



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

PROGRAM PASCASARJANA

Jl. Padang Selasa No. 524, Bukit Besar Palembang 30139

Telp. (0711) 352132-354222, Fax. (0711) 317202, 320310

Email: ppsunsri@mail.ppsunsri.ac.id Homepage: www.pps.unsri.ac.id

**KEPUTUSAN
DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NOMOR : 1160 .20/H9.1.10/DT/2010**

tentang

**PENGANGKATAN PROMOTOR DAN CO-PROMOTOR MAHASISWA
PROGRAM DOKTOR (S3) BIDANG ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA

- Memperhatikan : Surat Permohonan Ketua Program Studi Doktor (S3) Bidang Ilmu-ilmu Lingkungan nomor: 084.20/H9.1.10/PSPL-3/2010 tanggal 16 Agustus 2010 tentang permohonan pembuatan SK pembimbing disertasi.
- Menimbang : a. Bahwa dalam rangka pelaksanaan kegiatan pembelajaran dan pembimbingan mahasiswa perlu dibimbing dan diarahkan sesuai dengan bidang ilmu, sehubungan dengan itu maka perlu ditetapkan dan ditugaskan dosen untuk pembimbingnya;
b. Bahwa sehubungan dengan butir a diatas perlu diterbitkan Keputusan sebagai pedoman dan landasan hukumnya.
- Mengingat : 1. Undang-Undang No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Peraturan Pemerintah No. 60 tahun 1999 tentang Pendidikan Tinggi;
3. Keputusan Presiden RI No 105/M tahun 2007 tanggal 23 Oktober 2007 tentang Pengangkatan Rektor Unsri;
4. Keputusan Mendikbud RI No. 232/U/2000 tentang Penyusunan Kurikulum Pendidikan Tinggi dan Hasil Belajar Mahasiswa;
5. SK Dirjen Dikti No. 3750/D/T/K-N/2009 tentang Perpanjangan Ijin Penyelenggaraan Program Studi;
6. Keputusan Rektor Unsri No. 104/H9/KP/2008 tentang Pengangkatan Direktur PPs Unsri Periode 2008-2012.

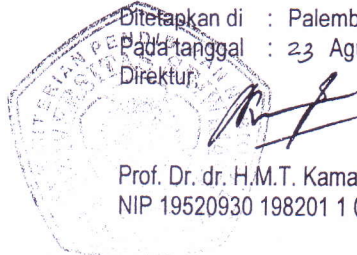
MEMUTUSKAN

- Menetapkan
Pertama : Menunjuk Promotor dan Co-Promotor mahasiswa Program Doktor (S3) Bidang Ilmu-ilmu Lingkungan sebagai berikut:

NAMA/NIM	NAMA DOSEN
Marhaini 20093602004	Promotor : Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA. Ko-Promotor I : Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng. Ko-Promotor II : Dr. -Phil. Ir. Arinafril Ko-Promotor III : Dr. Ir. Marsi, M.Sc.

- Kedua : Segala biaya yang mungkin timbul sebagai akibat dari penetapan keputusan ini, dibebankan kepada anggaran yang disediakan oleh PPs Unsri.
- Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan segala sesuatu akan diubah dan/atau diperbaiki sebagaimana mestinya apabila ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di : Palembang
Pada tanggal : 23 Agustus 2010
Direktur



Prof. Dr. dr. H.M.T. Kamaluddin, M.Sc., SpFK.
NIP 19520930 198201 1 001

Tembusan :

1. Rektor (sebagai laporan)
2. Para Asdir
3. Ketua Program Doktor (S3) Ilmu-ilmu Lingkungan
4. Promotor dan Ko-Promotor
5. Yang bersangkutan

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK PUPUK UREA MELALUI
KOMBINASI PROSES OKSIDASI TINGKAT LANJUT DAN
SECARA BIOLOGIS MENGGUNAKAN MIKROALGA
Chlorella pyrenoidosa, *Nannochloropsis sp.* DAN
BAKTERI *Pseudomonas fluorescens***

DISERTASI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Doktor (Dr.)
pada
Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :
MARHAINI
NIM. 20093602004**

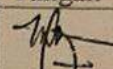
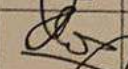
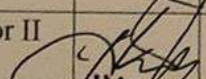
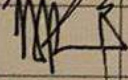
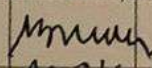
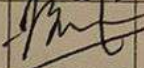
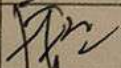
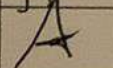


**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

AGUSTUS, 2013

HALAMAN PERSETUJUAN KOMISI PENGUJI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

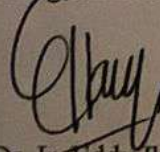
No.	Nama Dosen Penguji	Jabatan Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Ir. M. Faizal, DEA	Promotor		
2.	Dr. Ir. M. Hatta Dahlan, M. Eng	Ko Promotor I		
3.	Dr. -phil. Ir. Arinafril	Ko Promotor II		
4.	Dr. Ir. Marsi, M.Sc	Ko Promotor III		
5.	Prof. Dr. Zulkifli Dahlan, M.Si	Penguji		
6.	Prof. Dr. Ir. Robiyanto H Susanto, M.Agr.Sc	Penguji		
7.	Hermansyah, S.Si. M.Si. Ph.D	Penguji		
8.	Prof. Dr. Dwi Andreas Santosa	Penguji Tamu		

Menerangkan :

Nama Mahasiswa : Marhaini
Nomor Induk Mahasiswa : 20093602004
Program Studi : Ilmu Lingkungan
Bidang Kajian Umum : Agri-Industri-Energi
Judul Disertasi : Pengolahan Limbah Cair Pabrik Pupuk Urea Melalui Kombinasi Proses Oksidasi Lanjut dan Secara Biologis Menggunakan Mikroalga *Chlorella pyrenoidosa*, *Nannochloropsis sp.* dan Bakteri *Pseudomonas fluorescens*

Telah memperbaiki disertasi berdasarkan perbaikan dan saran komisi penguji pada ujian akhir (ujian tertutup).

Palembang, 20 Agustus 2013
Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan,



Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.
NIP 19621122 199102 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Disertasi : Pengolahan Limbah Cair Pabrik Pupuk Urea Melalui Kombinasi Proses Oksidasi Lanjut dan Secara Biologis Menggunakan Mikroalga *Chlorella pyrenoidosa*, *Nannochloropsis sp.* dan Bakteri *Pseudomonas fluorescens*

Nama Mahasiswa : Marhaini

NIM : 20093602004

Program Studi : Ilmu Lingkungan

Bidang Kajian Utama : Agri -Industri -Energi

MENYETUJUI:

Dr. Ir. M. Faizal, DEA
(Promotor)

:

Dr. Ir. M. Hatta Dahlan, M.Eng
(Co Promotor I)

:

Dr. -phil. Ir. Arinafril
(Co Promotor II)

:

Dr. Ir. Marsi, M.Sc
(Co Promotor III)

:

MENGETAHUI :

Ketua Program Studi
Ilmu Lingkungan,

Prof. Dr. Eddy Ibrahim, M.S.
NIP 19621122 199102 1 001

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Sriwijaya,

Prof. Dr. Hilda Zulkifli, M.Si. DEA
NIP 19530414 197903 2 001

Tanggal Lulus : 29 Agustus 2013

HALAMAN PERNYATAAN

Saya bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Marhaini
Tempat dan tanggal lahir : Lahat, 5 September 1968
Program Studi : Ilmu Lingkungan
NIM : 20093602004

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Seluruh data, informasi, interpretasi serta pernyataan dalam pembahasan dan kesimpulan yang disajikan dalam karya ilmiah ini, kecuali yang disebutkan sumbernya adalah merupakan hasil pengamatan, penelitian, pengelolaan, serta pemikiran saya dengan pengarahan dari para pembimbing yang ditetapkan.
2. Karya ilmiah yang saya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Sriwijaya maupun di perguruan tinggi lainnya.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan apabila di kemudian hari ditemukan adanya bukti ketidakbenaran dalam pernyataan tersebut diatas, maka saya bersedia menerima sanksi akademis berupa pembatalan gelar yang saya peroleh melalui karya ilmiah ini.

Palembang, 29 Agustus 2013

Yang menyatakan,



Marhaini
NIM 20093602004

HALAMAN PERNYATAAN

Saya bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Marhaini
Tempat dan tanggal lahir : Lahat, 5 September 1968
Program Studi : Ilmu Lingkungan
NIM : 20093602004

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Seluruh data, informasi, interpretasi serta pernyataan dalam pembahasan dan kesimpulan yang disajikan dalam karya ilmiah ini, kecuali yang disebutkan sumbernya adalah merupakan hasil pengamatan, penelitian, pengelolaan, serta pemikiran saya dengan pengarahan dari para pembimbing yang ditetapkan.
2. Karya ilmiah yang saya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Sriwijaya maupun di perguruan tinggi lainnya.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan apabila di kemudian hari ditemukan adanya bukti ketidakbenaran dalam pernyataan tersebut diatas, maka saya bersedia menerima sanksi akademis berupa pembatalan gelar yang saya peroleh melalui karya ilmiah ini.

Palembang, 29 Agustus 2013

Yang menyatakan,



Marhaini
NIM 20093602004

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, kesehatan, pertolongan, dan kekuatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan Disertasi yang berjudul "Pengolahan Limbah Cair Pabrik Pupuk Urea Melalui Kombinasi Proses Oksidasi Tingkat Lanjut dan Secara Biologis Menggunakan Mikroalga *Chlorella pyrenoidosa*, *Nannochloropsis sp.* dan Bakteri *Pseudomonas fluorescens*" ini dapat diselesaikan.

Disertasi ini dapat terwujud berkat bimbingan dan arahan Promotor dan Co-promotor, sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya serta rasa ucapan terimakasih kepada yang terhormat : Dr. Ir. M. Faizal, DEA., Dr. Ir. M. Hatta Dahlan, M. Eng., Dr.-phil. Ir. Arinafril dan Dr. Ir. Marsi, M.Sc., yang dengan ketulusan dan kesabaran Bapak telah mencurahkan waktu memberikan arahan, motivasi, semangat, dalam membimbing mulai dari eksplorasi ide, penyusunan proposal, penelitian, penulisan publikasi ilmiah sampai penulisan disertasi dan telah menanamkan arti pentingnya filosofi dalam proses pencapaian keilmuan, menghargai setiap gagasan, usaha, kerja keras dan memotivasi menghasilkan karya yang ideal, menganalisis menyajikan hasil penelitian secara tegas dan bertanggung jawab, dan memberikan banyak kemajuan tidak hanya dari sisi kematangan keilmuan, juga dari sisi kedewasaan bersikap.

Pada kesempatan ini, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Sriwijaya yang telah memberikan kesempatan menempuh studi di Universitas Sriwijaya.
2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya beserta staff yang telah memberikan fasilitas dan bantuan selama penulis menempuh studi.
3. Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya beserta staff yang selalu memberikan semangat, motivasi, perhatian, bantuan, memfasilitasi dan informasi akademik selama mengikuti studi.
4. Prof. Dr. Zulkifli Dahlan, M.Si., Prof. Dr. Ir. Robiyanto H Susanto, M.Agr.Sc., Prof. Dr. Ir. Dedik Budianta, MS., Dr. Ir. Moh.Rasyid Ridho, M.Si., Hermansyah, S.Si. M.Si. Ph.D., dan Dr. Ir. Susila Arita, DEA., sebagai tim penguji dan

pembahas dalam kegiatan ujian kandidat Doktor, proposal, seminar kemajuan, seminar hasil, ujian tertutup dan ujian terbuka. Tulisan saya masih jauh dari sebuah kesempurnaan, tetapi kontribusi Bapak/Ibu yang telah memberikan, arahan, masukan dan saran, membuat tulisan saya menjadi lebih bermakna bagi pengembangan keilmuan.

5. Prof. Dr. Ir. Dwi Andreas Santosa sebagai dosen penguji tamu, atas kesediaan meluangkan waktu hadir pada ujian tertutup dan ujian terbuka, di tengah kesibukan Bapak yang begitu padat dan telah memberikan pandangan-pandangan, saran dan masukan berdasarkan pengalaman Bapak dalam rangka penyempurnaan disertasi ini.
6. Seluruh Pengajar Program Studi Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya.
7. Direktur, General Manajer Pengendalian Pabrik Keselamatan Kerja dan Lingkungan (P₂K₂L), pimpinan dan staf Laboratorium Lingkungan Hidup PT. PUSRI yang telah memfasilitasi penulis melalui tempat penelitian berupa laboratorium, yang telah membantu dalam memberikan data, pengambilan sampel lapangan dan menganalisa sampel awal dan sampel hasil penelitian.
8. Rektor dan Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang, telah memberikan kesempatan penulis untuk mengikuti Program Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya dan rekan-rekan sejawat pada Jurusan Teknik Kimia yang selalu memberikan dukungan dan semangat kebersamaan dalam menempuh perjalanan studi.
9. Teman-teman angkatan 2009, yang selalu bersama merasakan suka dan duka selama mengikuti pendidikan di Program Studi Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya.

Secara khusus penulis sampaikan penghargaan dan rasa hormat kepada :

1. Kedua orang tuaku tercinta ayanda H. M. Sahri Ismail (Alm) dan ibunda Hj. Mahdariah (Almh) atas dorongan semangat, harapan dan doa restunya yang tanpa putus dan tulus yang telah ditanamkan kepada saya semasa keduanya masih hidup, serta mertua saya ayanda H. Hasidin dan ibunda Hj. Zaleha, terima kasih atas doa

yang tiada putus-putusnya untuk keberhasilan ananda dalam menyelesaikan pendidikan.

2. Suamiku tercinta H. Mulyadi dan anak-anakku tersayang M. Fahri, Mutiah Anisah, dan M. Dzaky Anugerah, atas doa, pengertian, dukungan, semangat dan pengorbanan. Semoga persembahan kecil ini dapat menjadi pengganti hari-hari kebersamaan kita yang sempat hilang karena kesibukan ibu menyelesaikan pendidikan dan menjadi motivasi bagi ananda untuk terus menuntut ilmu.
3. Kakak dan adikku tercinta, terimakasih telah memberikan doa, kasih sayang, kepedulian dan dukungan agar selalu berbuat dan memberikan yang terbaik.

Semoga semua doa, bantuan, dukungan dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah, serta hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua. Penulis mohon maaf dan mohon ampun kepada Allah SWT, apabila ada kesalahan baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Amin.

Palembang, Agustus 2013

Penulis,

ABSTRACT

One of the problems faced by urea fertilizer plants in Indonesia is the high levels of urea and ammonia concentration in the wastewater. Although the wastewater is not characterized as hazardous toxic materials (B₃), but at certain concentration, the levels of urea and ammonia could disrupt ecosystems due to the eutrophication of aquatic ecosystems, metabolism inhibition of aquatic animals, and toxic resulting in organ damage and death. Basically, the nitrogen compounds which polluting in the wastewater are ion of ammonia (NH₃⁻), nitrate (NO₃⁻) and nitrite (NO₂⁻).

The objectives of this study were (1) to examine the growth of microalgae *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp. and the bacterium *P. fluorescens* and cytology microalgae, (2) to study how microalgae *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp. and the bacterium *P. fluorescens* absorbed pollutants in the wastewater from urea fertilizer plant, (3) to examine the synergy between bacteria and microalgae in pollutants absorption from the wastewater, (4) to study the ratio of Fe²⁺ and H₂O₂ composition in order to demonstrate the use of reagent Fenton in oxidizing the toxic compounds in wastewater, (4) to study the reduction of COD, NH₃-N, urea, TKN, nitrate and nitrite, concentrations and the change of pH from the urea fertilizer plant wastewater using advanced oxidation and biology method using *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp., and *P. fluorescens*.

This study showed that the exponential phase in growth of microalgae *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp. and the bacterium *P. fluorescens* on the 4th day was occurred at a concentration of 100 ppm and the growth inhibition occurred at a concentration of 1000 ppm. The toxicity of each microorganism, namely: IC₅₀ microalgae *C. pyrenoidosa* at 626.646 ppm, *Nannochloropsis* sp. at 559.854 ppm and the bacteria *P. fluorescens* at 723.219 ppm. IC₅₀ was used for bioremediation of the wastewater. When *C. pyrenoidosa* used, NH₃-N and urea concentrations were decreased in 53.46 % and 58 % respectively. Meanwhile, the usage of *Nannochloropsis* sp. showed the NH₃-N reduction of 57.5 % and urea of 53.71 %. While, on bacteria *P. fluorescens*, the NH₃-N and urea was decreased about 71.58 % and 62.47 %. The synergies of *C. pyrenoidosa* and bacteria *P. fluorescens* was able to reduce of NH₃-N and urea concentrations of 78.89 % and 82.66 %, whereas on the synergy of *Nannochloropsis* sp. with *P. fluorescens* was able to reduce of NH₃-N 58.98 % and 80.24 % urea.

The wastewater treatment from urea fertilizer plants using Fenton reagent showed that the higher ratio of FeSO₄ and H₂O₂ tend to decrease the NH₃-N, urea, TKN, TSS, and COD, while conversely the levels of pH, nitrate and nitrite were increased. In order to meet the standard quality of wastewater as regulated by Ministry of Environment and Governor of South Sumatera Province this study was recommended that the optimum ratio of FeSO₄: H₂O₂ is 1: 4 at a concentration of 1,500 and 2,000 ppm. The wastewater treatment plant then continued by using *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp, *P. fluorescens* and the synergy of *C. pyrenoidosa* and *P. fluorescens*. This advance oxidation and biology methos was succesfully decreased the levels of pH, NH₃-N, urea, TKN, nitrate and nitrite, as well as increased levels of TSS and COD.

Keyword : ammonia, *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp. nitrate, nitrite, *P. fluorescens*, reagent Fenton, urea fertilizer plants

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN KOMISI PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
DAFTAR ISTILAH, SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xx
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	6
E. Hipotesis Penelitian.....	7
F. Gambaran Garis Besar Penelitian.....	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	9
A. Industri Pupuk di Indonesia.....	9
B. Urea.....	10
C. Amonia Cair.....	11
D. Karakteristik Air Limbah Industri Pupuk.....	12
E. Potensi Air Limbah Urea.....	13
F. Karakteristik dan Perpindahan Amonia di Atmosfir.....	17
G. Mikroalga.....	22
H. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Mikroalga.....	29
I. Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Pupuk Urea Terintegrasi untuk Pertumbuhan Mikroalga.....	37
J. Pengaruh Amonia (NH ₃) dalam Limbah Cair terhadap Produktivitas Mikroalga.....	40
K. Fase Pertumbuhan Mikroalga.....	42
L. Uji Toksisitas.....	45
M. Uji Toksisitas.....	48
N. Bioindikator.....	50
O. Bioremediasi.....	52
P. Bakteri <i>Pseudomonas fluorescens</i>	
Q. Metode <i>Minimum Inhibitory Concentration</i> (MIC) atau Konsentrasi Penghambatan Minimum.....	53
R. Teknologi Proses Oksidasi Lanjut (AOPs).....	55

R. Penanganan Limbah Cair Pabrik Pupuk.....	63
BAB III. METODE PENELITIAN.....	67
A. Waktu dan Tempat.....	67
B. Alat dan Bahan.....	67
C. Metodologi Penelitian.....	70
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	88
A. Pola Pertumbuhan Mikroalga dan Morfologi Bakteri.....	88
B. Pengaruh Air Limbah Pabrik Pupuk Urea, Larutan Urea dan Larutan Amonia terhadap Pertumbuhan Sel Mikroalga.....	95
C. Pengaruh Air limbah Pabrik Pupuk Urea, Larutan Urea dan Larutan Amonia terhadap Pertumbuhan Sel Bakteri <i>Pseudomonas fluorescens</i>	107
D. Hasil Analisis Probit IT_{50} dan IC_{50} Mikroalga.....	112
E. Hasil Analisis Probit IT_{50} dan MIC_{50} Bakteri <i>Pseudomonas fluorescens</i>	126
F. Hasil Analisis Kualitas Air Limbah Berdasarkan Nilai IC_{50}	132
G. Kerusakan Sel Mikroalga terhadap Air Limbah Pabrik Pupuk Urea.....	150
H. Hasil Pengolahan Air Limbah Pabrik Pupuk Urea dengan Proses Kombinasi Oksidasi Tingkat Lanjut dan Mikroorganisme (Mikroalga dan Bakteri)	153
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	181
A. Kesimpulan.....	181
B. Saran.....	183
DAFTAR PUSTAKA.....	185
LAMPIRAN.....	203

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Senyawa amonia sudah dikenal luas sebagai bahan baku beberapa komoditas penting dalam perindustrian. Namun, dilain pihak amonia juga merupakan salah satu polutan berbahaya. Senyawa amonia dalam air pada konsentrasi tertentu, mengganggu keseimbangan ekosistem karena menyebabkan *eutrofikasi* ekosistem perairan, menghambat metabolisme hewan air, bahkan menyebabkan keracunan yang berakibat kerusakan organ tubuh dan kematian. Pada prinsipnya, senyawa nitrogen dalam limbah yang dapat menimbulkan polusi adalah : ion amonia (NH_3), ion nitrit (NO_2^-), dan ion nitrat (NO_3^-) (Setiyawan, *et.al.*, 2011).

Di Indonesia, terdapat enam pabrik pupuk urea dengan karakteristik air limbah berkadar urea dan amonia-nitrogen tinggi. Pengolahan air limbah berkadar urea dan amonia-nitrogen tinggi merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh pabrik pupuk urea di Indonesia. Meskipun air limbah pabrik pupuk urea tidak termasuk senyawa B₃, air limbah pabrik pupuk urea ini dapat menimbulkan kerusakan ekosistem badan air yang sangat serius (Wardhany, *et al.*, 2009)

Aktivitas industri pupuk urea yang berpotensi menimbulkan dampak pencemaran lingkungan adalah kegiatan pembuangan air limbah ke perairan. Limbah cair yang merupakan hasil sampingan utama dari industri pupuk urea adalah amonia cair. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.122 tahun 2004 dan SK Gubernur Sumatera Selatan No.18 tahun 2005, beban pencemaran maksimal untuk industri pupuk urea adalah kadar amonia cair sebesar 0,75 kg/ton (50 mg/L) dan pH 6,0 – 10

Komitmen dari industri pupuk untuk terus meningkatkan pengelolaan lingkungan seperti yang dilakukan oleh pabrik pupuk urea melalui pengolahan air limbah menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan Minimasi Pemisah Air Limbah (MPAL). Upaya penyempurnaan pengolahan limbah amonia telah dilakukan berbagai metode antara lain : *Ion Exchange* (Reeseme, 1974), *breakpoint chlorination* (Matsko, 1984), *nitrifikasi-aerobik dan denitrifikasi-anaerobik electron* (Anderson & Levine, 1986), *air stripping* (Zibride, 1987), *reactor fluidized-bed* (Mulder, *et al.*, 1995), *anammox (Anaerobic Ammonium Oxidation)* (Strous *et al.*, 1997, Van de Graff *et al.*, 1996), *gabungan nitrifikasi-denitrifikasi dan mikroalga* (Wardhany, *et al.*, 2009), *membrane reactor* (MBR) (Tian dan Liang, 2010). Metode pemisahan amonia ini memiliki keterbatasan, diantaranya tidak dapat mengurangi jumlah amonia sampai konsentrasi aman, membutuhkan biaya yang besar dan aplikasi beberapa metode, secara praktis masih menghadapi kendala. Kendala ini terutama, disebabkan kapasitas spesifik penghilangan $\text{NH}_3\text{-N}$ masih sangat rendah sehingga keluaran proses tersebut masih lebih tinggi dari baku mutu yang telah ditetapkan. Sedangkan menurut Liang Li dan Yan Liu (2009), proses pengolahan limbah secara biologis (mikroba) tidak akan berlangsung secara maksimal atau terganggu apabila pada limbah ditemukan senyawa kimia yang beracun (*toxic*) sehingga akan mempengaruhi kinerja dari unit pengolahan limbah.

Pada penelitian ini pengolahan air limbah pabrik pupuk urea dilakukan dengan mengkombinasikan metode kimia dan biologi. Teknologi yang diterapkan berbasis teknologi pengolahan secara kimiawi adalah *Advanced Oxidation Process* (AOP) atau proses oksidasi tingkat lanjut yang merupakan teknologi pengolahan air limbah dengan prinsip oksidasi lanjut menggunakan oksidator kuat. Proses oksidasi ini dapat dikombinasikan atau dilanjutkan dengan

proses biologi melibatkan mikroorganisme seperti mikroalga *Chlorella pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp. dan bakteri *Pseudomonas fluorescens*.

Proses oksidasi tingkat lanjut ini dapat digunakan alternatif metode pengolahan air limbah industri pabrik pupuk urea yang cukup ekonomis. Proses ini mampu menghemat tempat, energi, aman, sederhana, waktu pengolahan dan reaksi relatif cepat serta reaksi mudah diaplikasikan dan dikontrol.

Beberapa oksidator kuat seperti hidrogen peroksida relatif murah dan mudah diperoleh serta dapat dimanfaatkan sebagai pengoksidasi pada proses oksidasi tingkat lanjut. Hidrogen peroksida (H_2O_2) telah lama dikenal sebagai oksidator kuat dan mampu untuk mengoksidasi senyawa organik maupun non organik dan banyak diaplikasikan pada berbagai industri. Hidrogen peroksida merupakan oksidator yang cukup aman terkait dengan bentukan akhir setelah proses dimana akan terpecah menjadi H_2 dan O_2 pada suhu diatas $80^\circ C$. Reagen Fenton adalah senyawa peroksida yang direaksikan dengan katalis Fe^{2+} ($FeSO_4$) kemudian akan menghasilkan hidroksil radikal ($^{\circ}OH$) yang efektif mengoksidasi senyawa-senyawa kontaminan atau air limbah. Reagen Fenton telah dikembangkan di banyak tempat untuk mengolah bahan organik *Biological Oxygen Demand/Chemical Oxygen Demand* (BOD/COD), *Total Suspended Solid* (TSS), warna, nitrogen, fosfor dan sebagian logam yang terkandung dalam air limbah domestik-industri maupun air baku air minum (Munanto, 2006). Penggunaan reagent Fenton mampu mengoksidasi ikatan senyawa organik dan anorganik beracun dalam air limbah. Dalam kondisi pengaturan kecepatan pengadukan cepat 100 rpm selama 120 menit dapat menghilangkan hidrokarbon air limbah 2000 mg/L dan COD 4200 mg/L (Moraes *et al.*, 2005)

Telah diketahui juga bahwa bakteri *Pseudomonas* khususnya *P. fluorescens* yang merupakan bakteri tanah ini dipakai untuk mendeteksi adanya polutan pada ekosistem (Wu *et al.*,

2006, Selvaraju *et al.*, 2011). Bakteri ini mudah dibiakkan dalam bentuk kultur, tetap bertahan hidup di lingkungan yang terkontaminasi polutan dan mengandung pestisida yang merupakan ekspresi bakteri yang dapat mendegradasi pestisida (Wu *et al.*, 2006, Santacruz *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2010). Lingkungan yang terkontaminasi logam berat seperti timah, merkuri, dan cadmium diketahui dapat diremediasi oleh bakteri *P. putida* (Wu *et al.*, 2006, Wasi *et al.*, 2011).

Sedangkan penggunaan mikroalga jenis *C. pyrenoidosa* dan *Nannochloropsis* sp. dalam penelitian ini, dikarenakan keduanya adaptif terhadap perubahan lingkungan, berpotensi untuk digunakan pada akumulasi bahan limbah, khususnya untuk penyerapan nitrogen dan fosfor, dan laju pertumbuhannya relatif cepat disamping itu memiliki konsentrasi klorofil tertinggi dan dapat berkembang biak membentuk populasi setiap 7 – 9 jam dengan waktu fase stasioner terjadi dalam hari 5-6 (Hansakul, 1993) .

B. Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh pertumbuhan mikroalga *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis`* sp. pada air limbah yang mengandung unsur N (Air limbah pabrik pupuk urea, larutan amonia, dan larutan urea) ?
2. Bagaimana pengaruh pertumbuhan bakteri *P. fluorescens* pada air limbah Pabrik Pupuk urea, larutan amonia dan larutan urea ?
3. Bagaimana kinerja mikroalga *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp. dan bakteri *P. fluorescens* dalam mengabsorpsi air limbah pabrik pupuk urea sehingga terjadi penurunan NH₃-N, urea dan perubahan nilai pH ?

4. Bagaimana kinerja mikroalga *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp. dengan bakteri *P. fluorescens* bersinergi dalam mengabsorpsi air limbah pabrik pupuk urea sehingga terjadi penurunan $\text{NH}_3\text{-N}$, urea dan perubahan nilai pH ?
5. Bagaimana kinerja pada penurunan COD, TKN, $\text{NH}_3\text{-N}$, urea, pH, nitrat dan nitrit pada air limbah pabrik pupuk urea terhadap variasi komposisi reagen Fenton yaitu $\text{Fe}^{2+} : \text{H}_2\text{O}_2$?
6. Bagaimana kinerja gabungan AOPs (reagent Fenton) dengan bakteri *P. fluorescens* dan mikroalga *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp. terhadap penurunan COD, TKN, $\text{NH}_3\text{-N}$, urea, pH, nitrat dan nitrit pada pengolahan air limbah pabrik pupuk urea ?

C. Tujuan Penelitian

1. Meneliti pertumbuhan mikroalga *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp bakteri dan *P. fluorescens* serta sitologi sel mikroalga pada skala laboratorium (Larutan urea, larutan amonia, air limbah pabrik pupuk urea)
2. Meneliti mikroalga *C. pyrenoidosa*, *Nannochloropsis* sp. dan bakteri *P. fluorescens* mengabsorpsi polutan dalam air limbah pabrik pupuk urea
3. Meneliti sinergi mikroalga *C. pyrenoidosa*, dengan bakteri *P. fluorescens* mengabsorpsi dalam polutan air limbah pabrik pupuk urea
4. Meneliti sinergi mikroalga *Nannochloropsis* sp. dengan bakteri *P. fluorescens* mengabsorpsi polutan dalam air limbah pabrik pupuk urea
5. Meneliti komposisi nisbah Fe^{2+} dan H_2O_2 sehingga dapat menunjukkan bahwa penggunaan reagent Fenton tersebut mampu mengoksidasi senyawa beracun dalam air limbah pabrik pupuk urea.

6. Meneliti penurunan kadar polutan terukur sebagai COD, NH₃-N, urea, TKN, pH, nitrat dan nitrit, dari limbah cair pabrik pupuk urea, dengan metode pengolahan oksidasi Fenton dan biologi (bakteri, mikroalga).

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan solusi pengolahan limbah industri yang menghasilkan amonia yang bersifat lebih alamiah dan ramah lingkungan dengan menggunakan gabungan reagent Fenton dan biologi (mikroalga dan bakteri).
2. Sebagai alternatif metode pengolahan limbah cair industri pabrik pupuk urea dalam menurunkan parameter polutan terukur (COD, TKN, NH₃-N, urea, pH, nitrat dan nitrit) sebagai dampak negatif industri pabrik pupuk urea, sehingga turut mensukseskan sertifikasi ISO 14000 dan *Eco-Labeling* serta meningkatkan *image* perusahaan bersama produknya. Disamping itu, *reuse* limbah cair pabrik pupuk urea ini dapat memperpanjang usia penggunaan air dengan proses pengolahan yang relatif sederhana, mudah dan efisien sehingga lebih optimal untuk diaplikasikan dalam dunia industri.

E. Hipotesis Penelitian

1. Bakteri *P. fluorescens* akan lebih baik dibanding pada mikroalga *C. pyrenoidosa* dan *Nannochloropsis* sp. dalam mempengaruhi kinerja penurunan NH₃-N dan urea pada air limbah pabrik pupuk urea.
2. Sinergi mikroalga *C. pyrenoidosa* dan bakteri *P. fluorescens* akan menghasilkan kondisi lebih baik, dibanding sinergi mikroalga *Nannochloropsis* sp. dan bakteri *P. fluorescens* dalam mempengaruhi kinerja penurunan NH₃-N, urea.

3. Pada komposisi 1 : 10 reagent Fenton akan menunjukkan kinerja yang lebih baik, dalam mempengaruhi penurunan TKN, $\text{NH}_3\text{-N}$, urea, COD dan TSS

DAFTAR PUSTAKA

- Agustine.C. 2008. Degradasi Pelarut Organoklorin Dengan Metode Oksidasi-Fenton, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB
- Agustina, *et al*, 2011, Pengolahan Air Limbah Pewarna Sintetis Dengan menggunakan Reagent Fenton, Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3 Palembang, 26-27 Oktober 2011
- Alaerts, G. J., M. D. Rahman Mahbubar, and P. Kelderman. 1996. Performance analysis of a full-scale duckweed-covered sewage lagoon. *Water Res.* 30(4): 843–852.
- Amini S, dan Susilawati R. 2010. Kultivasi Mikroalga *Botryococcus Braunii* Sebagai sumber Bahan Energi Alternatif Dengan System Outdoor dan Indoor, Balai Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan.
- Anderson, R.A. 2005. The Provasoli Guillard National Center for Culture of Marine Phytoplankton: Past, Present and Future. In: *Algal Culture Collection and the Environment* (KASAI, F, K, KAYA and M. WATANABE, Eds) Tokay Univ. Press: 65-71
- Anderson I C, Levine J S. Relative Rates of Nitric Oxide and Nitrous Oxide Production by Nitrifiers, Denitrifiers, and Nitrate Respirers. *Appl Environ Microbiol.* 1986;51:938–945
- Andreozzi, R., Caprio, V., Insola, A., Marotta, R. and Sanchirico, R. (2000), Advanced Oxidation Processes For the Treatment of Mineral Oil-Contaminated Wastewaters, *Water Res.*, 34, 620 - 628.
- Annisa, 2005, Respon *Chlorella pyrenoidosa* terhadap Senyawa Klorporifos, Tesis. Departemen Biologi, Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Anonim. 2009. Bioremediasi Untuk Mempertahankan Kualitas Air. (<http://www.google.com>)
- Anonimus, 2006. Ammonia. <http://www.en.wikipedia.org/wiki/ammonia> (1 oktober 2010)
- Arif Dwi Santoso, Rahmania A. Darmawan, dan Joko P. Susanto. 2011. Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 3, No. 2, Hal. 62-70, Desember 2011
- Aslianti, T. S. R. 1986. Pengaruh Zat Perangsang Tumbuh pada Kepadatan *Tetraselmis chuii* di Laboratorium. *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai Maros*. Hal 108-112
- Atlas, R.M. 1984. *Microbiology, Fundamentals and Application Classification and Identification of Microorganism: Systematics of Bacteria* (ch, 11, p 363-579) Macmillan Publ, Co. New York.
- Avnimelech Y. 1999. Carbon/nitrogen Ratio as a Control Element in Aquaculture System. *Aquaculture* 176, 227-235
- Bandala, E.R., J. Andres-Octaviano, P. Pastrana dan L.G. Torres. 2006. Removal of Aldrin, Dieldrin, Heptachlor, and Heptachlor Epoxide Using Activated Carbon and/or *Pseudomonas fluorescens* Free Cell Cultures. *J. Environ. Sci. Health Part B* 41:553– 569.
- Banfi, E.G., Sciliano, G., Zampiere D., Mamolo M.G., Vio, L., Ferrone, M., Fermechia, M.S., Paneni., and Priel S. 2006. Antifungal and Antimicrobial Activity of new Imidiazole and Triazole Derivatives. A Combined Experimental and Computational Approach. *J. Antimicrob Chemother* 58(1) : 76 – 84.

- Beaker, E.W. 1994. *Microalgae Biotechnology and Microbiology*, Cambridge; Cambridge University Press.
- Beristain BT, Verdegem M, Avnimelech Y. 2005a. Microbial Ecology and Role in Aquaculture Ponds. Di dalam: *Organic Matter Decomposition in Simulated Aquaculture ponds*. PhD Thesis. Fish Culture and Fisheries Group. Wageningen Institute of Animal Science. Wageningen University. Netherlands
- Bollag JM & Liu SY. 1990. Biological Transformation Processes of Pesticides in Cheng HH (Ed) : *Pesticides in the environment : Processes, impacts and modeling. Soil science society of America* , Madison, WI, USA, Pp. 169-211.
- Boyd AW. 1990. *Water Quality in Pond for Aquaculture*. Auburn University. Birmingham Publishing Co. Alabama.
- Cahyaningsih, S. 2009. Standar Nasional Indonesia Pembelian Perikanan (Pakan Alami). Pelatihan MPM-CPIB Pembelian Udang, 16-20 Juni 2009, Situbondo. Balai Budidaya Air Payau Situbondo. Situbondo
- Campbell *et al.* 2003, *Biologi* jilid 3, Jakarta, Erlanga
- Casero, I., Sicilia, D., Subio, S. and Perez-Bendito, D. 1997. Chemical Degradation of Aromatic Amines by Fenton's Reagent, *Water Res.*, 31, 1985 - 1995.
- Chen, R. and Pignatello, J. 1999. Role of Quinone Intermediates as Electron Shuttles in Fenton and Photoassisted Fenton Oxidations of Aromatic Compounds, *Environ. Sci. Technol.*, 31, 2399-2406
- Chevalier, P. and J. de la Noue. 1985a. Wastewater Nutrient Removal with Microalgae Immobilized in Carrageenan. *Enz. Microb. Technol.*, 7: 621-4
- Cole, G.A. *Textbook of Limnology*, Waveland Press Inc., Illinois. 1994
- Coombs, J, and Hall, D.O. 1982. *Techniques in Bioproducity and Photo-synthesis*, Pergamon Press Ltd, Oxford.
- Danks, S,M., Evans, E,H, and Whittaker, P,A, 1983, *Photosynthetic Systems, Structure, Function and Assembly*, John Wiley and Sons Ltd, Chicester.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhhluk Hidup*, Penerbit Universitas Indonesia (UI Press), Jakarta 10430; 55-56, 65-69.
- Davis ML dan Cornwell DA. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. 2nd Edition. New York : McGraw-Hill
- Eckenfelder WW, Jr. 2000. *Industrial Water Pollution Control*. Ed ke-3. The McGraw-Hill. Hlm: 470-474.
- Edhy, W.A., Januar, dan Kurniawan. 2003. *Plankton di Lingkungan PT. Central Pertiwi Bahari*. Laboratorium Central Department, Aquaculture Division PT. Central Pertiwi Bahari. Tulang Bawang.
- Effendi H. 2003. *Telaah kualitas air : Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Gramedia : Jakarta
- El-Sayed, M.S., M.M. Rehab, dan A.S. Ahmed. 2008. Behavioral Response of Resistant and Sensitive *Pseudomonas aeruginosa* S22 Isolated from Sohag Governorate, Egypt to cadmium stress. *African J. Biotech.* 7 (14) : 2375 – 2385.
- Erisman, J.W. dan de Vries, W., 2000. Nitrogen Deposition and Effects on European Forests. *Environ. Rav./Dossiers environ.* 8(2). Pp : 65-93.
- Erler, Dirk., PutthSongsangjinda, Teeyaporn Keawtawee, Kanit Chaiyakum. 2005. Preliminary investigation into the effect of carbon addition on growth, water quality and nutrient

- dynamics in zero exchange shrimp (*Penaeus monodon*) culture system. Asian Fisheries Science 18 : 195 – 204
- Fangmeier, A. Hadwiger-Fangmeier, A, Eerden, L.,E, dan Jager,H.J. 2003. Effects of Atmospheric Ammonia on vegetation – A Review. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?.cmd=Retrieve&db=PubMed&listuids=15091648&dopt=citation> (12 Agustus 2010).
- Fachrullah, *et al.* 2011. Laju pertumbuhan Mikroalga penghasil Biofuel Jenis *C.pyrenoidosa* dan *Nannochloropsis* sp. yang Dikultivasi Menggunakan Air Limbah Hasil Pengolahan Timah di Pulau Bangka. Departemen Ilmu dan Ilmu Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Teknologi Bandung.
- Food and Agriculture Organization Of The United Nations. Terjemahan Martosudarmo, B, dan Indah Wulani, 1990. Petunjuk Pemeliharaan Kultur Murni dan Massal Mikroalga. United Nations Development Programme.INS/85/009.
- Gayle, B. P., Sherrard J. H. dan Benoit, R. E. 1989. Biological Denitrification of Water. ASCE Journal of Environmental Engineering. Vol. 115: 930-943.
- Goldman, C. R. and A. J. Horne. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill Book Company. United State of America. America
- Got M. 1992. *Fundamental of Bacterial Plant Pathology*. San Diego : Academic Press.
- Green, F.B., T.J. Lundquist, and W.J. Oswald. 1995. Energetics of Advanced Integrated Wastewater Pond System. *Water Sci Technol.*, 31:9-20.
- Gupta,J.S. 1981. Text book of algae, Oxford & IBH Publishing Co. New Delhi.
- Hansakul, 1993, Chlorella Nutrient and its Beneficial Properties Proceeding Research Seminar and Workshop on Mass Culture of Microalga, Faculty of Science, Sipakoro University, Nakorm Pathomm, Thailand.
- Haryoto dan Wibowo. 2004. Kinetika Bioakumulasi Logam Berat Kadmium oleh Fitoplankton *Chlorella* sp. Lingkungan Perairan Laut. Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah, Surakarta. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi, Vol. 5(2): 89-103.
- Heifets, L. dan Lindholm-Levy P. 1989. Comparison of Bactericidal Activities of Streptomycin, Amykacin, kanamycin, and capreomycin against *Mycobacterium avium* and *M. tuberculosis*, Antimicrobial agents and chemotherapy. American Soc J. Microbiology, 33(8) : 1298 – 1301.
- Herawati T. 1981. Pengaruh pencemaran air terhadap ikan. Buletin Pertanian. No 1.39-45.
- Hindarti, D. 1997. Metode Uji Toksikitas *in* Metode Analisis Air Laut, Sedimen, dan Biota. Buku II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P30 LIPI). Jakarta.
- Hiscock, K. M., Llyod, J. W. dan Lerner, D. N. 1991. Review of Natural and Artificial Denitrification of Groundwater. Water Research. Vol. 29: 1099-1111.
- Holasova, M.,Karvisekova R., Karvisekova, S., Babak, dan V., Schlegelova J. 2007. Comparison of Methods for the Determination of Antimicrobial Resistance in *Campylobacter* spp. Human and the Food Chain Isolates. Veterinarni Medicina. 52 (4): 169–174
- Hornung, M., Ashmore, M., and Sutton, M., 2002. Environmental Impacts of Ammonia on Semi-natural Habitats. Chapter 3. Ammonia in the UK. Pp : 22-31. DEFRA Departement for Environment, Food & Rural Affair.London.
- Huang, C.P., Dong, C., Tang, Z. 1993. Advanced Chemical Oxidation: Its Present Role and Potential Future in Hazardous waste treatment. - Waste Management, vol 13, p 361-377.

- Hussein, H., F.I. Soha, K. Kamal dan M. Hassan. 2004. Biosorption of Heavy Metals from Waste Water Using *Pseudomonas* sp. : Research article, J. Biotechnol. 7 (1) : 38 – 46.
- Huston, P. and Pignatello, J. (1999), Degradation of Selected Pesticide Active Ingredients and Commercial Formulations in Water by the Photo-Assisted Fenton Reaction, Water Res., 33, 1238 - 1246.
- Industrial Wastewater. 2007. Fenton's Reagent: Iron-Catalyzed Hydrogen Peroxide. <http://www.h2o2.com/applications/industrialwastewater/Fentonsreagent.html>. [13 Juni 2011].
- Ipung Fitri Purwanti *et al.* 2008, Pengolahan air limbah industri plasticizer dengan penambahan oksidator kuat, Jurnal Purifikasi, Vol. 9, No. 2, Desember 2008: 97 – 104 .
- Isnansetyo dan Kurniastuty. 1995. Teknik Kultur Fitoplankton dan Zooplankton. Kanisius. Yogyakarta.
- Jenie, B.S.L. dan W.P. Rahayu. 1993. Penanganan Limbah Cair Industri Pangan. Bogor: PAU Pangan dan Gizi IPB
- Kabinawa. 1989. Studi pendahuluan PST melalui kultur murni ganggang biru *oscillatoria* sp. Berkala Perikanan Terubuk 43.
- Karina Purba. 2009. Analisa Kadar Total Suspended Solid (TSS), Amonia (NH₃), Sianida (Cn⁻) dan Sulphida (S⁻²) Pada Limbah Cair Bapedaldasu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
- Kermani, A.J.N., M.F. Ghasemi, A. Khosravan, A. Farahmand, dan M.R. Shakibaie. 2010. Cadmium Bioremediation by Metal-Resistant Mutated Bacteria Isolated from Active Sludge of Industrial Effluent. *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.* 7 (4) : 279 – 286.
- Kiwi, J., Pulgarin, C. and Peringer, P. 1994. Effect of Fenton and Photo-Fenton Reactions on the Degradation and Biodegradability of 2 and 4-Nitrophenols in Water Treatment, Applied Catalysis B: Environmental, 3, 335-350.
- KMNLH. 2004. Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan. Kantor Menteri Negara Kependudukan Lingkungan Hidup 2004. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. Kep-51/MENEGLH/ 2004. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Krupa. S., 2004. Assessment Report on Ammonia for Developing Ambient Air Quality Objectives. Volume II. Vegetation Effects. Alberta Environment Edmonton. Alberta. <http://www.gov.ab.ca/env/protenf/standards/index.html>. (20 September 2010).
- Kurniawan dan Gunarto. 1999. Mikroalga Memiliki Peranan Yang Penting Dalam Ekosistem Perairan, www.findthatfile.com/.../download-documents-its-master-7802-1407201735
- Kusuma, C.M. and Kokai-Kun J.F. 2005. Comparison of Four Method for Determining Lysostaphin Susceptibility of Various Strains of *Staphylococcus Aureus*. Antimicrobial agents and chemotherapy. American Soc J. Microbiology, 49(8) : 3256 – 3263.
- Kwon, B., Lee, D., Kang, N. and Yoon, J. 1999. Characteristics of P-Chlorophenol Oxidation by Fenton's Reagent, Water Res., 33, 2110 – 2118.
- Lakitan, B., 2004. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Lampe, D.G., T.C, Zhang, "Evaluation of Sulfur-Based Autotrophic Denitrification", Proceedings of the HSRC/WERC Joint Conference on the Environmental, May 1996, Great Plains/Rocky Mountain Hazardous Substance Research Center.
- Lau, P.S., N.F.Y. Tam and Y.S. Wong, 1998a. Effect of Carrageenan Immobilization on the Physiological Activities of *Chlorella Vulgaris*. *Bio-resource Technol.*, 16: 701–13

- Legge, A.H. Gruenhagen, L.Nosal, M, Jaeger, H.J.Krupa,S.V. 1995. Ambient and Adverse Crop Respons: An Evaluation of North America and European Data as they Relate to Exposure Indices and critical levels. *Angew, Bot.*69:192-205.
- Liang Li and Yan Liu, 2009 *Ammonia Removal in Electrochemical Oxidation: Mechanism and Pseudo-kinetics*, *Journal of Hazardous Materials*, 2009, vol 161 hal. 1010-1016
- Lin, J-G. and Ma, Y-S. 2000. Oxidation of 2-Chlorophenol in Water by Ultrasound/Fenton Method, *J. of Env. Eng.*, 126, 130 - 137.
- Li, Y-S, Liu, C-C and Fang, Y-Y. 1999. Decolorization of Dye wastewater by Hydrogen Peroxide in the Presence of Basic Oxygen Furnace Slag, *J. Environ. Sci. Health, A* 34, 1205-1221.
- Liu F, Han W. 2004. Reuse Strategy of Wastewater in Prawn Nursery by Microbial Remediation *Aquaculture* 230 : 281-296
- Madigan MT, Martinko JM, Parker J. 2000. *Biology of Microorganism*. 9 th edition. New Jersey: Prentice Hall
- Manahan,S.E. 1984. *Environment Chemistry*, Fourth ed, Brooks cole. Publishing Co. Monterrey, California.
- Marty, M.A. 2010. Filariasis from Parasitic Infection. (Online), (<http://emedicine.medscape.com/article/1109642-overview>. diakses tanggal 7 Desember 2011).
- Masser MP, James R, Thomas ML. 1999. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems, Management of Recirculating Systems. Southern Regional Aquaculture Center. No. 452
- Matsko, T. N. 1984. Breakpoint Chlorination Control System, U.S. Patent 4,435,91.
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. Ed ke-4. The Mc Graw-Hill.
- McIntosh RP. 2001. Changing Paradigms in Shrimp Farming : Establishment of Heterotrophic Bacterial Communities. Global Aquaculture Alliance
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*. McGraw-Hill, New York
- Middelbeek EJ dan Drijver JS de Haas. 1992. *In Vitro Cultivation of Microorganism. Biotechnology by Opening Learning*. Open University and Thames Polytechnic. Butterworth Heinemann.
- Montoya R dan Velasco M. 2000. Role of Bacteria on Nutritional and Management Strategies in Aquaculture Systems. Global Aquaculture Alliance
- Morris, RM., Rappe, MS., Connon, SA., Vergin, KL., Siebold, WA., Carlson, CA., Giovannoni, SJ., 2000, *Nature* 420:806.
- Moraes J.E.F., Quina F.H., Nascimento C.A.O., Silva D.N. and Chiavone-Filho O. 2005. Treatment of Saline Wastewater Contaminated With Hydrocarbons by the Photo-Fenton process, *Environ. Sci. Technol.*, 38, 1183-1187.
- Mulder, A., A. A. van de Graaf, L. A. Robertson, and J. G. Kuenen. 1995. Anaerobic Ammonium Oxidation Discovered in a Denitrifying Fluidized bed Reactor. *FEMS Microbiol. Ecol.* 16:177-184.
- Mulgrew, Angela and Peter Wiliaams. 2000. Biomonitoring of Air Quality Using Plants, (Online) WHO Collaborating centre for Air Quality management and Air.
- Munanto, G. 2006. Pengolahan Limbah cair Painting Industri, Furniture dengan metode oksidasi Fenton. Tesis Magister Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Nainggolan, H. 2003. Perolehan Kembali (Recovery) Amoniak Dari Serum Pengolahan Lateks Pekat Dengan Metode Stripping. *J. Sains Kimia Vol. 7 (1) : 21-22.*

- Nining, *et al.*, 2008, Biodiversitas Cyanobacteria dari Beberapa Situ/Danau di Kawasan Jakarta-Depok-Bogor, Indonesia, *Jurnal Makara, Sains*, Volume 12, No.1, April 2008
- Novotny V dan Olem H. 1994. *Water Quality, Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold. New York
- Nugraheny, 2001. Ekstraksi bahan anti bakteri dari diatom laut *Skeletonema costatum*, Skripsi Fakultas Perikanan dan ilmu kelautan, IPB
- Nugroho, R. 2003. *Development of Simple Denitrification Proses with Autotrophic Bacteria*. [Disertasi]. Oita University Japan.
- Oh-Hama, T. dan S. Miyachi. 1988. *Microalgal Biotechnology*, M. Borowitzka dan L. Borowitzka (Eds). Cambridge University Press. New York.
- Panggabean, L. M. G. 1994. Peranan Uji dalam Penentuan Baku Mutu Air Laut, hal 157-160. In Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P30 LIPI). *Prosiding Seminar Pemantauan Pencemaran Air Laut*. Jakarta.
- Parameswari, E., A. Laksmannan dan T. Tilagavathi. 2009. Biosorption of Chromium (VI) and nickel (II) by Bacterial Isolates from an Aqueous Solution. *EJEAFChE*, 8 (3) : 150 – 156.
- Parish, P.R, Acute Toxicity Test, In : Rand, and S.R. Petrocelli. 1985. *Fundamental of Aquatic Toxicology*, Hemisphere Publishing Co. Hal 44-54.
- Peavy H.S, D.R Rowe and G. Tchobanoglous. 1986. *Environmental Engineering*. Mc. Graw Hill-Book Company, New York.
- Pelezar, M dan Chan. 1986. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Terjemahan Ratna Sri H. Teja Imas, Sutarmi T dan Sri Lestari A. Penerbit Universitas Indonesia (UI-press), Jakarta.
- Permatasari E. 2007. *Bioindikator Pencemaran Insektisida Organofosfat Pada Tanah Pertanian*. Institut Teknologi Bandung, Bandung. Skripsi. Tidak Dipublikasikan
- Pescod, M.B. 1973. *Investigation of Rational Effluent and Stream Standard for Tropical Countries*. A.I.T. Bangkok. 59 p.
- Perez, M. *et al.* 2002. Removal of Organic Contaminants in Paper Pulp Treatment Effluents Under Fenton and Photo-Fenton Conditions. *Appl. Catal. B: Environmental*, Amsterdam, v. 36, p.63-74, 2002b
- Polle, J., S. Kanakagiri, J.R, Benemann, A, Melis. 1999, Maximizing Photosynthetic Eficiencies and Hydrogen Production by microalgal cultures, *Proceedings of the 1999 U,S DOE Hydrogen Prog, Review NREL/CP-570-26938*.
- Prihantini, N.B., Putri, dan Yuniati. 2005. Pertumbuhan *Chlorella* spp. Dalam Medium Ekstrak Tauge (Met) Dengan Variasi pH Awal. Departemen Biologi Fakultas MIPA, Universitas Indonesia. Depok.
- Puspitasari. 2000, *Peran Fitoplanton Dalam Mengurangi Kandungan Logam Berat Pb Dalam Air Laut* (Tesis). FPIK-IPB. Bogor
- Rand, G. M dan S. R. Petrocelli. 1985. *Fundamentals of Aquatic Toxicology*. Hemisphere Publishing Corporation. Bristol.
- Reesema, N., *Ion Exchange*, U.S. Patent 3,793,193, 1974
- Richmond, A.E. 1986, *Microalgae Culture*. *CRC Critical Rev. in Biotech*, 369.
- Riedel A, Michel C, Gosselin M, LeBlanc B. 2008. Winter Spring Dynamics in Sea Ice carbon Cycling in the Coastal Arctic Ocean. *J Mar Syst* 74:918–932
- Ruppert, G. and Bauer, R. 1994. UV-O₃, UV-H₂O₂, UV-TiO₂ and the Photo- Fenton Reaction- Comparison of Advanced Oxidation Processes For Wastewater Treatment, *Chemosphere*, 28, 1447-1454.

- Sanchez Miron, A. 1999. Comparative Evaluation of Photobioreactors for Large-Scale Monoculture of microalgae. *Biotechnol.* 70, 249–270
- Santacruz, G., E.R. Bandala, dan L.G. Torres. 2005. Chlorinated Pesticides (2,4-D and DDT) Biodegradation at High Concentrations Using Immobilized *Pseudomonas fluorescens*. *J. Environ. Sci. Health Part B* 40:571–583
- Santoso, A.D., R.A. Darmawan, dan J.P. Susanto. 2011. Pengaruh Laju Alir Injeksi gas Emisi pada Fotobioreaktor terhadap penyerapan CO₂ oleh *Chlorella sp.* *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 12(1):1-6.
- Schiewer S, Volesky.B. 2000. Biosorption Process for Heavy Metal Removal In : Lovley, D. R. (Ed), *Environmental Microbe-Metal Interaction*. ASM Press, Washington, DC,pp. 329-362.
- Sechlan. 1982. *Plantonologi*, Fakultas Perternakan dan Perikanan UNDIP, Semarang
- Sedlak, D. and Andrin, A. (1991), Aqueous-Phase Oxidation of Polychlorinated Biphenyls by Hydroxyl Radicals, *Environ. Sci. Technol.*, 25, 1419.
- Selvaraju, S.B., I.U.H. Khan, dan J.S. Yadav. 2011. Susceptibility of *Mycobacterium Immunogenum* and *Pseudomonas fluorescens* to Formaldehyde and Non-formaldehyde biocides in semi-synthetic metalworking fluids. *Int. J. Mol. Sci.* 12 : 725 – 741.
- Setiyawan *et al*, 2011, Karakteristik Proses Klarifikasi Dalam System Nitrifikasi-Denitrifikasi Untuk Pengolahan Limbah Cair Dengan Kandungan N-NH₃ Tinggi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Skipper, H.D., A.G. Wollum, R.F. Turco, and D. Wolf. 1996. Microbial aspects of environmental fate studies of pesticides. *Weed Technology*. 10:174-190
- Soemarwoto, *et al*. 1992. *Melestarikan Hutan Tropika : Permasalahan, Manfaat, dan Kebijakan*. Penerbit Yayasan Obor Indonesia. Jakarta
- Steenblock. 1996. *Makanan sehat alami*. PT. Centranusa Insan Cemerlang dan PT. Gramedia Jakarta.
- Stein, J.R. 1973. *Handbook of Phycological Methods, Culture Methods and Growth Measurement*, Cambridge Univ, Press
- Strous, M., E. van Gerven, J. G. Kuenen, and M. Jetten. 1997. Effects of Aerobic and Microaerobic Conditions on Anaerobic Ammonium-Oxidizing (Anammox) Sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:2446-2448
- Strukul G. 1992. *Catalytic Oxidations with Hydrogen Peroxide as Oxidant*. The Netherlands: Kluwer.
- Suantika, G., Pingkan, dan Yusuf. 2009. Tesis. Pengaruh Kepadatan Awal Inokulum terhadap Kualitas Kultur *Chaetoceros gracilis* (Schuut) pada Sistem Batch. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan (*Heavy Metal Bioremoval by Microorganism: A Literature Study*). Makalah. Disampaikan pada Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. 1-14 Februari 2001. Sinergy Forum – PPI Tokyo Institute of Technology.
- Susilaradeya, D.P. 2008. Lumut Kerak Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara. 3rd Winner in U.I. LKTI 2008. Jakarta : <http://www.bpkpenabur.or.id/en/schooll/smaksjkt> 2 Maret 2011
- Surk-Key, Y,& N, Toshiuki. 2002. Activity of Chlorella Vulgaris Associated by Escherichia coli W3110 on Removal of Total Organic Carbon in Continuous River Water Flow System, *Algae* vol, 17(3): 195-199.

- Sutomo, 1991. Pengaruh Salinitas dan pH Terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp.. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI Jakarta. Diseminarkan pada Lustrum VII Fakultas Biologi UGM. Jurnal Biologi, 1(1): 39-47
- Sutton, M., and D. Fowler. 2002. Atmospheric Concentrations and Deposition. Chapter 2. Ammonia in the UK. Pp : 14 – 21. DEFRA Departemen for Environment, Food & Rural Affair. London
- Sutton, M., and Harrison, D. 2002. Atmospheric Concentrations and Deposition. Chapter 9. Ammonia in the UK. Pp : 66-73. DEFRA Departemen for Environment, Food & Rural Affair
- Submerged membrane bioreactor (MBR) for the treatment of contaminated raw water. Chem. Eng. J. 148 (2009) 296-305.
- Sylvester, B., Nelvy, dan Sudjiharno. 2002. Biologi Fitoplankton, Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton. Balai Budidaya Laut Lampung. Makara, Teknologi. 9: 3-23.
- Taw, N. 1990. Petunjuk Pemeliharaan Kultur Murni dan Massal Mikroalga. Proyek Pengembangan Udang, United nations development Programme, Food and Agriculture Organizations of the United Nations.
- Tian, J, Chen, Z; Nan, J. Liang H; , li. G. 2010. Integrative Membran Coagulation Adsorption Bioreaktor (MCABR) for Enhanced Organic Matter Removal in Drinking Treatment, J. Membr, Sci 2010, 352, 205-212
- Timotus. K.H. 1982. Mikrobiologi Dasar, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Ting Y.P, Lawson, dan I.G. Prince, 1990, The Uptake of Heavy Metals Ions By Algae, Australian Jurnal of Biotechnology, 4(3) : 197-200
- Tirzhá Lins Porto Dantas, 2003. Fenton and Photo-Fenton Oxidation of Tannery Wastewater, Maringá, v. 25, no. 1, p. 91-95, 2003
- Torres, L.G., M. Hernández, Y. Pica, V. Albiter dan E.R. Bandala. 2010. Degradation of di-, tri-, tetra-, and Pentachlorophenol mixtures in an Aerobic Biofilter. African J. Biotech. 9(23) 3396 – 3403
- Turco RF, Sadowsky Mj. 1995. The Microflora of Bioremediation Through Rhizosphere Technology, vol. 563 American, Madison, Wisconsin, pp. 87-102
- Wang, T-H., Kang, S-F and Lin Y-H. 1999. Comparison Among Fenton-Related Processes to Remove 2,4-Dinitrophenol, J. of Env. Sci. & Health., A34, 12671281.
- Wardhany, D.K dan F. Ayuningtyas. 2008. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Pupuk Urea dengan Menggunakan Proses Gabungan Nitrifikasi-denitrifikasi dan Mikroalga
- Wasetiawan. 2009. *Homeostasis*. <http://blog.unila.ac.id>. Diakses Kamis, 8 April 2010
- Wasi, S., S. Tabrez dan M. Ahmad. 2011. Suitability of Immobilized *Pseudomonas fluorescens* SM1 Strain for Remediation of phenols, Heavy Metals, and Pesticides from Water. Water Air Soil Pollut. DOI 10.1007/s11270-010-0737-x
- Webb, J., B. Pain. And M. Sutton., 2002a. Background to the Problem of Ammonia in the UK. Chapter 1. Ammonia in the UK. pp : 6 – 13. DEFRA Departemen for Environment, Food & Rural Affair. London.
- Webb, J., T. Misselbrook, M. Sutton, and H. Apsimon, 2002b. Estimating total ammonia emissions from the UK. Chapter 4. Ammonia in the UK. Pp : 32-38. DEFRA Departemen for Environment, Food & Rural Affair. London.
- Wendy C .2001. Kennel Cough (Infectious Tracheobronchitis). Veterinary Partner.com. A Vin Company
- Widyati, E, 2008. Peran Mikroba Tanah Pada Kegiatan Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang, Info hutan 2: 151-160.

- Willet D, and Morrison C. 2006. Using Molasse to Control Inorganic Nitrogen and pH in Aquaculture Ponds. www.dpi.qld.gov.au/cps/rde/xchg/dpi/hs.xsl/30_2790_ENA_Print.html. (3 September 2011).
- Wu H.C., T.K. Wood, M. Ashok, dan C. Wilfred. 2006. Engineering Plant-Microbe Symbiosis for Rhizoremediation of Heavy Metals: *Appl. Environ. Microbiol.* 72 (2) : 1129.
- Van de Graaf, A.A., de Bruijn, P., Robertson, L.A., Jetten, M.S.M., Kuenen, J.G.1996. Autotrophic Growth of Anaerobic Ammonium-Oxidizing Micro-organisms in a Fluidized Bed Reactor. *Microbiology* 142, S. 2187–2196
- Van Wyk P, Scarpa J. 1999. Water Quality Requirements and Management. Di dalam: Van Wyk P, Davis-Hodgkins R, Laramore KL, Main J, Mountain, Scarpa J. *Farming Marine Shrimp in Recirculating freshwater system.*
- Vashishta.1999. *Botany Part I: Algae*, 8th ed., S. Chand & Company Ltd., New Delhi.
- Vonshak, 1985. *Problem in Development the Biotechnology of Alga Mass Production.* Plant and Soil 89.
- Zeid, A.A.A., W.A. Hassanein, H.M. Salama dan G.A A. Fahd. 2009 .Biosorption of Some Heavy Metal Ions Using Bacterial Species Isolated from Agriculture Waste Water Drains in Egypt. *J. Appl. Sci. Res.* 5(4): 372 – 383.
- Zibrida, J.1987. Removal of Ammonia from Wastewater, U.S. Patent 4,689,156.
-, 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 122 Tahun 2004, Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
-, 2002, Instruksi kerja analisa limbah cair, No. 3 PPL 001, PT.Pupuk Sriwijaya.
-, 2005, Keputusan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 18 Tahun 2005