

UJI KEMAMPUAN EFEKTIF MIKROORGANISME 4 (EM4) TERHADAP  
PENURUNAN KADAR BAHAN ORGANIK DI PERAIRAN

SKRIPSI

WAHYUDDIN  
L 111 99 052



PERPUSTAKAAN	WAHYUDDIN
Tgl. Terima	23-10-2004
Dari	Fakul Kelautan
Jumlahnya	1 (Satu) Exp
Uraian	Sumbangan
No. Stok	0410230193
	23220 (K)

JURUSAN ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2004

Judul : Uji Kemampuan Efektif Mikroorganisme 4 (EM 4)  
Terhadap Penurunan Kadar Bahan Organik di Perairan

Nama : Wahyuddin

Stambuk : L 111 99 052

Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat  
Meraih Gelar Sarjana  
Pada Jurusan Ilmu Kelautan

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**  
**JURUSAN ILMU KELAUTAN**  
**FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2004**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Uji Kemampuan Efektif Mikroorganisme 4 (EM 4)  
Terhadap Penurunan Kadar Bahan Organik di Perairan

Nama : Wahyuddin

Stambuk : L 111 99 052



Skripsi ini Telah  
Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh

  
Ir. Arniati, MSi  
Pembimbing Utama

  
Rastina ST, MT  
Pembimbing Anggota

Diketahui oleh

  
Ir. H. Hamzah Sunusi, MSc  
Dekan

  
Anran, MSi  
Ketua Program Studi

## ABSTRAK

WAHYUDDIN. *Uji Kemampuan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) Terhadap Penurunan Kadar Bahan Organik di Perairan* (di bawah bimbingan Amiati dan Rastina).

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan April - Mei 2004 bertempat di Laboratorium Fisiologi Hewan Air, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi EM4 yang efektif untuk mendegradasi bahan organik di perairan. Dalam penelitian ini, digunakan 3 perlakuan konsentrasi stok EM4 masing-masing A (20 ppm), B (40 ppm), C (80 ppm) dan sebuah kontrol dengan pengulangan sebanyak 3 kali tiap perlakuan. Tata letak percobaan dilakukan secara acak lengkap (RAL). Untuk mengetahui perubahan kadar bahan organik, dilakukan pengukuran parameter utama berupa Bahan Organik Total (BOT), Amoniak ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), Nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), pada setiap hari dan Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) diukur pada awal dan akhir saja. Untuk parameter penunjang, diukur DO, salinitas, pH, dan suhu yang dilakukan setiap hari dan kekeruhan pada awal dan akhir percobaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah perlakuan selama 7 hari, nilai BOT, Amoniak, dan  $\text{H}_2\text{S}$  belum mengalami penurunan yang ditunjukkan dengan nilai Efisiensi Pengubahan (Ep) yang negatif. Nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), terbaik pada perlakuan A (0,02 ppt) dengan nilai Efisiensi Pengubahan (Ep) mencapai 50%. Sedangkan untuk penurunan Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) terbaik pada perlakuan B (0,04 ppt) dengan nilai Ep mencapai 18,1 %.

Selama penelitian, suhu percobaan dalam keadaan yang optimal bagi proses degradasi. Namun kondisi lingkungan lainnya (DO, salinitas, pH, dan kekeruhan) dalam keadaan yang tidak optimal bagi proses degradasi.

## KATA PENGANTAR

Segala pujian hanyalah tertuju pada-Nya, atas karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan “buah tangan” yang merupakan tugas akhir penulis pada Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin. Doa keselamatan tak lupa terhaturkan buat Muhammad SAW “manusia paripurna” sepanjang zaman.

Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan semua pihak sehingga “buah tangan” kecil ini bisa terselesaikan,

1. Terima kasih kepada Ayah dan Ibu atas keikhlasannya dalam mendidik penulis sejak kecil. Semoga Allah SWT menyayangi Ibu dan Bapak sebagaimana rasa sayang Ibu dan Bapak kepada penulis.
2. Terima kasih kepada Tim Komisi Pembimbing, Ibu Ir.Arnianti,MSi dan Ibu Rastina ST,MT, atas kesediaannya dalam membimbing penulis dari awal hingga akhir penelitian.
3. Terima kasih kami haturkan kepada pihak PERTAMINA UPMS VII Makassar atas bantuan pendanaan yang telah diberikan. Semoga keberpihakan PERTAMINA pada dunia pendidikan dapat menjawab “keluh kesah” pembiayaan penelitian dan sekaligus menjadi stimulan bagi badan usaha lain.
4. Terima kasih kepada keluarga besar di Kompleks Bumi Bung Permai Blok C.15 dan C.16, terima kasih atas doa dan pertemanannya.
5. Terima kasih kepada Jamaah Masjid Al-Muhajirin Bumi Bung Permai dan rekan-rekan di Mushalla Bahrul Ulum Ilmu Kelautan atas doa dan nasihatnya.

6. Terima kasih kepada rekan penelitiku Bang Sam, Mba Ika dan rekan-rekan di Laboratorium Fisiologi Biota Laut yang telah “rela dipayahkan” tanpa pamrih. Terima kasih juga terhaturkan kepada seluruh unit BTKL atas analisis sampelnya.
7. Terima kasih kepada seluruh rekan-rekan seangkatan 99 atas “coretannya” dalam bingkai hidup penulis.
8. Terima kasih juga penulis haturkan kepada seluruh staf pengajar dan civitas akademika yang lain. Terima kasih juga kepada “nakhoda” ruang baca kelautan atas kebaikan yang telah diberikan dan diajarkan kepada penulis.
9. Terima kasih juga penulis haturkan kepada banyak pihak yang tak sempat dituliskan namanya, namun telah membantu banyak.

Harapan penulis, semoga skripsi yang berjudul “Uji Kemampuan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) Terhadap Penurunan Kadar Bahan Organik di Perairan” dapat ikut serta memberi sumbangsuhnya atas khasanah keilmuan.

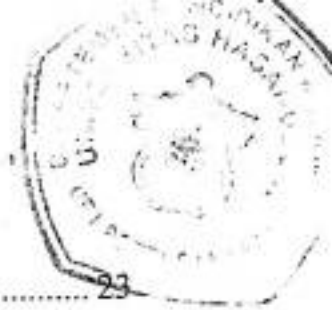
Kepada para pembaca kami memohon maaf atas ketidaksempurnaan skripsi ini. Olehnya itu, kami mengharap kritik dan saran para pembaca sehingga pada masa mendatang “buah tangan” ini dapat lebih sempurna. Akhirnya kepada Allah jualah dikembalikan segala perkara, Dia yang Maha Mengetahui denyut hati dan semoga persembahan ini dapat bermakna di hadapan-Nya.

Makassar, 22 Agustus 2004

Wahyuddin

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
PENDAHULUAN	
Latar Belakang.....	1
Tujuan dan Kegunaan.....	3
Batasan Masalah.....	3
TINJAUAN PUSTAKA	
Wilayah Laut dan Pesisir.....	4
Pencemaran Laut dan Pesisir.....	5
Bahan Organik.....	6
Dekomposisi Bahan Organik Oleh Mikroorganisme.....	9
Efektif Mikroorganisme 4 (EM4).....	13
Kualitas Air.....	17
METODOLOGI PENELITIAN	
Waktu dan Tempat.....	23



Alat dan Bahan.....	23
Prosedur penelitian.....	24
Analisa Data.....	26

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Parameter Penunjang.....	27
Bahan Organik Total (BOT).....	30
Amoniak (NH <sub>3</sub> -N).....	34
Nitrit (NO <sub>2</sub> -N).....	37
Nitrat (NO <sub>3</sub> -N).....	40
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S).....	42

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan.....	44
Saran.....	44

**DAFTAR PUSTAKA.....**

**LAMPIRAN.....**

**RIWAYAT HIDUP PENULIS.....**



## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1	Rata-rata suhu air ( $^{\circ}\text{C}$ ) untuk perlakuan A, B, dan C ..... 27
2.	Rata-rata pH air untuk perlakuan A, B dan C..... 28
3.	Rata-rata DO air (ppm) untuk perlakuan A, B dan C ..... 29
4.	Rata-rata Salinitas air (ppt) untuk perlakuan A, B dan C ..... 30
5.	Efisiensi perubahan (Ep) bahan organik total (BOT) (%) dalam air selama penelitian..... 33
6.	Efisiensi perubahan (Ep) Amoniak ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) (%) dalam air selama penelitian..... 36
7.	Efisiensi perubahan (Ep) nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) (%) dalam air selama penelitian .... 39
8.	Efisiensi perubahan nitrit ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) (%) dalam air selama penelitian..... 41
9.	Hasil pengukuran konsentrasi Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) pada awal dan akhir percobaan (ppm)..... 42

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1.	Grafik rata-rata konsentrasi BOT (ppm) selama penelitian..... 31
2.	Grafik rata-rata konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ (ppm) selama penelitian..... 34
3.	Grafik rata-rata konsentrasi $\text{NO}_2\text{-N}$ (ppm) selama penelitian..... 37
4.	Grafik rata-rata konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ (ppm) selama penelitian..... 40

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Hasil pengukuran suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) untuk perlakuan A (20 ppm), B (40 ppm) dan C (80 ppm).....	48
2. Hasil pengukuran pH untuk perlakuan A (20 ppm), B (40 ppm) dan C (80 ppm).....	48
3. Hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) (ppm) untuk perlakuan. A (20 ppm), B (40 ppm) dan C (80 ppm).....	49
4. Hasil pengukuran kekeruhan (NTU) untuk perlakuan A (20 ppm), B (40 ppm) dan C (80 ppm).....	49
5. Hasil pengukuran salinitas (ppt) untuk perlakuan. A (20 ppm), B (40 ppm) dan C (80 ppm).....	50
6. Hasil pengukuran Bahan Organik Total (BOT) (ppm) untuk setiap perlakuan .....	50
7. Hasil pengukuran Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) (ppm) untuk setiap perlakuan.....	51
8. Hasil pengukuran Nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) (ppm) untuk setiap perlakuan.....	51
9. Hasil pengukuran Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) (ppm) untuk setiap perlakuan.....	52

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Wilayah pesisir dan laut adalah wilayah yang sangat kaya dan subur. Pada wilayah ini, hidup berbagai biota laut yang saling bergantung satu sama lain dan menjadi aset penting bagi kehidupan umat manusia. Laut dan segala potensi yang terkandung didalamnya, sebagian besar telah dimanfaatkan manusia untuk berbagai keperluan hidup, diantaranya sebagai sumber pemenuhan protein, sarana transportasi, kepentingan penelitian, rekreasi, pertambangan, bahkan sebagai tempat pembuangan limbah.

Tingginya aktifitas di wilayah laut dan pesisir, berpotensi menurunkan kualitas lingkungan. Penurunan kualitas tersebut, didukung oleh letak wilayah laut dan pesisir pada ketinggian paling rendah dari permukaan bumi lainnya. Secara alami, bagian bumi yang terendah akan menjadi tempat mengendap segala material bebas termasuk sampah organik yang mengalir dari wilayah yang lebih tinggi (Nybakken, 1988).

TPI Rajawali adalah salah satu contoh perairan yang telah mengalami degradasi kualitas. Penelitian Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Makassar (2003), mendapatkan BOD<sub>5</sub> perairan ini mencapai kadar 30 ppm lebih tinggi dari kadar BOD<sub>5</sub> Pantai Losari yang mencapai 20 ppm. Sedangkan menurut Lee, *et al*

(1978) dalam Tambaru (1999) perairan dengan nilai  $BOD_5 \geq 15$  ppm adalah perairan yang tercemar berat.

Olehnya itu, pencarian metodologi untuk pembenahan lingkungan yang layak secara teknis, ekonomi, serta aman di perairan dan khususnya perairan TPI Rajawali menjadi sesuatu yang harus dilakukan, sehingga dapat mendukung program pengembangan wisata Pantai Losari seperti yang dicanangkan oleh Pemerintah Kota Makassar. Pencarian/pengujian metodologi melalui skala laboratorium dibutuhkan agar faktor lingkungan dapat dikontrol, disamping untuk mencegah dampak buruk pada lingkungan.

Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurai bahan organik. Teknologi ini, pertama kali dikembangkan untuk bidang pertanian, khususnya dalam pembuatan kompos. EM 4 terdiri dari 5 famili 10 genera dan lebih dari 80 spesies mikroorganisme (Higa, 1997), sebagian besar terdiri dari bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, dan Jamur (Anonim, 2003).

Aplikasi EM4 selain dalam bidang pertanian, juga telah dikembangkan untuk bidang lain. EM4 di Jepang telah diaplikasikan untuk pengolahan limbah dan pembersihan lingkungan (Higa, 1997). Selain itu, penggunaan EM4 untuk penguraian tanah dasar tambak juga dimungkinkan. Hasil penelitian Ramdhani (2000), mendapatkan bahwa EM4 memberikan efek penurunan bahan organik tanah dasar tambak terbaik pada salinitas 30 ppt yaitu sebesar 23,32 % lebih baik dari salinitas 10 ppt, 20 ppt, dan 40 ppt.

Atas dasar pertimbangan ini, maka EM4 diharapkan efektif digunakan untuk mengurai bahan pencemar organik di perairan, sehingga kualitas perairan dapat lebih ditingkatkan.

### **Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi EM4 yang efektif untuk mendegradasi bahan organik di perairan.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi untuk menyusun metode penanggulangan pencemaran bahan organik yang terjadi di perairan.

### **Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini dibatasi pada pengukuran beberapa parameter yang sebagai berikut :

1. Bahan Organik Total (BOT)
2. Nitrit ( $\text{NO}_2$ )
3. Nitrat ( $\text{NO}_3$ )
4. Amoniak ( $\text{NH}_3$ )
5.  $\text{H}_2\text{S}$

Dengan parameter penunjang yaitu : DO, suhu, pH, salinitas, dan kekeruhan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Wilayah Laut dan Pesisir

Wilayah pesisir di Indonesia didefinisikan sebagai daerah pertemuan antara darat dan laut, ke arah darat meliputi daerah yang masih dipengaruhi oleh laut dan ke arah laut dibatasi hingga daerah yang masih dipengaruhi oleh daratan (Soegiarto 1976, dalam Dahuri dkk, 2001), sedangkan wilayah laut didefinisikan sebagai satu kesatuan dari permukaan, kolom air sampai ke dasar dan bawah laut, ke darat dibatasi oleh wilayah pesisir dan ke laut hingga wilayah ZEE atau Zona Ekonomi Eksklusif (Dahuri dkk, 2001).

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki wilayah laut dan pesisir yang sangat luas. Wilayah yang luas tersebut, juga dikaruniai dengan biodiversitas (tingkat keanekaragaman hayati) yang sangat tinggi sehingga Indonesia disebut sebagai negara *megabiodiversity*.

Namun, wilayah laut dan pesisir yang luas dengan kekayaan hayati yang terkandung didalamnya, bukan merupakan aset yang abadi sepanjang masa. Aset tersebut, sewaktu-waktu dapat musnah, bahkan berpotensi menjadi ancaman yang sangat buruk bagi kehidupan umat manusia bila tidak dikelola secara bijak. Potensi pencemaran merupakan salah satu contoh ancaman yang dapat muncul dari wilayah laut dan pesisir.

Pencemaran pada wilayah laut dan pesisir dimungkinkan karena wilayah laut dan pesisir mendiami tempat terendah dari permukaan bumi serta merupakan tempat

mengalir dan mengendapnya semua material dari darat, termasuk bahan pencemar. Olehnya itu wilayah laut dan pesisir berpotensi besar untuk mengalami pencemaran (Dahuri dkk, 2001).

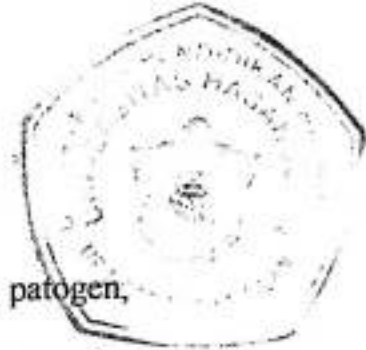
### **Pencemaran Laut dan Pesisir**

Pencemaran laut (perairan pesisir) diartikan sebagai “dampak negatif” (pengaruh yang membahayakan) terhadap kehidupan biota, sumber daya, dan kenyamanan (*amenities*) ekosistem laut serta kesehatan manusia dan nilai guna lainnya dari ekosistem laut yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh pembuangan bahan-bahan atau limbah (termasuk energi) ke laut yang berasal dari kegiatan manusia (GESAMP, 1986 *dalam* Dahuri dkk, 2001).

Lautan yang merupakan 2/3 bagian dari luas bumi ini, telah lama dipandang sebagai tempat terakhir yang cocok untuk pembuangan sampah yang dihasilkan manusia. Pandangan ini menganggap bahwa volume lautan dunia yang sangat luas mempunyai kemampuan yang tidak terbatas untuk menyerap atau mengencerkan semua sampah manusia. Namun pada tahun terakhir, diketahui bahwa pandangan tersebut adalah salah, sebab laut memiliki limit kapasitas muatan sampah, yang apabila berlebihan maka akan merusak kehidupan biota (Nybakken, 1988).

Sumber pencemaran perairan pesisir dan lautan menurut Dahuri dkk (2001), mengelompokkan menjadi 7 kelas yaitu: industri, limbah cair pemukiman (*sewage*), limbah cair perkotaan (*urban stormwater*), pertambangan, pelayaran (*shipping*), pertanian, dan perikanan budidaya. Selanjutnya Supriharyono (2002), mengungkapkan





bahwa kandungan bahan pencemar yang masuk ke perairan terdiri atas ; patogen, sedimen, sampah padat, panas, air tawar, air asin, racun organik dan anorganik, minyak bumi (*petroleum*), unsur hara, unsur radioaktif, asam-basa, bahan-bahan yang menyebabkan oksigen terlarut dalam air berkurang (*oxygen depleting substances*) serta bahan-bahan yang tidak nyaman dari segi estetika. Bahan pencemar tersebut, secara umum dikelompokkan sebagai bahan pencemar organik ( dan anorganik.

### Bahan Organik

Senyawa organik (*organik compound*) diartikan sebagai senyawa yang terdiri atas karbon dan hidrogen, umumnya polar, dengan atau tanpa oksigen, nitrogen atau unsur lain (Amiruddin dkk, 1993).

Menurut Sawyer dan Mc Carty (1978) dalam Effendi (2000), bahan organik dibedakan dengan bahan anorganik melalui beberapa ciri yaitu :

1. Bahan organik mudah terbakar.
2. Bahan organik memiliki titik beku dan titik didih yang rendah.
3. Bahan organik biasanya lebih sukar larut dalam air
4. Beberapa jenis bahan organik bersifat *isomerisme* yaitu memiliki rumus molekul sama.
5. Reaksi bahan organik dengan senyawa lain bersifat lambat karena berlangsung dalam bentuk ion.
6. Berat molekulnya lebih tinggi, dapat melebihi dari 1000.
7. Umumnya dapat menjadi substrat bagi bakteri (dapat diurai oleh bakteri).

Menurut Supriharyono (2002), bahan organik yang masuk dalam perairan akan mengalami perombakan dan tidak hanya menghasilkan air dan karbon dioksida, tetapi juga komponen anorganik seperti fosfor dan nitrogen yang merupakan unsur hara yang penting bagi kehidupan organisme, khususnya dalam hal produksi biomassa oleh tumbuhan. Hal itulah yang menyebabkan wilayah perairan alami yang dekat dengan pantai serta mendapatkan limbah bahan organik dari daratan, umumnya merupakan lahan yang subur dan menjadi penyuplai unsur hara bagi wilayah perairan laut yang lebih luar (Nybakken, 1988)

Penyusun utama dari bahan organik yang mencemari perairan menurut Dugan (1972) dalam Effendi (2000), sebagian besar tersusun atas polisakarida (karbohidrat), polipeptida (protein), lemak (*fats*), dan asam nukleat. Selanjutnya Tebbut (1992) mengungkapkan bahwa perbandingan protein, karbohidrat, dan lemak dari suatu limbah domestik masing-masing adalah 65 %, 25 %, dan 10 %.

Bahan organik bila masuk dalam perairan dalam jumlah banyak dan terus menerus menurut Sunu (2001), akan berdampak :

1. Turunnya DO (*Dissolved Oxygen*).

Oksigen terlarut (DO) yang rendah di perairan terjadi sebagai akibat dari aktivitas dekomposisi bahan organik yang banyak membutuhkan oksigen termasuk oksidasi oleh bakteri (oksidasi biologis) dan oksidasi kimia khususnya untuk senyawa yang bersifat mudah menguap (volatil). Apabila aktivitas tersebut tidak diimbangi dengan aerasi atau produksi oksigen lainnya, lambat laun akan

mengakibatkan kondisi anoxia (kekurangan oksigen) di perairan. Kondisi anoxia ini, jika berlangsung lama dapat menyebabkan kehidupan biota terganggu/mati.

## 2. Eutrofikasi.

Eutrofikasi atau pengkayaan diartikan sebagai perkembangbiakan tumbuhan air yang cepat karena adanya suplai zat hara berlebihan. Eutrofikasi di perairan laut dapat mendorong timbulnya "*red tides*" yang menghasilkan toxic bagi biota lainnya. Perairan yang mengalami eutrofikasi, pada siang hari dapat mengalami jenuh oksigen, tetapi pada malam hari dapat menjadi anoksik (kehabisan oksigen), karena oksigen habis digunakan untuk respirasi hewan maupun tumbuhan serta mikroorganisme (Supriharyono, 2002).

## 3. Kekeruhan.

Kondisi perairan yang keruh dapat mengurangi penetrasi matahari sehingga dapat mengurangi kegiatan fotosintesa tumbuhan yang hidup pada kolom air sehingga menyebabkan tidak tersedianya makanan buat tingkat trofik selanjutnya, selain hilangnya produksi oksigen dalam kolom air. Hasil persenyawaan unsur-unsur organik yang membentuk bahan organik, ketika dilaut akan mengalami berbagai proses termasuk dekomposisi/degradasi oleh mikroorganisme. Dari hasil dekomposisi/degradasi tersebut, akan dihasilkan nutrisi yang dapat membantu pertumbuhan dan sebagai hasil sampingan, juga dihasilkan antibiotik yang bersifat menghambat pertumbuhan organisme lain (Sidharta, 2000).

## **Dekomposisi Bahan Organik Oleh Mikroorganisme**

Limbah yang kaya akan bahan organik umumnya dibuang ke dalam perairan dalam bentuk kotoran (ternak, manusia, dll), limbah pengolahan makanan dari buah, daging, susu dan industri gula, seperti halnya limbah dari pabrik kertas, limbah kota dan industri lain (Conell *et al*, 1995). Limbah organik tersebut jika masuk dalam perairan akan mengalami degradasi secara kimiawi maupun biologis. Degradasi secara kimiawi terjadi melalui reaksi oksidasi oksigen. Proses ini membutuhkan ketersediaan oksigen yang cukup dan disebut *Chemical Oxygen Demand* (COD). Degradasi secara biologis terjadi dengan bantuan mikroorganisme (Tebbutt, 1992). Selanjutnya dijelaskan oleh Jenie dkk (1993), bahwa degradasi limbah secara biologis umumnya lebih lambat. Supriharyono (2002), juga menyatakan bahwa bahan organik yang masuk dalam perairan akan mengalami dua bentuk perombakan, yaitu secara aerob dan anaerob. Pada kondisi yang minim oksigen, maka perombakan akan didominasi oleh bakteri anaerob. Sebaliknya bila oksigen tersedia cukup perombakan akan didominasi oleh bakteri aerob. Akan tetapi perombakan secara anaerob akan berjalan lebih lambat dari perombakan secara aerob (Khatuddin, 2003).

Jenie dkk (1993) mengelompokkan mikroorganisme dalam limbah organik ditemukan empat kelompok mikroorganisme yaitu : virus, organisme prokariotik, organisme eukariotik, dan invertebrata sederhana. Mikroorganisme tersebut memiliki kemampuan untuk merombak bahan organik dengan menggunakannya dalam metabolisme. Selanjutnya dijelaskan oleh Sunu (2001), bahwa dari kelompok

mikroorganisme tersebut, yang paling berperan dalam perombakan tersebut adalah dari kelompok bakteri, karena memiliki laju metabolisme yang paling tinggi dari mikroorganisme lainnya.

Aktivitas bakteri dalam mendekomposisi bahan organik tergantung pada kerja enzim yang dihasilkan melalui sintesa dalam sel. Menurut Pelczar dan Chan (1986), bahwa enzim dari bakteri tertentu hanya bereaksi dengan substrat yang spesifik. Prinsip inilah yang menyebabkan dalam dekomposisi limbah, mikroorganisme murni tidak pernah digunakan melainkan selalu dipakai mikroorganisme kultur (campuran).

Aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik, juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang ada disekitarnya. Beberapa faktor lingkungan yang dimaksud adalah :

#### 1. Suhu.

Setiap mikroorganisme dapat bekerja optimum pada suhu yang berbeda-beda. Akan tetapi umumnya dekomposisi oleh mikroorganisme akan meningkat pada suhu 5-35<sup>0</sup>C. Pada kisaran ini, peningkatan suhu 10<sup>0</sup>C akan meningkatkan proses dekomposisi dan konsumsi oksigen dua kali lipat (Effendi, 2000). Selanjutnya menurut Zo Bell (1946) dalam Sidharta (2000) untuk bakteri laut yang hidup dalam sedimen, pertumbuhan dan perbanyakkan akan optimum pada suhu 18 °C dan bila berada pada 30 °C selama 10 menit, perbanyakkan akan terhambat hingga 20-30 %.

## 2. pH

Nilai pH optimum bagi pertumbuhan kebanyakan bakteri terletak antara 6,0 – 8,0 (neutrofil), namun ada pula yang optimal pada pH 3,0 (asidofil), dan yang lain disebut alkalofil dengan pH optimum 10,5 (Sidharta, 2000). Dijelaskan pula bahwa bila bakteri dikultivasi dalam suatu medium, maka dimungkinkan pH tersebut akan berubah sebagai akibat dari pengeluaran asam/basa yang dihasilkan dari aktivitas pertumbuhannya (Pelczar dan Chan, 1986). Sedangkan untuk organisme jamur cenderung optimum pada pH asam (Effendi, 2000).

## 3. Oksigen.

Dalam mendegradasi bahan pencemar di perairan, mikroorganisme memiliki respon yang berbeda. Ada mikroorganisme yang hidupnya tergantung oleh suplai oksigen disebut mikroorganisme aerobik dan ada pula mikroorganisme yang hidupnya akan terhambat dengan kehadiran oksigen disebut mikroorganisme anaerobik, dan ada mikroorganisme yang bila oksigen tersedia akan menggunakan oksigen tetapi sebaliknya jika tidak ada maka dapat tumbuh dalam suasana yang anaerob jenis ini disebut mikroorganisme fakultatif anaerobik (Sunu, 2001). Dijelaskan oleh Buckle (1987), bahwa bakteri yang dapat hidup pada suasana oksigen yang lebih rendah dari oksigen di atmosfer disebut sebagai bakteri mikroerofilik.

## 4. Jenis bahan organik.

Jenis bahan organik sangat mempengaruhi proses dekomposisi. Bahan organik dengan struktur molekul yang lebih sederhana (rantai lurus) akan lebih mudah

dari struktur molekul yang lebih rumit (siklik). Gula umumnya lebih mudah di dekomposisi dari selulosa, dan selulosa akan lebih mudah dari lignin ataupun senyawa organik berupa minyak yang berantai siklik (Effendi, 2000).

#### 5. Rasio karbon dan nitrogen

Perbandingan berat kering antara karbon dan nitrogen dalam tubuh jamur adalah 50% dan 5 % sedangkan dalam tubuh bakteri perbandingannya karbon 50% dan nitrogen 10%. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme khususnya jamur dan bakteri membutuhkan ketersediaan nitrogen cukup (Effendi, 2000). Olehnya itu, jika suatu bahan organik masuk ke perairan yang minim nitrogen, maka mikroorganisme akan menggunakan nitrogen yang terlarut dalam perairan, dan hal ini akan mengurangi ketersediaan nitrogen. Dalam siklusnya, nitrogen selain dimanfaatkan oleh mikroorganisme juga dilepas ke perairan untuk digunakan oleh makhluk hidup lain serta sebagian akan terlepas ke atmosfer (Khatuddin, 2003).

#### 6. Salinitas dan ion lainnya

Salinitas pada berbagai tempat di lautan terbuka yang jauh dari pantai biasanya berkisar antara 34 – 37 ‰ dengan rata-rata 35 ‰ (Nybakken, 1988). Hasil penelitian banyak ahli mengatakan bahwa bakteri galur laut mudah mati pada salinitas yang tinggi, diungkapkan pula bahwa kesetimbangan ion dalam air laut sangat mempengaruhi sifat bakterisidal air laut (Sidharta, 2000).

### Efektif Mikroorganisme 4 (EM4)

Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) adalah teknologi yang ditemukan oleh Teruo Higa, dari Universitas Ryukyus, Jepang. EM4 terdiri dari kultur campuran mikroorganisme yang bekerja saling menguntungkan (Wididana dkk, 1996). Campuran mikroorganisme tersebut, terdiri atas mikroorganisme fermentasi dan sintetik yang terdiri atas 5 famili 10 genera dan lebih dari 80 spesies mikroorganisme (Higa, 1997). Sebagian besar terdiri dari bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas Sp*), bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp*), *Actinomycetes sp*, jamur fermentasi (*Streptomyces Sp*) dan yeast (ragi) dan jamur pengurai selulosa (PT Songgolangit Persada, 2004).

Kerja teknologi EM4 didasarkan pada pemikiran bahwa EM melakukan fermentasi terhadap bahan organik menjadi energi organik dalam bentuk senyawa organik, gula, alkohol, asam amino, dan berbagai zat biogenik yang dapat diserap langsung oleh akar tanaman untuk memacu pertumbuhan dan perkembangannya. Pemikiran ini berbeda dengan teori sebelumnya yang menganggap bahwa tanaman hanya menyerap hara dalam bentuk ion (APNAN, 1995).

EM4 dalam bidang pertanian sudah digunakan meluas di Jepang, bahkan di negara-negara lain seperti; Amerika, Brazil, Taiwan, Korea Selatan, Thailand, Philipina, Malaysia, Bhutan, Australian, dan negara-negara anggota APNAN (Asia Pasific Natural Agriculture Network) lainnya (PT Songgolangit Persada, 2004). Selain untuk pertanian EM4 juga telah dikembangkan penggunaannya dalam bidang



lain seperti ; perikanan, peternakan, perkebunan, hingga pengolahan limbah. Bahkan dewasa ini teknologi fermentasi dari EM telah dikomersilkan untuk tujuan kesehatan.

Beberapa golongan utama dari kultur campuran mikroorganisme tersebut dirincikan sebagai berikut :

#### 1. Bakteri Fotosintetik

Dalam EM4 Bakteri fotosintetik adalah mikroorganisme yang keberadaanya paling penting karena bakteri ini membentuk zat-zat yang bermanfaat dari sekresi akar-akar tumbuhan, bahan organik maupun zat-zat yang berbahaya (seperti :  $H_2S$ ) dengan sumber energi berasal dari panas bumi dan energi matahari (APNAN, 1995). Selanjutnya dijelaskan oleh Widiyanto (2001), bahwa bakteri fotosintetik dalam metabolismenya menggunakan senyawa organik dan anorganik seperti  $H_2S$ , Nitrit, Amoniak, dan  $FeS$  sebagai donor elektronnya serta  $CO_2$  sebagai sumber karbon. Hamid (1995) dalam Ramdhani (2000) menyatakan bahwa dalam metabolisme bakteri fotosintetik mengubah bahan organik menjadi nitrogen terlarut, asam amino, zat bioaktif dan gula.

Menurut Umpel (1997), bakteri fotosintetik adalah bakteri yang bersifat anoksigenik (bakteri yang hidup pada kondisi oksigen rendah). Bakteri fotosintetik ditemukan pada perairan laut, tawar, dan estuaria serta pada daerah interface sedimen dan air. Kondisi habitat tersebut, biasanya masih terdapat cahaya yang tembus untuk melakukan proses fotosintesa serta kandungan oksigen rendah dan biasanya banyak mengandung  $H_2S$  (Brock dan Madigan, 1991; Boyd dan Fast, 1992; dalam Widiyanto, 2001).

Pfening dan Truper (1989) dalam Widiyanto (2001), membagi bakteri fotosintetik dalam dua kelompok yaitu bakteri hijau dan ungu. Bakteri hijau terdiri dari dua famili, yaitu *Chlorobiaceae* (bakteri hijau sulfur) dan *Chloroflexaceae* (bakteri hijau berfilamen multiseluler). Sedangkan bakteri ungu terdiri dari tiga famili yaitu ; *Chromatiaceae* (bakteri ungu sulfur), *Ectothiorhodospirillaceae*, dan *Rhodospirilaceae* (bakteri ungu non sulfur).

## 2. Bakteri Asam Laktat

*Lactobacillus sp* dalam EM4 merupakan golongan yang terbesar (Wididana, 1996). Bakteri ini, memproduksi asam laktat dalam penggunaan gula, yang diperoleh dari bakteri fotosintesa dan ragi. Asam laktat berfungsi untuk mempercepat dekomposisi dari bahan organik (Hamid, 1995 dalam Ramdhani 2000). Disamping itu, asam laktat sendiri dapat mengakibatkan kemandulan (sterilizer). Olehnya itu, *Lactobacillus sp* memiliki kemampuan untuk menekan pertumbuhan mikroorganisme merugikan. Bakteri ini mengurai bahan organik seperti *lignin* dan *selulosa*, serta memfermentasikannya tanpa menimbulkan pengaruh-pengaruh merugikan yang diakibatkan oleh bahan-bahan organik yang tidak terurai. Dalam bidang pertanian, bakteri asam laktat terbukti dapat menekan pertumbuhan *Fusarium* yang merupakan mikroorganisme merugikan yang menimbulkan penyakit pada lahan-lahan yang ditanami terus-menerus. Keberadaan *Fusarium* menyebabkan kondisi tanaman menjadi lemah. Selain itu, Bakteri asam laktat juga menekan pertumbuhan cacing yang merugikan yang ada ditanah (APNAN, 1995).

### 3. *Actinomycetes sp*

*Actinomycetes sp* merupakan organisme yang memiliki bentuk antara bakteri dan jamur. Penghasil zat-zat anti mikroba dari asam amino yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintetik dan bahan organik. Zat-zat anti mikroba ini menekan pertumbuhan jamur dan bakteri. *Actinomycetes sp* hidup berdampingan dengan bakteri fotosintetik. Dengan demikian kedua spesies ini sama-sama meningkatkan mutu lingkungan tanah, melalui jalan meningkatkan aktivitas mikroba tanah (APNAN, 1995).

### 4. Jamur Fermentasi

Jamur Fermentasi (peragian) seperti *Aspergillus* dan *penicillum* berfungsi dalam menguraikan bahan organik secara cepat untuk menghasilkan alkohol, ester dan zat-zat anti mikroba. Zat-zat tersebut akan menghilangkan bau dan mencegah serbuan serangga dan ulat- ulat yang merugikan (APNAN, 1995).

### 5. Yeast atau Ragi

Ragi membentuk zat-zat anti bakteri dan zat yang bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman. Zat-zat tersebut disintesa dari asam-asam amino dan gula yang dikeluarkan oleh Bakteri fotosintetik dan dari bahan organik serta akar-akar tanaman yang telah membusuk (APNAN, 1995).

Ragi memproduksi bahan aktif yang membantu aktivitas dan perkembangan mikroorganisme lain yang terdapat dalam kultur campuran EM4 yaitu *Actinomycetes sp* dan *Lactobacillus sp* (Hamid, 1995 dalam Ramdhani, 2000)

=

Fungsi yang berbeda dari tiap mikroorganisme yang terdapat dalam EM4 membentuk sebuah mekanisme "hidup berdampingan secara damai dan saling menguntungkan". Mekanisme ini telah mampu meningkatkan kemampuan EM4 dalam merombak bahan pencemar (APNAN, 1995)

Menurut Higa (1996), EM4 telah diaplikasikan untuk berbagai fungsi baik dalam peningkatan mutu hasil pertanian, peternakan, serta pengolahan limbah (rumah tangga, sampah kota, maupun limbah industri)

Di Indonesia EM4 telah diujicobakan untuk pertanian, perikanan, peternakan, serta pengolahan sampah kota. Untuk pengolahan sampah dengan menggunakan EM4 telah dimulai di Kota Bandar Lampung yang melibatkan 2580 kepala keluarga. Di daerah ini, sampah masyarakat dikumpulkan dan kemudian diolah menjadi kompos untuk dijual ataupun digunakan ([www.inovasi.pemda.com](http://www.inovasi.pemda.com)).

### **Kualitas Air**

Kuaitas air menggambarkan suatu kondisi air ditinjau dari faktor fisika, kimia dan biologi yang berpengaruh terhadap kelayakan penggunaan air (Anonim, 1988). Mutu air penting untuk diketahui dan dikontrol agar diketahui peruntukannya dan agar dapat ditingkatkan mutunya atau mencegah pencemaran lebih bila mutunya dapat mengancam kehidupan biota yang menggunakan air sebagai wadah hidupnya. Beberapa parameter kimia yang digunakan dalam pemeriksaan kualitas air adalah :

ketersediaan oksigen di perairan dan pada unit pengolahan limbah sering menjadi faktor pembatas (Jenie dkk, 1993).

Ketersediaan oksigen terlarut dalam perairan, adalah hal yang sangat penting artinya agar dapat mendukung aktifitas biosfer yang terdapat didalamnya. Beberapa hal yang mempengaruhi ketersediaan oksigen terlarut dalam perairan, menurut Sunu (2001), adalah :

- a. Jumlah bahan organik, jumlah bahan organik yang masuk dalam perairan akan mengalami perombakan. Namun dalam perombakan tersebut, terjadi konsumsi oksigen yang sangat besar dari mikroorganisme. Semakin banyak bahan organik yang ingin dirombak maka akan semakin banyak jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan.
- b. Kehadiran organisme fotosintetik, organisme fotosintetik dalam perairan akan melakukan reaksi fotosintesis untuk menghasilkan energi dan zat organik bermanfaat serta melepaskan oksigen. Olehnya itu adanya reaksi fotosintetik yang dilakukan oleh organisme berklorofil, dengan sendirinya akan menambah oksigen terlarut dalam perairan khususnya di siang hari.
- c. Penetrasi cahaya, penetrasi cahaya yang baik mutlak dibutuhkan untuk mendukung aktifitas fotosintetik berlangsung optimal. Penetrasi cahaya sendiri sangat dipengaruhi oleh ; sudut datang matahari dan tingkat kecerahan perairan.
- d. Suhu, semakin tinggi suhu akan menyebabkan kelarutan oksigen semakin rendah dan sebaliknya suhu yang rendah akan dapat meningkatkan daya larut oksigen

dalam air. Hal tersebut, juga berkaitan dengan tingkat konsumsi oksigen oleh organisme yang akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu.

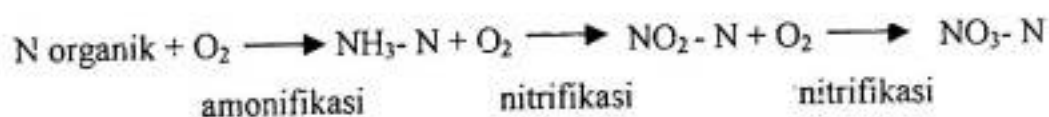
- e. Kekentalan, semakin tinggi tingkat kekentalan perairan maka difusi oksigen dari atmosfer ke perairan juga akan semakin rendah. Selanjutnya ditambahkan oleh Effendi (2000), menyatakan bahwa kelarutan ion-ion garam yang tinggi juga mengurangi kelarutan oksigen dalam air.

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dinyatakan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk merombak bahan organik (Wardhana, 1999). Slamet (2002), menyatakan bahwa jika BOD (zat organik yang dapat dioksidasi) tinggi maka menunjukkan adanya pencemaran zat organik. Adanya perlakuan aerasi dapat menambah oksigen terlarut dan dapat mengurangi nilai BOD yang terdapat dalam air limbah (Jenie, 1993).

### 3. Amoniak ( $\text{NH}_3$ ), Nitrit ( $\text{NO}_2$ ), dan Nitrat ( $\text{NO}_3$ )

Nitrogen memasuki siklus dalam perairan dalam bentuk amonia sebagai hasil reduksi dari gas nitrogen melalui difusi dengan atmosfer, limbah domestik/industri, serta melalui perombakan protein dari proses *amonifikasi*. Selain itu dalam bentuk amonia, juga masuk dalam bentuk nitrat, yang dapat berasal dari pupuk, autolisis sel, kotoran organisme besar dan mikroorganisme (Connell *et al*, 1995). Amoniak dihasilkan dalam kondisi tanpa oksigen (anoxic), dan diketahui bersifat toksik (beracun). Diketahui pula bahwa daya racun tersebut semakin meningkat pada pH air yang tinggi (Buwono, 1992).

Nitrifikasi didefinisikan sebagai pembentukan *nitrit* dan *nitrat* dari amoniak yang dihasilkan dari reaksi *amonifikasi*. Ion nitrit merupakan senyawa antara untuk perubahan amoniak menjadi nitrat dan senyawa antara untuk membentuk *nitrogen bebas* dari *nitrat*. Karena sifat nitrit sebagai senyawa antara, menyebabkan keberadaannya dalam perairan selalu ditemukan sedikit (Effendi, 2000). Nitrit dalam perairan merupakan senyawa yang bersifat toksik, akan tetapi lebih berbahaya jika berada dalam bentuk asam ( $\text{HNO}_2$ ). Untuk menghambat terbentuknya asam tersebut, dapat dilakukan pengenceran. Langkah lainnya adalah melakukan proses denitrifikasi untuk mengubah nitrat dan nitrit menjadi *senyawa inert* (senyawa yang mudah menguap), sehingga kemudian mudah dilepas ke atmosfer (Jenie dkk, 1993). Berikut adalah bentuk perubahan senyawa nitrogen, sebagai hasil dekomposisi dari bahan organik yang terlarut dalam perairan menurut Effendi (2000) :



Berbeda dengan nitrit, keberadaan nitrat justru dibutuhkan dalam batas tertentu. Hal ini dikarenakan nitrat dibutuhkan oleh tanaman dan alga sebagai sumber nitrogen. Tetapi jika berlebihan dapat mendorong munculnya eutrofikasi yang berlebihan (Effendi, 2000).

#### 4. $\text{H}_2\text{S}$ (*Hidrogen Sulfida*)

Sulfur merupakan salah satu elemen yang menyusun protoplasma. Hal ini yang menyebabkan sehingga keberadaannya sangat dibutuhkan untuk mendukung

kehidupan makhluk hidup. Sulfur dimanfaatkan tumbuhan dalam bentuk  $\text{SO}_2$  (Effendi, 2000).

Sulfur dalam bentuk sulfat ( $\text{SO}_4$ ) diasimilasi oleh banyak mikroorganisme untuk dapat digunakan oleh organisme maka harus direduksi terlebih dahulu. Dalam reduksi tersebut, dihasilkan  $\text{H}_2\text{S}$  dan senyawa merkaptan. Senyawa tereduksi ini dapat menyokong metabolisme kimolitotrof. Sedangkan senyawa  $\text{H}_2\text{S}$  dengan bantuan oksigen dapat digunakan oleh bakteri sulfur dengan menyimpan tetesan sulfur kedalam selnya dan melepaskan air (Sidharta, 2000). Senyawa  $\text{H}_2\text{S}$  bersifat toksik pada banyak organisme. selain itu, senyawa ini juga menghasilkan bau yang busuk (Jawetz *et al*, 1995).



## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 26 April - 3 Mei 2004 bertempat di Laboratorium Fisiologi Hewan Air, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Air sampel diambil dari perairan TPI Rajawali dan untuk analisis kualitas air dilakukan di Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), Makassar.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Spektrofotometer : untuk mengukur Amoniak, H<sub>2</sub>S.
2. Colorimeter : Nitrit, Nitrat, kekeruhan.
3. DO meter : untuk mengukur DO
4. Termometer : untuk mengukur suhu.
5. Salinometer : untuk mengukur salinitas.
6. pH meter : untuk mengukur pH.
7. Stirefoam : untuk wadah sampel 12 buah.
8. Jerigen 20 liter : untuk mengambil sampel air.

Bahan yang digunakan adalah :

1. Air sampel dari Perairan TPI Rajawali.
2. EM4 produksi INKFS (Indonesia Nature Kyusei Farming Societies).

3. Molases atau gula pasir.
4. Air kemasan.
5.  $\text{KMnO}_4$

### Prosedur Penelitian

#### 1. Pengambilan Air Sampel

Sampel air diambil dari Perairan TPI Rajawali dengan menggunakan jerigen sebanyak 360 liter.

#### 2. Pengukuran Parameter Awal (hari ke-0)

Air contoh yang telah diambil, dimasukkan ke dalam wadah yang lebih besar agar homogen. Setelah itu, air dimasukkan pada kedalam 12 buah wadah masing-masing sebanyak 30 Liter. Kemudian dilakukan pengukuran parameter awal yaitu: BOT,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_3$ , DO, suhu, pH, salinitas, kekeruhan, dan  $\text{H}_2\text{S}$ .

#### 3. Pembuatan stok EM4

Menyiapkan 3 buah wadah yang telah diisi air kemasan masing-masing sebanyak 900 ml, kemudian ditambahkan EM4 dan gula dengan volume sebagai berikut :

- o Wadah I : EM4 sebanyak 540 ml + gula sebanyak 50 ml
- o Wadah II : EM4 sebanyak 1080 ml + gula sebanyak 100 ml
- o Wadah III : EM4 sebanyak 2160 ml + gula sebanyak 200 ml

Setelah itu, larutan kemudian didiamkan selama 24 jam untuk adaptasi terhadap lingkungannya (APNAN, 1997).

4. Inokulasi (penanaman) EM4 dalam air sampel

Larutan stok EM4 yang telah siap, kemudian masing-masing dibagi 3 dan diinokulasikan (ditanam) kedalam 9 wadah air sampel, sehingga membentuk konsentrasi EM4 masing-masing : 20 ppm, 40 ppm, dan 80 ppm, serta membiarkan 3 wadah lain untuk kontrol. Sebagai pengulangan, tiap konsentrasi (perlakuan) dilakukan sebanyak 3 kali.

5. Tata letak percobaan

Percobaan ditempatkan di luar ruangan dan diberi aerasi pada setiap perlakuan. Tata letak masing-masing percobaan dilakukan sesuai dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Tata letak percobaan selengkapya adalah sebagai berikut :

C2	A2	D2	B1
D1	D3	A3	A1
C3	C1	B3	B2

Keterangan : A = Konsentrasi 20 ppm.  
B = Konsentrasi 40 ppm.  
C = Konsentrasi 80 ppm.  
D = Kontrol.  
1,2,3 = Jumlah ulangan.

6. Pengukuran Parameter Setelah Penanaman

a. Perlakuan A (20 ppm), B (40 ppm), dan C (80 ppm), parameter yang diamati BOT, Amoniak, Nitrit, Nitrat, DO, salinitas, pH, dan suhu diukur setiap hari

selama 7 hari. Kemudian, kekeruhan, dan H<sub>2</sub>S diukur pada awal dan akhir percobaan saja.

b. Untuk perlakuan D (kontrol), pengukuran dibatasi pada parameter BOT, Amoniak, Nitrit, dan Nitrat pada awal dan akhir saja, untuk mengetahui nilai  $\bar{E}_p$  (Efisiensi perubahan) kontrol.

7. Efisiensi perubahan ( $E_p$ ) BOT, Nitrit, Amoniak, dihitung dengan menggunakan rumus *Suresh dan Lin, 1992* sebagai berikut :

$$E_p = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

$E_p$  = Efisiensi Perubahan (%)

A = Konsentrasi beban awal (%)

B = Konsentrasi beban akhir (%)

#### Analisa Data

Data efisiensi Perubahan ( $E_p$ ) BOT, Nitrit, Nitrat dan Amoniak yang di dapatkan, dianalisis secara deskriptif. Demikian halnya dengan parameter pendukung yang meliputi; DO, salinitas, pH, kekeruhan, dan H<sub>2</sub>S (Walpole, 1982).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Parameter Penunjang

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi aktifitas mikroorganisme, berikut adalah rata-rata suhu air selama penelitian, disajikan dalam tabel 1 dan secara rinci pada lampiran 1.

Tabel 1. Rata-rata suhu air ( $^{\circ}\text{C}$ ) untuk perlakuan A, B, dan C

Wadah	Hari Pengamatan							
	Awal (0)	1	2	3	4	5	6	7
A	30.800	29.967	25.320	25.250	25.470	23.497	23.233	26.717
B	30.800	29.633	24.563	23.303	25.017	23.100	22.583	26.657
C	30.800	29.633	24.957	22.963	24.950	22.983	22.427	26.570

Rata-rata suhu air selama percobaan (tabel 1), mencapai kisaran antara  $30,8^{\circ}\text{C}$  -  $22,427^{\circ}\text{C}$ . Kisaran suhu tersebut, sesuai untuk proses dekomposisi oleh mikroorganisme, sebagaimana dalam Effendi (2000), yang menyatakan bahwa mikroorganisme optimum dalam mendekomposisi pada kisaran suhu antara  $5-35^{\circ}\text{C}$ .

Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi inokulasi EM4, maka suhu semakin rendah. Hal ini terjadi, kemungkinan disebabkan oleh bakteri fotosintetik dari EM4 memiliki kemampuan untuk menggunakan panas yang ada dalam air untuk mengurai bahan organik dan membentuk zat-zat bermanfaat bagi autotrof (APNAN, 1995).

pH merupakan faktor lingkungan lain yang mempengaruhi aktifitas mikroorganisme, berikut adalah rata-rata pH air selama penelitian, disajikan dalam tabel 2 dan secara lengkap dalam lampiran 2.

Tabel 2. Rata-rata pH air untuk perlakuan A, B dan C.

Wadah	Hari Pengamatan							
	Awal (0)	1	2	3	4	5	6	7
A	8.284	7.596	6.306	6.097	5.565	5.259	5.351	5.784
B	8.284	6.791	4.566	4.688	4.779	5.034	4.971	5.271
C	8.284	6.580	4.222	4.154	4.099	4.057	4.062	4.444

Tabel 2 diatas memperlihatkan nilai pH percobaan pada awal percobaan yang bersifat basa yaitu 8,284. Setelah itu, pH terlihat bergerak turun hingga hari ke-5. Kemudian pada hari ke-6 dan ke-7, bergerak naik. Kisaran pH selama percobaan mencapai nilai 8,284 – 4.057. Kisaran pH tersebut, tidak optimal untuk proses degradasi bahan organik oleh mikroorganismenya. Hal ini sesuai dengan Effendi (2000), yang menyatakan bahwa agar degradasi bahan organik optimal, dibutuhkan pH netral dan alkalis (basa), karena pada pH tersebut bakteri dapat mendegradasi secara optimal. Selanjutnya dijelaskan oleh Sidharta (2000), bahwa pH rendah (asam) akan menyebabkan sel menjadi lisis (kerusakan).

Tabel 2 diatas, juga memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi inokulasi EM4 yang diberikan, maka pH air cenderung semakin rendah (bersifat asam). Hal ini diduga terjadi karena pada konsentrasi EM4 yang tinggi, karbondioksida (CO<sub>2</sub>) bebas juga semakin tinggi sebagai akibat dari respirasi mikroorganismenya EM4. Berkaitan dengan hal ini, Mackereth *et al* (1989) dalam Effendi (2000), menyatakan bahwa semakin tinggi CO<sub>2</sub> bebas, pH akan menjadi asam.

Faktor lingkungan lain yang mempengaruhi aktifitas mikroorganisme adalah DO (Dissolved Oksigen atau oksigen terlarut), berikut adalah rata-rata DO air selama penelitian, disajikan dalam tabel 3 dan secara rinci pada lampiran 3.

Tabel 3. Rata-rata DO air (ppm) untuk perlakuan A, B dan C.

Wadah	Hari Pengamatan							
	Awal (0)	1	2	3	4	5	6	7
A	2.210	0.130	0.103	0.130	0.217	0.533	0.623	0.293
B	2.210	0.073	0.063	0.067	0.073	0.440	0.357	0.193
C	2.210	0.057	0.037	0.037	0.040	0.080	0.067	0.063

Tabel 3 diatas memperlihatkan nilai DO pada awal percobaan mencapai 2,21 ppm. Setelah itu, DO kemudian turun hingga kisaran 0,037-0,623 ppm. Nilai kisaran tersebut, lebih rendah dari DO minimum agar oksigen tidak menjadi faktor pembatas pada unit pengolahan limbah, yang mensyaratkan DO diatas 1 ppm (Jenie *et al*, 1993).

Rendahnya nilai DO kemungkinan disebabkan oleh penggunaan oksigen yang tinggi oleh mikroorganisme dalam proses dekomposisi. Disamping itu, rendahnya DO juga disebabkan oleh nilai kekeruhan yang juga meningkat dari konsentrasi awal. Dari data kekeruhan rata-rata (lampiran 4), memperlihatkan adanya peningkatan untuk semua perlakuan, yaitu Perlakuan A meningkat dari 24 NTU menjadi 29,3 NTU, perlakuan B meningkat dari 24 NTU menjadi 25,3 NTU dan perlakuan C meningkat dari 24 NTU menjadi 61,3 NTU. Peningkatan nilai kekeruhan dapat menghambat laju fotosintesis yang ada dalam wadah percobaan. Hal tersebut sesuai dengan Effendi (2000), yang menyatakan bahwa peningkatan kekeruhan menjadi 25 NTU dapat mengurangi laju fotosintesis 13-50 %. Dari tabel 3 juga terlihat semakin

tinggi konsentrasi inokulasi EM4 yang diberikan, maka DO air semakin rendah (DO perlakuan A>B>C). Hal ini diduga disebabkan oleh konsumsi oksigen pada perlakuan C >B >A. Menurut Effendi (2000), bahwa semakin tinggi konsumsi oksigen, maka jumlah oksigen terlarut (DO) akan semakin rendah.

Salinitas juga mempengaruhi aktifitas mikroorganisme dalam melakukan proses degradasi. Perubahan rata-rata salinitas air selama penelitian, disajikan dalam tabel 4 dan secara rinci pada lampiran 5.

Tabel 4. Rata-rata Salinitas air (ppt) untuk perlakuan A, B dan C.

Wadah	Hari Pengamatan							
	Awal (0)	1	2	3	4	5	6	7
A	19.0	18.0	18.0	18.5	18.3	18.2	18.0	18.0
B	19.0	18.0	18.0	18.5	18.5	18.3	18.3	18.7
C	19.0	18.0	18.0	19.0	18.8	18.6	19.0	19.0

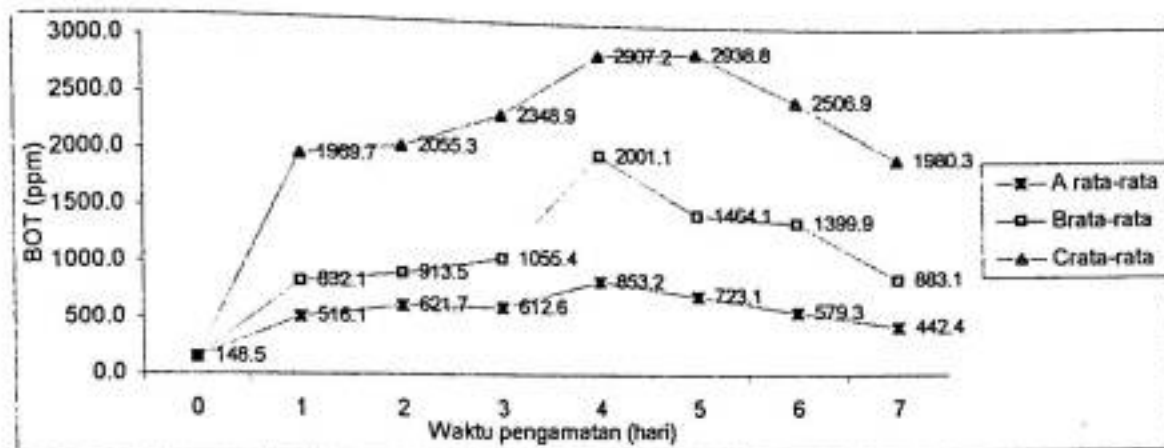
Dari tabel diatas memperlihatkan bahwa salinitas air selama percobaan berkisar antara 18,0 – 19,0 ppt. Diketahui bahwa EM4 dapat bekerja dengan baik untuk mendegradasi bahan organik, optimal pada salinitas 30 ppt (Ramdhani, 2000). Nilai kisaran salinitas tersebut, juga memperlihatkan bahwa salinitas TPI Rajawali adalah salinitas khas daerah pantai yang masih mendapatkan masukan air tawar dari daratan

### **Bahan Organik Total (BOT)**

Bahan organik total (BOT) merupakan nilai yang menggambarkan kandungan bahan organik total dalam suatu perairan yang terdiri dari dari bahan organik terlarut,



tersuspensi dan koloid. Perubahan rata-rata konsentrasi BOT air selama penelitian, disajikan dalam gambar 1 dan lampiran 6.



Gambar 1. Grafik rata-rata konsentrasi BOT (ppm) selama penelitian

Gambar 1 diatas memperlihatkan konsentrasi BOT secara keseluruhan, mengalami peningkatan dari awal percobaan hingga hari ke-4. Kemudian mengalami penurunan pada hari ke-5 hingga hari ke-7. Namun penurunan konsentrasi BOT yang terjadi pada hari ke-5 sampai hari ke-7 ini, masih menyisakan konsentrasi BOT yang lebih tinggi dibandingkan dengan beban konsentrasi awal. Dari grafik juga terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi EM4 (*Efektif Mikroorganisme-4*) yang diberikan, maka konsentrasi BOT dalam air semakin tinggi. Terlihat bahwa konsentrasi BOT dalam air untuk perlakuan C (80 ppm) lebih besar dari perlakuan B (40 ppm) dan A (20 ppm), yaitu masing-masing 1980,3 ppm, 883,1 ppm, dan 442,4 ppm. Hal tersebut terjadi diduga berkaitan dengan penambahan molases (gula) untuk mengaktifkan EM4 yang konsentrasinya berbanding lurus dengan konsentrasi EM4 yang ditambahkan. Adanya penambahan molases yang tinggi akan menambah beban bahan organik yang harus diurai, sehingga akan memperlambat laju dekomposisi. Hal ini



sesuai dengan pendapat Khiatuddin (2003), bahwa semakin tinggi konsentrasi pencemaran, maka laju degradasi akan semakin lambat sehingga bahan pencemar dalam air semakin tinggi.

Peningkatan nilai BOT pada awal percobaan hingga hari ke-4, diduga disebabkan oleh belum sempurnanya proses fermentasi molases oleh EM4 pada tahap pembuatan larutan stok EM4, dan kemungkinan hingga hari ke-4 tersebut, aktifitas bakteri masih dalam fase adaptasi sehingga aktifitas perombakan bahan organik cenderung tidak terlihat. Hal tersebut sesuai dengan Buckle (1987), bahwa bakteri yang baru diinokulasi akan mengalami fase lambat karena melakukan adaptasi terhadap lingkungan baru. Pada hari ke-5 hingga hari ke-7, konsentrasi BOT sudah mulai memperlihatkan grafik menurun yang menandakan aktifitas mikroorganisme merombak bahan organik sudah berjalan.

Suhu rata-rata (tabel 1), kisaran suhu yang cocok untuk proses dekomposisi. Hal ini sesuai dengan Effendi (2000), yang menyatakan bahwa kisaran suhu yang sesuai bagi mikroorganisme untuk melakukan dekomposisi bahan organik adalah 5-35 °C. Namun, dalam dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme, selain suhu juga dibutuhkan faktor lingkungan lain yang optimal untuk agar proses dekomposisi maksimal.

Nilai rata-rata pH air selama percobaan (tabel 2), tidak optimal untuk proses degradasi bahan organik. Berkaitan hal tersebut, Effendi (2000), menyatakan bahwa agar degradasi bahan organik optimal, dibutuhkan pH netral dan alkalis (basa), karena pada pH tersebut bakteri dapat mendegradasi secara optimal. Selanjutnya dijelaskan

oleh Sunu (2001), bahwa bakteri adalah organisme pengurai limbah yang paling penting peranannya dalam mendegradasi limbah.

Efisiensi pengubahan (Ep) menunjukkan perbandingan antara beban awal dan akhir dikali 100%. Ep juga menunjukkan kemampuan organisme untuk mendegradasi bahan organik selama waktu tertentu. Ep BOT selama penelitian menunjukkan nilai negatif, yang berarti bahwa kadar BOT awal lebih rendah dari kadar BOT akhir. Jadi setelah inokulasi EM4 selama 7 hari, belum terjadi pengurangan kadar BOT bila dibandingkan dengan keadaan awal. Selanjutnya secara kuantitatif nilai Ep BOT, disajikan pada tabel 5 sebagai berikut :

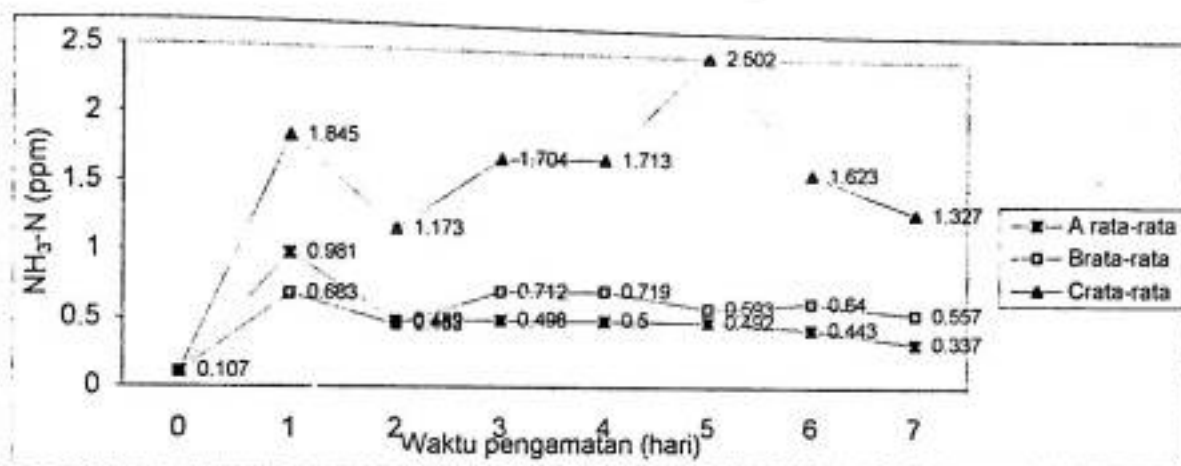
**Tabel 5.** Efisiensi pengubahan (Ep) bahan organik total (BOT) (%) dalam air selama penelitian

Perlakuan	Ulangan			Rata-rata
	1	2	3	
A	-187.3	-261.8	-144.7	-197.9
B	-261.8	-453.3	-769.0	-494.7
C	-793.7	-1325.7	-1581.1	-1233.5
D	-80.9	-6.4	-46.8	-13.5

Tabel 5 diatas memperlihatkan bahwa Ep kontrol (D) juga bernilai negatif, namun Ep kontrol (D) lebih besar dari Ep yang mendapatkan perlakuan (Ep A, B, dan C). Disamping itu, juga terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi EM4 yang diberikan, maka Ep semakin kecil. Hal ini diduga disebabkan oleh konsentrasi gula yang semakin tinggi sebanding dengan konsentrasi EM4 yang diberikan.

## Amoniak (NH<sub>3</sub>-N)

Amoniak (NH<sub>3</sub>-N) merupakan salah satu bentuk persenyawaan Nitrogen di perairan. Amoniak atau NH<sub>3</sub>-N yang ada di perairan berasal dari perombakan bahan organik yang mengandung protein. Konsentrasi amoniak yang terdapat dalam air selama penelitian, disajikan dalam gambar 2 dan lampiran 7.



Gambar 2. Grafik rata-rata konsentrasi NH<sub>3</sub>-N (ppm) selama penelitian.

Gambar 2 memperlihatkan konsentrasi NH<sub>3</sub>-N tiap perlakuan, mengalami peningkatan dari awal percobaan hingga hari ke-1, kemudian turun pada hari ke-2, dan selanjutnya meningkat hingga hari ke-4. Setelah itu, perlakuan A mengalami penurunan konsentrasi NH<sub>3</sub>-N hingga hari terakhir (hari ke-7), untuk perlakuan B memperlihatkan penurunan konsentrasi NH<sub>3</sub>-N pada hari ke-2, kemudian naik pada hari ke-3 hingga ke-4 dan naik pada hari ke-6 dan kembali turun lagi pada hari terakhir. Untuk perlakuan C, setelah naik pada hari ke-1, kemudian turun pada hari ke-2 kemudian naik hingga hari ke-5 dan turun pada hari ke-7. Konsentrasi NH<sub>3</sub>-N terlihat naik turun, hal ini diduga disebabkan oleh molekul NH<sub>3</sub>-N yang diubah menjadi molekul lain seperti ; amonium (NH<sub>4</sub>-N), nitrit (NO<sub>2</sub>-N), dan nitrat (NO<sub>3</sub>-N).

Hal tersebut, tampak pada grafik perubahan nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) yang menyerupai grafik perubahan amoniak ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ).

Perubahan konsentrasi  $\text{NH}_3\text{-N}$  (lampiran 7), memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi EM4 yang diberikan maka beban akhir  $\text{NH}_3\text{-N}$  dalam air semakin tinggi. Terlihat konsentrasi beban akhir perlakuan  $C > B > A$ , yaitu berturut-turut ; 1,327 ppm, 0,557 ppm, dan 0,337 ppm. Hal ini terjadi, diduga berkaitan dengan kondisi lingkungan (utamanya oksigen) yang tidak optimal, sebagai akibat dari penambahan gula yang berbanding lurus dengan pemberian EM4. Adanya penambahan gula menyebabkan jumlah beban pencemar semakin tinggi, sehingga oksigen terlarut yang dipakai semakin tinggi dan akibatnya oksigen terlarut semakin rendah. Rendahnya oksigen terlarut, kemudian akan memicu terbentuknya  $\text{NH}_3\text{-N}$ . Dari lampiran 7, juga terlihat kisaran nilai  $\text{NH}_3\text{-N}$  terendah 0,107 ppm dan tertinggi 2,502 ppm. Nilai tersebut, melebihi ambang batas amoniak yang ada dalam perairan alami yaitu kurang dari 0,1 ppm (McNecly et al, 1979 dalam Effendi 2000). Tingginya nilai amoniak tersebut, kemungkinan disebabkan oleh tingginya bahan organik berupa protein dari air contoh yang diambil dari perairan TPI (Tempat Pandaratan Ikan) Rajawali. Hal tersebut, didukung oleh Effendi (2000) yang menyatakan bahwa air yang mengandung protein dan urea yang tinggi adalah sumber dari terdapatnya amoniak dalam air.

Konsentrasi amoniak yang tinggi didukung oleh faktor lingkungan yang tidak optimal bagi dekomposisi amoniak. Nilai pH yang bersifat asam menyebabkan mikroorganisme tidak optimal dalam merombak amoniak menjadi nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) dan

nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ). Hal ini didukung oleh Jenie et al (1993), yang menyatakan bahwa agar dekomposisi bahan organik oleh bakteri berjalan optimal, dibutuhkan pH yang netral atau basa. Disamping itu, adanya efek toksik dari amoniak ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) yang meningkat seiring dengan penurunan suhu dan pH (Effendi, 2000), juga dapat mengganggu kerja EM4.

Rendahnya rata-rata oksigen terlarut (DO), juga mendukung terbentuknya amoniak yang merupakan reaksi anoksik. Jenie et al (1993) berpendapat bahwa rendahnya oksigen sangat mendukung pembentukan amoniak dalam air dan juga meningkatkan daya racunnya. Hal ini akan berefek ganda berupa menambah konsentrasi amoniak dalam perairan dan sekaligus menghambat kerja mikroorganisme EM4.

Efisiensi pengubahan ( $E_p$ ) amoniak selama penelitian menunjukkan nilai negatif, yang berarti bahwa kadar amoniak awal lebih rendah dari kadar amoniak akhir. Jadi setelah inokulasi EM4 selama 7 hari, belum terjadi pengurangan kadar amoniak bila dibandingkan dengan keadaan awal. Selanjutnya secara kuantitatif nilai  $E_p$  amoniak, disajikan pada tabel.6 sebagai berikut :

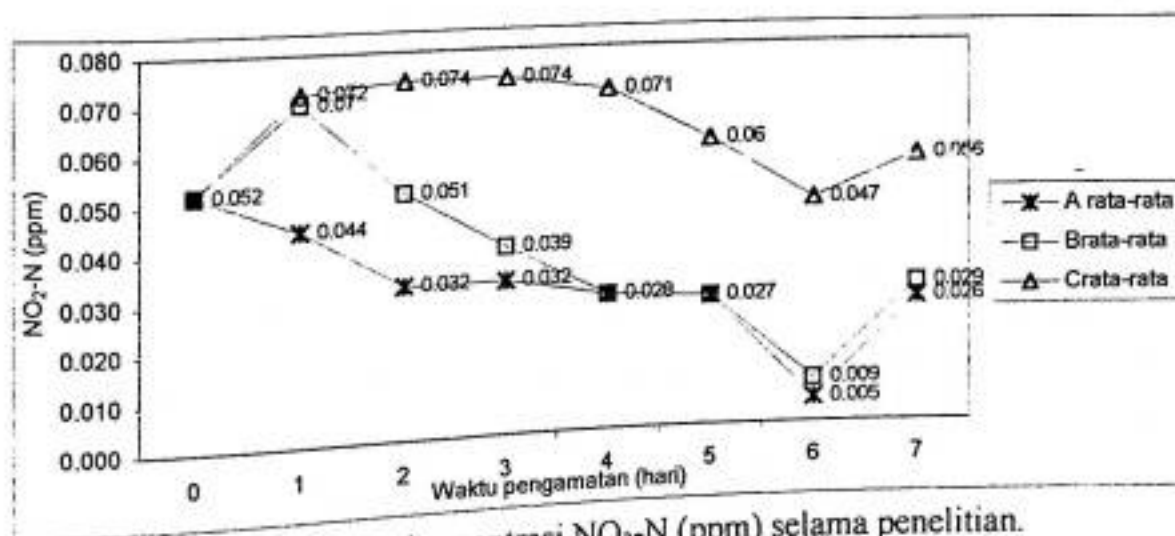
**Tabel 6.** Efisiensi pengubahan ( $E_p$ ) Amoniak ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) (%) dalam air selama penelitian.

Perlakuan	Ulangan			rata-rata
	1	2	3	
A	-250.8	-121.4	-275.2	-215.8
B	-614.8	-350.3	-302.4	-422.5
C	-1336.2	-885	-1213.3	-1144.8
D	-75.7	-34.6	-120.6	-77.0

Nilai Efisiensi perubahan (Ep) Amoniak (tabel 6), memperlihatkan bahwa amoniak kontrol (D) juga bernilai negatif, namun Ep amoniak kontrol lebih besar dari Ep yang mendapatkan perlakuan (Ep A, B, dan C). Disamping itu, juga terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi EM4 yang diberikan, maka Ep semakin kecil. Hal ini diduga disebabkan oleh konsentrasi molases yang tinggi seiring dengan konsentrasi EM4. Tingginya konsentrasi molases diduga menyebabkan EM4 melakukan aktifitas perombakan/fermentasi terhadap molases sehingga proses degradasi amoniak tidak berlangsung optimal.

### Nitrit (NO<sub>2</sub>-N)

Nitrit (NO<sub>2</sub>-N) merupakan senyawa antara oksidasi amoniak (NH<sub>3</sub>-N) menjadi Nitrat (NO<sub>3</sub>-N), karena merupakan senyawa antara, maka konsentrasi nitrit umumnya selalu lebih rendah dari konsentrasi nitrat dan amoniak. Rata-rata perubahan konsentrasi nitrit (NO<sub>2</sub>-N) yang terdapat dalam air selama penelitian, disajikan dalam gambar 3 dan lampiran 8.



Gambar 3. Grafik rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub>-N (ppm) selama penelitian.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa konsentrasi nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) untuk perlakuan A (20 ppm) mengalami penurunan sejak hari ke-1 hingga hari ke-6, hal ini diduga terjadi karena penambahan larutan stok EM4 yang mengandung molases dengan kadar yang minim tidak mengganggu kerja bakteri indigen (bakteri *Nitrobacter*) untuk mengubah nitrit menjadi nitrat sehingga terjadi penurunan nitrit hingga hari ke-6. Pada hari ke-7, konsentrasi nitrit mengalami peningkatan karena oksigen yang minim menyebabkan perubahan amoniak menjadi nitrat tidak optimal dan terhenti hanya sampai pada pembentukan  $\text{NO}_2\text{-N}$ . perlakuan B, memperlihatkan grafik naik pada hari ke-1 dan kemudian turun hingga hari ke-6 dan kemudian naik pada hari ke-7 (hari terakhir). Sedangkan untuk perlakuan C, terlihat peningkatan grafik sejak hari ke-1 hingga hari ke-2 dan tetap pada hari ke-3. Kemudian turun hingga hari ke-6, lalu kembali naik pada hari ke-7. Naiknya konsentrasi nitrit pada hari ke-1 untuk perlakuan B dan C, diduga terjadi karena penambahan larutan stok EM4 mengurangi kemampuan bakteri indigen (bakteri *Nitrosomonas*) untuk mengubah nitrit menjadi nitrat. Disisi lain, perubahan amoniak menjadi nitrit terus berlangsung sehingga terjadi penambahan konsentrasi nitrit.

Tabel nitrit (lampiran 8), memperlihatkan bahwa konsentrasi nitrit berkisar antara 0,005 ppm – 0,074 ppm. Konsentrasi tersebut, sudah berada diatas ambang batas yaitu 0,005 ppm, yang dapat bersifat toksik pada organisme perairan (Moore, 1990 dalam Effendi, 2000). Tingginya konsentrasi nitrit dalam air, diduga disebabkan oleh konsentrasi amoniak yang juga tinggi. Hal ini dimungkinkan karena sumber nitrit yang berasal dari dekomposisi amoniak.



Lampiran 3, juga memperlihatkan konsentrasi nitrit untuk perlakuan B menunjukkan angka nol (0) pada hari ke-6. Hal ini, diduga disebabkan oleh jumlah amoniak yang diubah menjadi nitrit seimbang dengan pengubahan nitrit menjadi nitrat.

Suhu rata-rata percobaan (tabel 1), memperlihatkan bahwa suhu percobaan berkisar antara  $22,427^{\circ}\text{C}$  -  $30,8^{\circ}\text{C}$ . Kisaran suhu tersebut, tidak optimal untuk proses nitrifikasi. Jenie et all (1993), mengatakan bahwa proses nitrifikasi (pengubahan amoniak menjadi nitrit dan nitrat) akan berlangsung dengan baik pada suhu  $30-36^{\circ}\text{C}$ . Hal yang sama juga terlihat pada nilai pH rata-rata (tabel 2), yang berkisar  $4,057-8,284$ . Nilai tersebut lebih asam dari nilai pH yang optimal untuk proses nitrifikasi, yaitu  $7,5-8,5$  Jenie et all (1993). Dari tabel 3, diketahui bahwa DO rata-rata selama percobaan pada hari ke-0 hanya  $2,21$  ppm dan setelah itu, turun kisaran  $0,037 - 0,623$  ppm. Kondisi tersebut tidak optimal bagi proses nitrifikasi yang membutuhkan oksigen terlarut diatas  $1$  ppm (Jenie et all, 1993).

Efisiensi pengubahan ( $E_p$ ) nitrit selama penelitian, dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut :

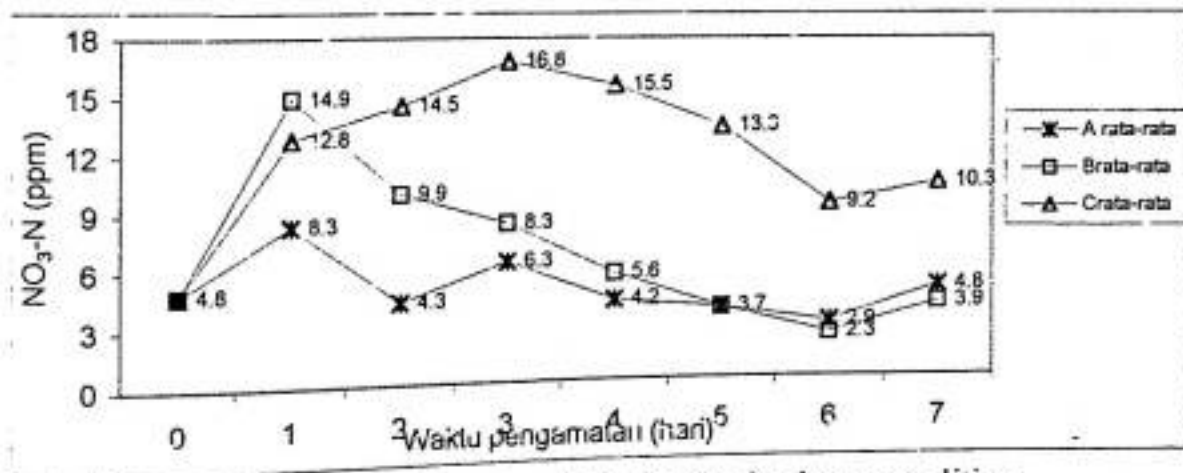
**Tabel 7.** Efisiensi pengubahan ( $E_p$ ) nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) (%) dalam air selama penelitian

Perlakuan	Ulangan			rata-rata
	1	2	3	
A	53.8	36.5	59.6	50.0
B	38.5	44.2	50	44.2
C	7.7	-9.6	-19.2	-7.0
D	-2030.8	-2400	-1546.2	-1992.3

Efisiensi perubahan ( $E_p$ )  $\text{NO}_2\text{-N}$  (tabel 7), memperlihatkan perbedaan nilai  $E_p$ , untuk perlakuan A dan B nilai  $E_p$  nitrit positif. Sedangkan untuk perlakuan C dan D (kontrol)  $E_p$  nitrit, bernilai negatif. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan A dan B sudah dapat mengurangi konsentrasi nitrit awal dengan persentase masing-masing 50,0 % dan 44,2 %.

### Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )

Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) merupakan senyawa yang keberadaannya dibutuhkan oleh sebagai zat hara. Jumlah nitrat yang inimum merupakan faktor pembatas tetapi jika berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi sehingga mendorong terjadinya *blooming algae*. Rata-rata perubahan konsentrasi nitrit ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) yang terdapat dalam air selama penelitian, disajikan dalam gambar 4 dan lampiran 9.



Gambar 4. Grafik rata-rata konsentrasi  $\text{NO}_3\text{-N}$  (ppm) selama penelitian.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa konsentrasi nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) untuk setiap perlakuan menunjukkan peningkatan pada hari ke-1. Kemudian pada hari ke-2, perlakuan A memperlihatkan penurunan dan pada hari ke-3 kembali naik lalu turun

hingga hari ke-6. Untuk perlakuan B memperlihatkan penurunan konsentrasi nitrat pada hari ke-2 hingga hari ke-6. Sedangkan perlakuan C memperlihatkan peningkatan konsentrasi nitrat dari awal percobaan hingga hari ke-3. Pada hari ke-4 hingga hari ke-6 semua perlakuan memperlihatkan penurunan konsentrasi nitrat dan pada hari ke-7 semua mengalami peningkatan. Turun naiknya nitrat, mengikuti grafik nitrit, hal ini disebabkan oleh karena sumber nitrat yang berasal dari oksidasi nitrit (Effendi, 2000).

Hasil pengukuran nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) (lampiran 9), memperlihatkan konsentrasi nitrat rata-rata ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) mencapai kisaran 2,90-16,80 ppm. Kisaran tersebut, melebihi ambang batas 0,2 ppm, yang dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi perairan (*blooming alga*) (Effendi, 2000).

Nilai Efisiensi Perubahan ( $E_p$ ) nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) selama penelitian, disajikan pada tabel 8 sebagai berikut :

**Tabel 8.** Efisiensi perubahan nitrit ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) (%) dalam air selama penelitian

Perlakuan	Ulangan			rata-rata
	1	2	3	
A	6.3	-37.5	29.2	-0.7
B	18.8	31.3	4.2	18.1
C	-81.3	-102.1	-160.4	-114.6
D	4.2	-27.1	12.5	-3.5

Efisiensi perubahan ( $E_p$ ) nitrat selama penelitian memperlihatkan perbedaan, untuk perlakuan A, C, dan D (kontrol)  $E_p$  nitrat bernilai negatif. Sedangkan untuk perlakuan B,  $E_p$  nitrit bernilai positif. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan B sudah dapat mengurangi konsentrasi nitrat awal sebesar 18,1 %.

## Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S)

Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S) merupakan senyawa yang dihasilkan dari perombakan bahan organik yang mengandung sulfur pada kondisi yang minim dan tanpa oksigen. Keberadaan senyawa H<sub>2</sub>S dapat diketahui melalui bau busuk yang ditimbulkan. Nilai H<sub>2</sub>S yang didapatkan dari pengukuran disajikan dalam Tabel 9 berikut :

**Tabel 9.** Hasil pengukuran konsentrasi Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S) pada awal dan akhir percobaan (ppm).

Wadah	H <sub>2</sub> S Awal	H <sub>2</sub> S Akhir
A1	22	38
A2	22	91
A3	22	57
Rata-rata	22	62
B1	22	64
B2	22	89
B3	22	52
Rata-rata	22	68.3
C1	22	62
C2	22	73
C3	22	68
Rata-rata	22	67.7

Tabel 9 memperlihatkan bahwa semua perlakuan menunjukkan peningkatan H<sub>2</sub>S. Dari tabel yang sama, juga terlihat bahwa penambahan konsentrasi H<sub>2</sub>S terbanyak terjadi pada perlakuan B, kemudian perlakuan C dan konsentrasi terendah yaitu pada perlakuan A.

Meningkatnya konsentrasi H<sub>2</sub>S setelah inokulasi EM4, didukung oleh kelarutan oksigen yang sangat rendah, yaitu pada awal percobaan mencapai nilai 2,21 ppm dan kemudian turun hingga kisaran 0,037 - 0,623 ppm. Dengan DO yang rendah, akan menyebabkan ion sulfat tereduksi menjadi ion sulfid yang kemudian membentuk kesetimbangan dengan ion hidrogen dan membentuk H<sub>2</sub>S (Effendi, 2000)

Nilai suhu dan pH yang rendah, juga mendukung meningkatnya  $H_2S$ . Effendi (2000) menyatakan bahwa suhu yang rendah menyebabkan peningkatan  $H_2S$ . Selanjutnya dijelaskan bahwa  $pH < 8$  kesetimbangan bergeser pada pembentukan  $H_2S$ .

Buruknya kondisi lingkungan (DO, suhu, pH), menyebabkan EM4 (*Efektif Mikroorganisme*) yang memiliki kemampuan untuk menekan konsentrasi Hidrogen Sulfida ( $H_2S$ ) tidak dapat bekerja dengan optimal.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemberian EM4 (Effective Microorganism 4) dengan fermentasi molasses (gula) pada air tercemar selama 7 hari belum mampu menurunkan bahan organik total (BOT) amoniak ( $\text{NH}_3$ ), dan Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) di perairan.
2. Persentase Ep (efisiensi perubahan) rata-rata Nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) terbaik pada perlakuan A(0,02 ppt) yaitu 50%.
3. Persentase Ep (efisiensi perubahan) rata-rata Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) terbaik pada perlakuan B(0,04 ppt) yaitu 18.1 %.

### Saran

Setelah penelitian yang kami lakukan, dapat disarankan agar kembali menguji efektifitas EM4 dalam menurunkan bahan pencemar organik dengan formula yang lain, khususnya tanpa pemberian (molasses) gula dengan waktu yang lebih lama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, A., Surasa, T., Harlim, T., Genisa, A., Amiruddin, K., Pudjaatmaka, H.A. 1990. *Kamus Kimia Organik*. UD Srikandi. Ujung Pandang.
- Anonim, 1988. *Pedoman Penetapan Baku Mutu Air*. Yayasan Bina Karta Lestari. Semarang.
- Anonim, 2004. Daur Ulang dan Sistem Manajemen Persampahan (Recycling and Solid waste Management) di Kota Bandar Lampung (online) [www.Inovasi.Pemda.Com/Isi % 20 proyek/info/data/20 subtansi/lampung/bandar lampung.htm-21-k](http://www.Inovasi.Pemda.Com/Isi%20proyek/info/data/20%20subtansi/lampung/bandarlampung.htm-21-k). diakses 2 Januari 2004)
- APNAN, 1997. *Pedoman Penggunaan EM Bagi Negara-negara Asia Pacific Nature Agriculture Network (APNAN)*. Terjemahan oleh A.Wahab Pasaribu Disajikan dalam Seminaer Nasional Pertanian Organik Yayasan Bumi Lestari, Jakarta, 3 April.
- BTKL Makassar. 2003. Hasil Pemeriksaan Laboratorium Sampel Air Laut TPI Rajawali dan Pantai Losari Kerjasama BTKL Makassar-Bapedalda Sul-Sel. Makassar.
- Buckle, K.A., Edwards, R.A., Fleet, G.H., and Wootton, M., 1985. *Ilmu Pangan*. Terjemahan Hari Purnomo dan Adiono 1987. Jakarta : UI Press.
- Buwono, I.D. 1992. *Tambak Udang Windu Sistem Pengelolaan Berpola Intensif*. Kanisius. Yogyakarta.
- Conell, D.W and Miller, G.J., 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. UI-Press. Jakarta.
- Dahuri, R., Rais J., Ginting, S.P., Sitepu, M.J., 2001. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Effendi, Hefni. 2000. *Telaahan Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan - IPB. Bogor.
- Haryadi, S., I.N.M., Suryadi Putra dan B. Widigno. 1992. *Metode Analisis Kualitas Air*. Fakultas Perikanan. IPB, Bogor.
- Higa, T. 1997. *EM Technology Serving The World*. Disajikan dalam Seminar Nasional Pertanian Organik Yayasan Bumi Lestari, Jakarta, 3 April.
- Indriani, Y.H. 2003. *Membuat Kompos Secara Kilat*. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Jawetz, E., Melnick, J., Adelberg, E., 1995. *Mikrobiologi Kedokteran*. Terjemahan Nugroho, E dan Maulany, R.F., 1996. Jakarta : EGC.
- Jenie, B.S.L. dan Rahayu, W.P., 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius Yogyakarta.
- Khiatuddin, Maulina. 2003. *Teknologi Rawa Buatan*. UGM-Press. Yogyakarta.
- Mispar, M. 2001. *Sebaran Bahan Organik dan Total Padatan Tersuspensi Di Sekitar Perairan Pantai Losari Kota Makassar, Sul-Sel*. Skripsi Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin. Makassar
- Nybakken, J.W., 1988. *Biologi Laut Suatu Pendekatan ekologis*. P.T. Gramedia. Jakarta.
- Pelczar, M.J., and Chan, E.C.S., tanpa tahun. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Terjemahan Ratna Siri Hadioetomo, teja Imas, S.Sutarmi Tjitrosomo, Sri Lestyari Angka 1986. Jakarta : UI Press
- PT.Songgolangit Persada. 2004. *EM-Technology Untuk Pertanian, Perikanan, Palawija, Limbah*. PT.Songgolangit Persada. Jakarta.
- Ramdhani, D., 2000. *Efektifitas EM-4 dalam Mengurai Bahan Organik Tanah Dasar Tambak Udang Intensif Pada Berbagai Salinitas*. skripsi Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Sidharta, B.R., 2000. *Pengantar Mikrobiologi Kelautan*, Penerbit Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Slamet, J.S., 2002. *Kesehatan Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Subadiyasa, N.N., 1997. *Teknologi EM Potensi dan Prospeknya Di Indonesia*. Disajikan dalam Seminar Nasional Pertanian Organik Yayasan Bumi Lestari, Jakarta, 3 April.
- Sukartono, IGS., Yunadi, M., Sodik., 2001. *Aplikasi EM4 Pada Tambak Udang*. IPISA. Jakarta.
- Sunu, P., 2001 *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001*. Grasindo. Jakarta.
- Supriharyono, 2002. *Pelestarian dan pengelolaan Sumber Daya Aiam di Wilayah Pesisir Tropis*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suresh. A.V., and C.K.Lin. 1992. *Effect of Stocking Density on Water Quality and Production of Red Tilapia in Recirculated Water System*. Aquacultural Engineering., 11; 1-2.



- Tambaru, R., 1999. *Analisis Pencemaran Terhadap Perairan dan Upaya Penanggulangannya*. Karya Ilmiah Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Tebbut, T.H.Y.1992. *Principles of Water Quality Control*. Pergamon Press. Oxford. New York. Seoul. Tokyo.
- Umpel, G.J. 1997. *Pengalaman Penerapan Teknologi EM*. Disajikan dalam Seminar Nasional Pertanian Organik Yayasan Bumi Lestari, Jakarta, 3 April.
- Vitnosumarto,S. 1991. *Percobaan : Perancangan, analisis, dan interpretasinya*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Walpole, R.E., 1982. *PengantarStatistika*. Terjemahan Bambang Sumantri 1988. Jakarta: PT Gramedia.
- Wardhana, A.W, 1999. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset .Yogyakarta.
- Weny, I, 2003. *Pengaruh Dosis bakteri Terhadap Kemampuan Penguraian Limbah Organik (Biotreatment) Dari Tambak Budidaya Udang sistem Intensif*. Skripsi Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Wididana, G.N., Riyatmo, S.K., Higa, T., 1996. *Teknologi Effective Microorganisms*. Koperasi Karyawan Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Widiyanto, T. 2001. *PendekatanBiokondisioner Dengan Bakteri Fotosintetik Anoksigenik: (BFA) Untuk Pengendalian Senyawa Metabolik Toksik di tambak Udang* (Online),(<http://hayati.ipb.com/users/rudyct/indiv2001/triwidiyanto.htm>, diakses 2 Januari 2004)

Lampiran 1. Hasil pengukuran suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) untuk perlakuan A (20 ppm), B (40 ppm) dan C (80 ppm).

wadah	Hari Pengamatan							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A1	30.80	30.20	26.31	23.45	26.22	23.67	23.70	26.70
A2	30.80	30.00	24.95	26.39	25.36	23.47	23.22	26.72
A3	30.80	29.70	24.70	25.91	24.83	23.35	22.78	26.73
rata-rata	30.800	29.967	25.320	25.250	25.470	23.497	23.233	26.717
B1	30.80	29.70	24.63	23.46	24.59	23.14	22.66	26.71
B2	30.80	29.60	24.58	24.45	25.28	23.10	22.66	26.66
B3	30.80	29.60	24.48	22.00	25.18	23.06	22.43	26.60
rata-rata	30.800	29.633	24.563	23.303	25.017	23.100	22.583	26.657
C1	30.80	29.90	24.32	23.33	25.23	23.09	22.55	26.59
C2	30.80	29.60	25.38	23.05	24.95	22.94	22.37	26.55
C3	30.80	29.40	25.17	22.51	24.67	22.92	22.36	26.57
rata-rata	30.800	29.633	24.957	22.963	24.950	22.983	22.427	26.570

Lampiran 2. Hasil pengukuran pH untuk perlakuan A (20 ppm), B (40 ppm) dan C (80 ppm).

wadah	Hari Pengamatan							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A1	8.284	7.825	6.652	6.670	5.717	5.261	5.280	5.745
A2	8.284	7.953	7.012	6.624	6.108	5.686	5.881	6.053
A3	8.284	7.010	5.254	4.996	4.870	4.830	4.892	5.554
rata-rata	8.284	7.596	6.306	6.097	5.565	5.259	5.351	5.784
B1	8.284	6.873	4.638	4.699	4.841	4.883	5.154	5.253
B2	8.284	6.621	4.369	4.351	4.391	5.101	4.498	4.992
B3	8.284	6.880	4.690	5.014	5.106	5.117	5.260	5.568
rata-rata	8.284	6.791	4.566	4.688	4.779	5.034	4.971	5.271
C1	8.284	6.523	4.170	4.118	4.051	4.002	4.008	4.298
C2	8.284	6.619	4.212	4.143	4.080	4.047	4.028	4.568
C3	8.284	6.597	4.284	4.202	4.167	4.123	4.149	4.465
rata-rata	8.284	6.580	4.222	4.154	4.099	4.057	4.062	4.444

Lampiran 3. Hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) (ppm) untuk perlakuan A (20 ppm), B (40 ppm) dan C (80 ppm).

wadah	Hari Pengamatan							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A1	2.21	0.11	0.09	0.10	0.15	0.33	0.34	0.39
A2	2.21	0.20	0.17	0.20	0.29	0.35	0.37	0.16
A3	2.21	0.08	0.05	0.09	0.21	0.92	1.16	0.33
rata-rata	2.210	0.130	0.103	0.130	0.217	0.533	0.623	0.293
B1	2.21	0.10	0.09	0.09	0.09	0.64	0.37	0.23
B2	2.21	0.04	0.03	0.03	0.04	0.32	0.26	0.18
B3	2.21	0.08	0.07	0.08	0.09	0.36	0.44	0.17
rata-rata	2.210	0.073	0.063	0.067	0.073	0.440	0.357	0.193
C1	2.21	0.06	0.04	0.04	0.04	0.09	0.08	0.10
C2	2.21	0.04	0.03	0.03	0.04	0.07	0.08	0.05
C3	2.21	0.07	0.04	0.04	0.04	0.08	0.04	0.04
rata-rata	2.210	0.057	0.037	0.037	0.040	0.080	0.067	0.063

Lampiran 4. Hasil pengukuran kekeruhan (NTU) untuk perlakuan A (20 ppm), B (40 ppm) dan C (80 ppm).

wadah	Kekeruhan	
	Awal	Akhir
A1	24	23
A2	24	42
A3	24	23
Rata-rata	24	29.3
B1	24	26
B2	24	19
B3	24	31
Rata-rata	24	25.3
C1	24	53
C2	24	58
C3	24	73
Rata-rata	24	61.3

Lampiran 5. Hasil pengukuran salinitas (ppt) untuk perlakuan. A (20 ppm), B (40 ppm) dan C (80 ppm).

wadah	Hari Pengamatan							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A1	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
A2	19.0	18.0	18.0	19.0	18.5	18.0	18.0	18.0
A3	19.0	18.0	19.0	18.5	18.5	18.5	18.0	18.0
rata-rata	19.0	18.0	18.0	18.5	18.3	18.2	18.0	18.0
B1	19.0	18.0	19.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19.0
B2	19.0	18.0	19.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19.0
B3	19.0	18.0	19.5	18.5	18.5	18.0	18.0	18.0
rata-rata	19.0	18.0	18.0	18.5	18.5	18.3	18.3	18.7
C1	19.0	18.5	19.5	19.0	18.5	18.5	19.0	19.0
C2	19.0	18.5	20.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
C3	19.0	18.0	19.5	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
rata-rata	19.0	18.0	18.0	19.0	18.8	18.8	19.0	19.0

Lampiran 6. Hasil pengukuran Bahan Organik Total (BOT) (ppm) untuk setiap perlakuan.

wadah	Hari Pengamatan							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A1	148.5	442.4	531.8	600.4	632	695.2	568.8	426.6
A2	148.5	632	768.8	600.4	1169.2	790	632	537.2
A3	148.5	474	554.6	637	758.4	684	537.2	363.4
rata-rata	148.5	516.1	621.7	612.6	853.2	723.1	579.3	442.4
B1	148.5	726.8	805.8	805.8	1896	1801.2	1927.6	537.2
B2	148.5	790	863.6	970	2022.4	1232.4	976.6	821.6
B3	148.5	979.6	1071	1390.4	2085	1358.8	1295.6	1290.4
rata-rata	148.5	832.1	913.5	1055.4	2001.1	1464.1	1399.9	883.1
C1	148.5	1738	2133	2370	3096.8	3002	2117.2	1327.2
C2	148.5	1896	2370	2496.4	3096.8	2654.4	2243.6	2117.2
C3	148.5	2275.2	1663	2180.4	2528	3160	3160	2496.4
rata-rata	148.5	1969.7	2055.3	2348.9	2907.2	2938.8	2506.9	1980.3
D1	148.5	-	-	-	-	-	-	268.6
D2	148.5	-	-	-	-	-	-	158.0
D3	148.5	-	-	-	-	-	-	79.0
rata-rata	148.5	-	-	-	-	-	-	168.0

Lampiran 7. Hasil pengukuran Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) (ppm) untuk setiap perlakuan.

wadah	Hari Pengamatan							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A1	0.107	1.138	0.485	0.490	0.490	0.387	0.426	0.374
A2	0.107	0.967	0.570	0.570	0.575	0.581	0.480	0.236
A3	0.107	0.837	0.412	0.435	0.435	0.508	0.423	0.400
rata-rata	0.107	0.981	0.489	0.498	0.500	0.492	0.443	0.337
B1	0.107	0.769	0.769	0.883	0.899	0.947	0.774	0.762
B2	0.107	0.642	0.379	0.662	0.662	0.961	0.529	0.480
B3	0.107	0.638	0.240	0.591	0.597	0.832	0.618	0.429
rata-rata	0.107	0.683	0.463	0.712	0.719	0.593	0.640	0.557
C1	0.107	1.943	1.029	2.115	2.125	2.608	1.813	1.531
C2	0.107	1.806	0.795	1.565	1.898	2.429	1.589	1.050
C3	0.107	1.787	1.695	1.433	1.115	2.469	1.466	1.400
rata-rata	0.107	1.845	1.173	1.704	1.713	2.502	1.623	1.327
D1	0.107	-	-	-	-	-	-	0.188
D2	0.107	-	-	-	-	-	-	0.144
D3	0.107	-	-	-	-	-	-	0.236
rata-rata	0.107	-	-	-	-	-	-	0.189

Lampiran 8. Hasil pengukuran Nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) (ppm) untuk setiap perlakuan.

wadah	Hari Pengamatan							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A1	0.052	0.042	0.027	0.032	0.031	0.03	0.005	0.024
A2	0.052	0.04	0.033	0.028	0.025	0.027	0	0.033
A3	0.052	0.051	0.035	0.037	0.028	0.024	0.009	0.021
rata-rata	0.052	0.044	0.032	0.032	0.028	0.027	0.005	0.026
B1	0.052	0.072	0.043	0.032	0.02	0.022	0.006	0.032
B2	0.052	0.074	0.062	0.053	0.041	0.028	0.007	0.029
B3	0.052	0.065	0.047	0.031	0.022	0.031	0.014	0.026
rata-rata	0.052	0.070	0.051	0.039	0.028	0.027	0.009	0.029
C1	0.052	0.062	0.066	0.073	0.07	0.058	0.042	0.048
C2	0.052	0.081	0.075	0.071	0.068	0.063	0.046	0.057
C3	0.052	0.074	0.08	0.079	0.076	0.059	0.053	0.062
rata-rata	0.052	0.072	0.074	0.074	0.071	0.060	0.047	0.056
D1	0.052	-	-	-	-	-	-	1.108
D2	0.052	-	-	-	-	-	-	1.300
D3	0.052	-	-	-	-	-	-	0.856
rata-rata	0.052	-	-	-	-	-	-	1.088

Lampiran 9. Hasil pengukuran Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) (ppm) untuk setiap perlakuan.

wadah	Hari Pengamatan							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A1	4.8	6.2	2.9	8.5	3.7	3.7	3.3	4.5
A2	4.8	8.4	3	3.1	2.7	3.9	3.2	6.6
A3	4.8	10.3	7	7.3	6.2	3.5	2.2	3.4
rata-rata	4.80	8.30	4.30	6.30	4.20	3.70	2.90	4.83
B1	4.8	16.4	9	6.4	4.1	3.6	2.5	3.9
B2	4.8	13.6	13.4	11.6	8.5	3.7	2.1	3.3
B3	4.8	14.7	7.2	6.9	4.2	3.9	2.2	4.6
rata-rata	4.80	14.90	9.87	8.30	5.60	3.73	2.27	3.93
C1	4.8	12.1	12	15.6	13.8	11.8	7.8	8.7
C2	4.8	14.1	16.4	17.1	15.4	13.7	7.7	9.7
C3	4.8	12.3	15	17.7	17.3	14.4	12	12.5
rata-rata	4.80	12.83	14.47	16.80	15.50	13.30	9.17	10.30
D1	4.8	-	-	-	-	-	-	4.6
D2	4.8	-	-	-	-	-	-	6.1
D3	4.8	-	-	-	-	-	-	4.2
rata-rata	4.80	-	-	-	-	-	-	4.97

## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Wahyuddin, lahir di Polewali pada tanggal 29 Mei 1981. Anak kedua dari lima orang bersaudara, dari orangtua bernama Ibnu Hajar dan Riwayah.

Masa kecil penulis dihabiskan di Watampone, Kabupaten Bone, Propinsi Sulawesi selatan. Jenjang pendidikan penulis juga dihabiskan di daerah ini. Tamat di SD Inpres Negeri 6/75 Watampone pada tahun 1993, penulis kemudian melanjutkan di SMP Negeri 2 Watampone dan tamat pada tahun 1996, dan kemudian melanjutkan di SMA Negeri 2 Watampone dan tamat pada tahun 1999. Pada tahun yang sama, penulis juga melanjutkan pendidikan pada Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Selama kuliah penulis pernah aktif pada kegiatan kemahasiswaan dan mengabdikan diri sebagai pengajar pada TPA (Tempat Pengajian Anak) Al-Muhajirin Bumi Bung Permai. Pernah menjadi asisten praktek Mata Kuliah Mikrobiologi pada Jurusan Ilmu Kelautan dan Jurusan Perikanan. Penulis juga pernah melakukan magang pada instalasi pengolahan limbah Pabrik Gula Bone Arasoe.