10^7$  sel/mL, perlakuan C sekitar  $248,27 \times 10^7$  sel/mL atau  $2,48 \times 10^9$  sel/mL dan perlakuan D sebesar  $1486,66 \times 10^7$  sel/mL atau  $14,87 \times 10^9$  sel/mL.

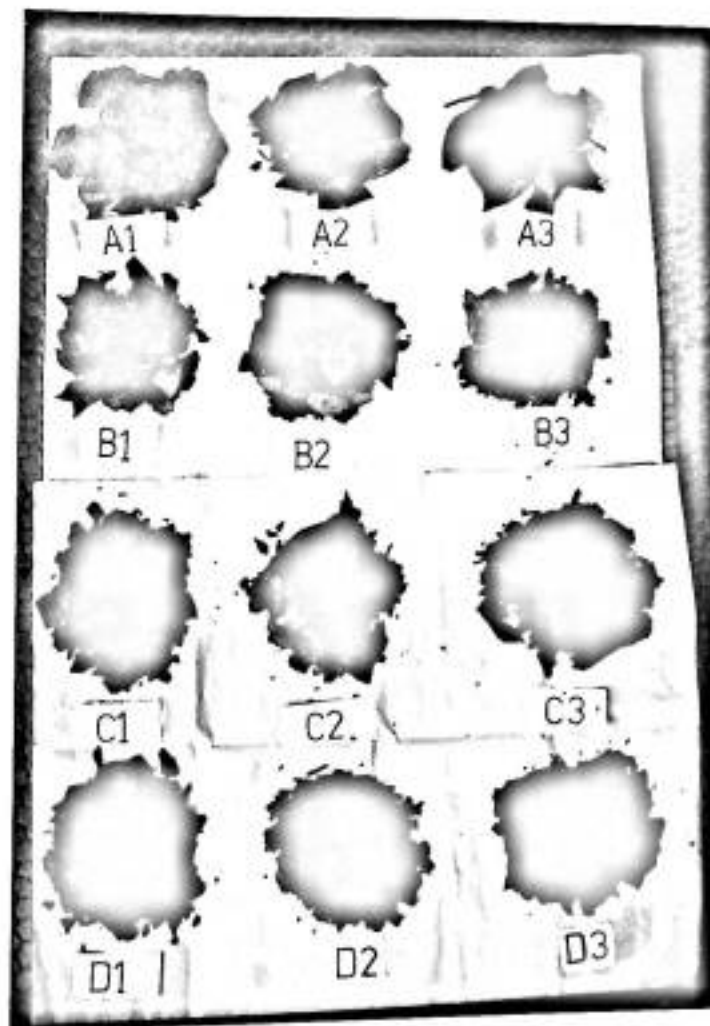
Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Biddlestone, A. J., dan Gray, K. R, dalam penelitiannya tentang produksi pupuk organik melalui proses dekomposisi memperoleh jumlah bakteri sekitar  $10^8$  sampai  $10^9$  sel/g <37>. Berdasarkan pada jumlah bakteri tersebut maka dapat dinyatakan bahwa jumlah bakteri yang diperoleh pada akhir proses dekomposisi adalah berbeda untuk tiap proses dekomposisi, hal ini sangat tergantung pada kondisi dalam proses dekomposisi itu sendiri, terutama kandungan bahan organiknya.

Dalam proses dekomposisi khususnya proses pengomposan sangat tergantung pula pada golongan jasad reniknya seperti mesofil dan termofil. Pada tahap awal proses dekomposisi, jasad renik mesofil yang hidup dalam tumpukan cenderung meningkat, namun jika suhu tumpukan meningkat hingga suhunya di atas  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  jasad renik mesofil akan bergerak keluar tumpukan dan bahkan mati sehingga hanya jasad renik termofil yang bertahan hidup. Di atas suhu  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  jasad renik sangat sulit untuk bertahan hidup <35>.

Hal ini menunjukkan bahwa suatu proses dekomposisi dapat dikatakan berakhir jika jumlah jasad reniknya berkurang karena jasad renik tersebut telah mati pada saat suhu di atas  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan kenyataan ini maka dapat dikatakan bahwa terjadinya peningkatan rata-rata jumlah bakteri pada proses dekomposisi serasah daun bakau ini dan meningkatnya jumlah bakteri pada minggu terakhir (minggu ke-8) proses dekomposisi khususnya untuk perlakuan B dan C menunjukkan bahwa proses dekomposisi serasah daun bakau ini belum mencapai tahap akhir proses dekomposisi. Demikian pula dengan kondisi fisik serasah daun bakau setelah

mengalami proses dekomposisi selama 8 minggu (60 hari) belum seluruhnya menjadi kompos atau humus yang merupakan koloid yang amorf. Secara fisik, Gaur (1983) menggambarkan kompos sebagai bahan yang berstruktur remah, agak lepas, tidak menggumpal, berwarna gelap dan berbau seperti humus atau tanah.

Hasil akhir proses dekomposisi terhadap serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.), berdasarkan kondisi fisiknya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 7.** Kondisi Fisik Serasah Daun Bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) setelah proses dekomposisi

#### IV.2.5. Hubungan Karbon dan Nitrogen dalam Dekomposisi

Karbon dan nitrogen merupakan dua unsur penting dalam menentukan baik tidaknya hasil-hasil proses dekomposisi. Terutama jika nilai kandungan unsur karbon diperbandingkan dengan nilai kandungan unsur nitrogen. Perbandingan ini dikenal dengan nama rasio C/N.

Dari hasil penelitian ini diperoleh hasil akhir dekomposisi serasah daun bakau mempunyai kandungan unsur hara yang tinggi. Kandungan unsur karbon sebelum proses dekomposisi ini menurun terutama pada perlakuan dengan konsentrasi bakteri tertinggi (perlakuan D). Penurunan unsur karbon ini menunjukkan bahwa telah terjadi proses dekomposisi senyawa karbon. Bahan organik yang terkandung dalam jaringan tanaman, khususnya pada serasah daun mangrove digunakan oleh bakteri sebagai sumber energi. Hadisumarto (1992) mengemukakan bahwa kurang lebih sepertiga dari kandungan unsur karbon berubah bentuk dan menyatu dalam kompos, sedangkan dua pertiga bagian lainnya menjadi karbondioksida dan tidak lagi bermanfaat bagi lingkungan <35>.

Dalam proses dekomposisi, substansi yang pertama kali hilang karena aktivitas mikroba adalah senyawa yang larut dalam air seperti glukosa <31>. Aktifitas mikroba dalam ini adalah penguraian bahan organik selulosa, hemiselulosa dan lignin yang dilakukan oleh bakteri pendegradasi bahan organik antara lain adalah *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Actinomyces* dan *Enterohacter*.

Glukosa sebagai salah satu substansi atau senyawa yang mudah larut dalam air, tidak selamanya tersedia dalam jaringan tanaman sebagai suatu molekul

sederhana, namun keberadaannya dalam serasah daun bakau ini tergabung dalam suatu molekul yang sangat kompleks yaitu selulosa. Pada penguraian selulosa ini, sangat dimungkinkan oleh bakteri yang mampu menghasilkan enzim selulase. Enzim ini memecah struktur kristalin selulosa menjadi suatu disakarida yaitu selobiosa, selobiosa akan dihidrolisis lebih lanjut oleh enzim selobiase menjadi suatu monosakarida yaitu glukosa. Glukosa ini dapat dimetabolismekan langsung oleh bakteri atau akan terhimpun bersama dengan sisa organik yang belum terurai <31>.

Sebagaimana dengan selulosa, hemiselulosa yang dalam hal ini berperan adalah xilosa (xilan), dalam proses penguraiannya tidak lepas dari enzim. Xilan akan lebih cepat terurai oleh sejumlah besar mikroorganisme, hal ini disebabkan karena banyak bakteri pengurai selulosa juga memproduksi xilanase. Enzim xilanase ini berperan dalam menguraikan xilan yang pada akhirnya akan menghasilkan karbondioksida dan sebagian lagi menjadi bahan penyusun sel bagi bakteri .<23>

Bakteri seperti *Actinomyces* dan *Pseudomonas* dapat menurunkan berat molekul lignin. Penurunan berat ini berkaitan dengan penggunaan selulosa dan hemiselulosa yang menyelubungi lignin. Keberadaan lignin di alam, umumnya ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan selulosa, maupun dengan hemiselulosa. Sehingga dalam proses dekomposisinya juga tidak terlepas dari persenyawaan tersebut. Persenyawaan lignoselulosa misalnya, ini melibatkan pula kerja enzim selulase dengan hasil akhir penguraiannya akan menghasilkan karbondioksida dan air <23>. Karbon yang berasal dari lignin, hanya sedikit yang menjadi konstituen sel. Sebagian besar karbon yang berasal dari lignin ditemukan kembali dalam bahan kompos <31>.



Setelah proses degradasi sisa-sisa tumbuhan atau serasah daun bakau oleh berbagai enzim seperti selulosa, xilanase dan sebagainya, kemudian proses berlanjut dengan pengambilan nutrisi seperti nitrogen dan lain-lain <31>. Senyawa yang mengandung nitrogen sebagai hasil dekomposisi bahan organik adalah amonium, nitrat, nitrit dan gas nitrogen.

Amonium merupakan bentuk pertama N<sup>+</sup> yang diperoleh dari penguraian protein melalui proses enzimatik yang dilakukan oleh bakteri. Amonium ini digunakan oleh bakteri atau diubah menjadi nitrat. Perubahan amonium menjadi nitrat akan menghasilkan zat antara yaitu nitrit. Sedangkan nitrat sendiri merupakan hasil akhir dari proses dekomposisi senyawa nitrogen. Perubahan amonium menjadi nitrat dan nitrit disebut nitrifikasi <33>.

Kandungan unsur nitrogen pada serasah daun bakau sebelum proses dekomposisi berkisar 0,42%. Setelah proses dekomposisi kandungan unsur nitrogen ini meningkat. Unsur nitrogen ini juga dibutuhkan oleh bakteri sebagai sumber nutrisi untuk pembentukan sel-sel tubuhnya. Agar proses dekomposisi berjalan dengan cepat, maka dibutuhkan sejumlah nitrogen oleh bakteri yang diperolehnya melalui proses perombakan protein. Jika bakteri tersebut mati, maka unsur nitrogen tersebut akan tinggal dalam kompos <35>. Salah satu usaha penambahan N dalam penelitian ini adalah penambahan urea, sehingga terjadi introduksi N ke dalam serasah daun bakau selama proses dekomposisi berlangsung. Kenyataan ini merupakan salah satu penyebab tingginya kandungan unsur nitrogen pada akhir dekomposisi.

Telah dikemukakan bahwa rasio C/N dapat menjadi indikasi baik tidaknya hasil akhir proses dekomposisi. Dalam penelitian ini, rasio C/N awal diperoleh sekitar 60: 1. Dari rasio C/N ini nampak bahwa bahan organik serasah daun bakau mempunyai proporsi kandungan selulosa yang tinggi, sehingga untuk mencapai keadaan ideal untuk proses dekomposisi perlu ditambahkan bahan yang mempunyai kandungan unsur nitrogen yang tinggi, karena dalam penelitian ini ditambahkan urea untuk meningkatkan unsur nitrogen.

Pada akhir dekomposisi diperoleh rasio C/N sebesar 6 : 1. Bila hasil ini dibandingkan dengan rasio C/N kompos yang baik (C/N = 10:1), maka hasil kompos ini tidak termasuk dalam kategori hasil yang baik, sehingga kurang efektif untuk dimanfaatkan secara langsung. Adapun kriteria kompos yang baik adalah mempunyai rasio C/N yang mendekati rasio C/N tanah yaitu C/N = 10 – 12 : 1 <38>.

Rendahnya kandungan C/N setelah proses dekomposisi berlangsung selama 8 minggu, tidak lepas dari beberapa faktor yang mempengaruhi proses dekomposisi seperti suhu, kelembaban, pH, jumlah bakteri atau konsentrasi bakteri yang diberikan ke dalam proses dekomposisi, pemanfaatan senyawa karbon oleh bakteri dan meningkatnya kadar nitrogen.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### V.1 Kesimpulan

Berdasar pada hasil pengamatan dan pembahasan, maka dapatlah disimpulkan sebagai berikut:

- Konsentrasi tertinggi ( $3,6 \times 10^7$  sel/mL) campuran isolat bakteri sedimen mangrove mempercepat laju dekomposisi, dari 6,86 gram/8 minggu atau 23,43% menjadi 13,59 gram/8 minggu atau 46,22% serta dapat menurunkan rasio C/N serasah daun bakau dari 60,93 : 1 menjadi 6,07 : 1.
- Hasil dekomposisi serasah daun bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) untuk semua perlakuan diperoleh rata-rata rasio C/N yang rendah (6 : 1) bila dibandingkan rasio C/N yang ideal (10 : 1) sehingga kurang efektif untuk dimanfaatkan langsung sebagai pupuk organik.
- Genus dari bakteri yang berperan dalam proses dekomposisi ini adalah *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Enterobacter*, *Staphylococcus* dan *Actinomyces*.

#### V.2 Saran

Untuk lebih mengetahui efektifitas bakteri sedimen mangrove dalam mengurai serasah daun bakau, maka hendaknya dilakukan penelitian lanjutan dengan penggunaan isolat murni bakteri monokultur, dan tanpa penambahan urea.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Por, F. D. and I. Dor, 1984. **Hydrobiology of The Mangal: The Ecosystem of the Mangrove Forests**. Dr. W. Junk. The Hague.
2. Paramudji, 1997. **Konservasi dan Pendayagunaan Sumber Daya Hayati di Indonesia yang Berwawasan Lingkungan**. Prosiding II Seminar Nasional Biologi XV. Perhimpunan Biologi Nasional. Lampung.
3. Khairijon, 1991. **Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah di Hutan Bakau Hasil Reboisasi yang Berbeda Kelas Umurnya**. Prosiding Seminar IV Ekosistem Mangrove 7 - 9 Agustus. Panitia Nasional Program MAB Indonesia-LIPI. Bandar Lampung.
4. Lederberg, Joshua., 1992. **Encyclopedia of Microbiology**. Vol. 3. Academic Press. Tokyo Toronto.
5. Ruyitno dan Soeminarti S. Thayib, 1984. **Distribusi Bakteri Heterotrofik di Perairan Sekitar Hutan Mangrove Cilacap**. Prosiding Seminar II Ekosistem Mangrove 3 - 5 Agustus. Panitia Nasional Program MAB Indonesia-LIPI. Baturranden.
6. Nontji, A., 1993. **Laut Nusantara**. Djambatan. Jakarta.
7. Sediadi dan Pramudji., 1987. **Penelitian Kecepatan Gugur Daun dan Penguraiannya dalam Hutan di Teluk Ambon**. Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove 5 - 8 Agustus. Panitia Nasional Program MAB Indonesia-LIPI. Denpasar.
8. Steinke, T. D. et. al., 1983. **Degredation of Mangrove Leaf and Steam Tissue in Situ Mgeni Estuary, South Africa**. Dr. W. Junk, The Hague.
9. Wijaya, H. E., 1999. **Aplikasi Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dengan Menggunakan Citra Landsat-tm Tahun 1996 untuk Mengetahui Luas Lahan dan Potensi Hutan Mangrove di Pulau Tanakeke Kabupaten Takalar**. Skripsi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kelautan dan Perikanan. UNHAS. Ujung Pandang.
10. Darsidi, A., 1987. **Perkembangan Pemanfaatan Hutan Mangrove di Indonesia**. Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove 5 - 8 Agustus. Panitia Nasional Program MAB Indonesia-LIPI. Denpasar.

11. \_\_\_\_\_, 1984. **Pengelolaan Hutan Mangrove di Indonesia**. Prosiding Seminar II Ekosistem Mangrove 3 - 5 Agustus. Panitia Nasional Program MAB Indonesia-LIPI. Baturranden.
12. Anwar, J. dkk., 1984. **Ekologi Ekosistem Sumatera**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
13. Tomlison, P. B., 1986. **The Botany of Mangrove**. Cambridge University Press. London.
14. Nybakken, W.J., 1986. **Biologi Laut suatu Pendekatan ekologis**. Gramedia. Jakarta.
15. Baratamiharja, M., 1991. **Pengelolaan Hutan Payau di Pantai Utara Pulau Jawa**. Prosiding Seminar IV Ekosistem Mangrove 7 - 9 Agustus. Panitia Nasional Program MAB Indonesia-LIPI. Bandar Lampung.
16. Soegiarto, A., 1984. **The Mangrove Ecosystem in Indonesia**. Dr. W. Junk. The Hague.
17. Steenis, Van C.G.G.J., 1992. **Flora untuk Sekolah di Indonesia**. Pradnya Paramita. Jakarta.
18. Tjitrosoepomo, G., 1991. **Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
19. Rheinheimer, G., 1927. **Aquatic Microbiology**. John Wiley and Sons Publisher. New York.
20. Atlas, R. M., and R. Bartha, 1981. **Microbial Ecology Fundamentals and Application**. Addison Wesley Publishing Company. Philipines.
21. Syam, N., 1990. **Inventarisasi Bakteri Tanah Hutan Bakau**. Skripsi Sarjana Jurusan Biologi Fakultas MIPA UNHAS. Ujungpandang.
22. Sutedjo, M. M. dkk., 1991. **Mikrobiologi Tanah**. Rineka Cipta. Jakarta.
23. Schelegel, H. G. and K. Schmidt, 1994. **Mikrobiologi Umum**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
24. Alexander, M., 1930. **Introduction to Soil Microbiology**. John Wiley and Sons Publisher. New York.
25. Rao, S., 1994. **Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman**. Universitas Indonesia Press. Jakarta.

26. Austin, B., 1988. **Methods in Aquatic Bacteriology**. A Wilye Interscience Publication. New York.
27. Merk, E., 19 , **Handbook Culture Media Merk**. Frankfurter strabe & son. D-G100 Darmstandt 1.
28. Budji, Risco, Natsir Djide dan Zaraswaty Dwyana, 1996. **Mikrobiologi Umum dalam Praktek**. Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi F.MIPA UNHAS Ujungpandang.
29. Gomez, Kwanchai A., dan Artiro A. Gomez, 1995. **Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian**. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
30. Koesdebiono, 1979. **Dasar-Dasar Ekologi (Bagian IV. Ekologi Perairan)**. Pengelola Sumber Daya Alam dan Lingkungan IPB. Bogor.
31. Joetono, 1995. **Biologi dan Biokimia Peruraian Bahan Organik**. Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
32. Imas, Tedja., 1989. **Mikrobiologi Tanah**. Depdikbud Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi PAU Bioteknologi IPB, Bogor.
33. Najamuddin, 1997. **Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah di Hutan Mangrove Desa Toke-toke Kabupaten Sinjai**. Skripsi S-1. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNHAS. Ujung Pandang.
34. Knoz, George, A., 1986. **Estuarine Ecosystems: A Systems Approach**. Vol. 1. CRC Press. Bocaa Raton Florida
35. Hadisumarno, Djunaedi, 1992. **Buku Panduan Teknik Pembuatan Kompos dari Sampah, Teori dan Aplikasi**. Center for Policy and Impelemantation Syudies (CIPS). Jakarta.
36. Saleng, Ruslan, 1992. **Kadar Ekstrak Tanin pada Beberapa jenis Bakau**. Skripsi Sarjana Fakultas Pertanian UNHAS. Ujungpandang.
37. Mariarty, D.J.W., and R.S.V. Pullin, 1987. **Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture**. International Center For Living Aquatic Respurces Management (ICLARM). Deutsce Gesellschaft fur Technische Zumanmear beit (GTZ), Gmbh. Manila, Philipines.
38. Murbandono, L. 1997. **Membuat Kompos**. Penebar Swadaya. Jakarta.