

3100000011901

TUGAS AKHIR

STUDI PENURUNAN NITROGEN AMONIUM LIMBAH TAMBAK UDANG INTENSIF DENGAN MENGGUNAKAN ROUGHING BIOFILTER HORIZONTAL



RSL
628.352
Tt
s-1

1999

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	28-6-2000
Terima dari	H
No. Agenda Prp.	21-476

Oleh :

HARMIN SULISTIYANING TITAH

NRP. 3394.100.026

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**

KAMPUS ITS KEPUTIH SUKOLILO JL. A.R. HAKIM - SURABAYA

TELEPON (031) 5948886, 5928387 FAX. 5928387

SURABAYA, 1999



**STUDI PENURUNAN NITROGEN AMONIUM
LIMBAH TAMBAK UDANG INTENSIF
DENGAN MENGGUNAKAN
ROUGHING BIOFILTER HORIZONTAL**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Kelulusan
Sarjana Teknik Lingkungan
pada
Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

**Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing,**



Ir. Agus Slamet, M.Sc.

NIP. 131 651 592

SURABAYA

Februari, 1999

ABSTRAK

Kegiatan pengembangan budidaya udang di tambak dengan pola intensif di Indonesia telah dilakukan sejak tahun 1980 (Anonymous, 1995). Dari segi ekonomi hal ini sangat menguntungkan, namun terjadi kerugian secara ekologis karena limbah tambak pada umumnya dilepas ke kawasan pantai begitu saja tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu.

Pengolahan secara biologis merupakan cara yang aman dan murah. Salah satu jenis pengolahan limbah secara biologis yang menggunakan sistem attached growth adalah biofilter, yang mempunyai konstruksi sederhana dan efisiensi yang tinggi. Roughing biofilter horisontal dipilih karena sesuai dengan sistem saluran pembuangan limbah dari tambak, yang menggunakan aliran horisontal.

Dalam penelitian ini dikaji mengenai penurunan nitrogen pada limbah tambak udang intensif dengan menggunakan roughing biofilter horisontal, dan proses yang terjadi adalah proses nitrifikasi. Besarnya penurunan konsentrasi nitrogen dihubungkan dengan efisiensi penghilangan nitrogen (removal efficiency). Limbah yang dimasukkan ke dalam reaktor adalah limbah asli yang diambil dari tambak udang intensif di Sidoarjo. Reaktor dioperasikan untuk beban rendah dan berlangsung secara kontinyu. Variasi yang dilakukan adalah variasi waktu detensi. Dari penelitian ini didapatkan efisiensi removal yang cukup besar, untuk td 1 hari dengan BOD/N 6,8 rata-rata efisiensi removal = 98,22 %, untuk td 1,5 hari dengan BOD/N 6,8 rata-rata efisiensi removal = 99,94 %, untuk td 2 hari dengan BOD/N 4,3 rata-rata efisiensi removal = 91,10 %, untuk td 2,5 hari dengan BOD/N 4,3 rata-rata efisiensi removal = 97,21 %

Proses nitrifikasi yang terjadi merupakan orde reaksi nol dan kecepatan reaksi nitrifikasi yang terjadi bervariasi, salah satu faktor yang mempengaruhi adalah waktu kontak.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Rabb semesta alam. Saya bersaksi bahwa tiada Tuhan selain Allah, dan Nabi Muhammad adalah hamba dan Rasul-Nya. Semoga Allah memberi rahmat, takdim, dan keselamatan kepada Nabi Muhammad, keluarga, para sahabat, serta kepada kaum muslimin dan muslimat.

Hanya dengan rahmat dan ridhlo- Nya, Alhamdulillah, penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

STUDI PENURUNAN NITROGEN AMONIUM LIMBAH TAMBAK UDANG INTENSIF DENGAN MENGGUNAKAN ROUGHING BIOFILTER HORIZONTAL

Tugas Akhir merupakan kegiatan kurikuler yang wajib dipenuhi untuk memperoleh gelar strata I oleh mahasiswa di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Sepuluh Nopember Surabaya.

Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dengan tulus dan ikhlas kepada :

1. Bapak Ir. Agus Slamet, MSc sebagai dosen pembimbing yang telah sangat banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya dengan segala kesabaran hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
2. Ibu Ir. Nieke Karnaningroem, MSc selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.

3. Ibu Ir. Ellina S.P selaku dosen wali.
4. Ibu Ir. Nieke Karnaningroem, Msc, Ibu Ir. Atiek Moesriyati, Mkes, dan Bapak Ir. Hariwiko Indrayanto, MEng selaku dosen penguji yang telah banyak membantu.
5. Bapak dan Ibu dosen di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya, yang telah membimbing saya selama masa kuliah.
6. Segenap karyawan Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP ITS yang telah banyak membantu dalam penelitian tugas akhir ini.
7. Ibu, Bapak, Mbak Anis, Mas Dadong, Mas Rhois, Dik Handon, Arief dan Adhan di rumah yang senantiasa memanjatkan doa demi kelancaran studi saya.
8. Bu Lik Titik dan Om Tatur serta Alfin dan Alfan, terima kasih atas bantuannya.
9. Mbah Kakung dan Mbah Putri , dan semua Bu De, Pak De, Bu Lik, Pak Lik di Malang dan di Jakarta, serta sepupu saya semuanya.
10. Untuk Nur, Upik, Ririen, dan Ima, semoga kebersamaan kita akan tetap terjaga.
11. Buat teman seperjuangan 'YANTI'.
12. Segenap teman-teman L-12 (Nur, Upik, Ririen, Ima, Yanti, Dian, Romi, Epit, Ana, Shinta, mbak Diah, mbak Putri, Dovina, Aning, Tyas, Dini, Irma, Didi, Mardiah, Umi, Desi, Putu Dini, Yuli, Siska, Arum, Wiwien, Rani, Lili, Edna,

Nia, kak Ferry, Dhowi, Purbo, Imam, Anis, Fanan, Hadi, Yimy, Asdi, Abe, Heri, Heri Gede, Deni, Idham, Komang).

13. Arek-arek ARH-48.

14. Teman-teman 'nge-leb' : Mas Azis, Mas Rizki, Mbak Ulfi, Mbak Lita, Mbak Pipiet, Mas Adhi, Mbak De U, Mbak Peni, Mas A-Cong.

15. Pak Musa, Mas Ubet, Mas Buyung, Dhowi, Ana, Lakhmi, dik 'Al', dik Kiki, Jito, Bu Ninik, dan Pak Rudi terima kasih atas bantuannya.

16. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung turut membantu demi terselesaikannya tugas akhir ini.

Tak ada gading yang tak retak. Demikian pula dengan tugas akhir saya ini yang masih jauh dari sempurna. Untuk itu saya harapkan adanya koreksi, kritik dan saran yang membangun terhadap tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang memerlukannya. Amin ya Rabbal 'alamin.

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Surabaya, Februari 1999

Penyusun

3394.100.026

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
NOMENKLATUR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang	I - 1
1.2. Tujuan	I - 3
1.3. Ruang Lingkup	I - 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Limbah Tambak	II- 1
2.2. Nitrogen.....	II- 4
2.2.1. Amonium/Amonia.....	II- 6
2.2.2. Nitrit.....	II- 7

2.2.3. Nitrat.....	II- 8
2.3. Pengolahan Biologis.....	II- 8
2.4. Penghilangan Nitrogen secara Biologis.....	II- 11
2.4.1. Nitrifikasi.....	II- 12
2.4.1.1. Kinetika Proses Nitrifikasi.....	II- 15
2.4.1.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Nitrifikasi.....	II- 17
2.5. Orde Reaksi.....	II- 23
2.6. Proses Biologis di dalam Reaktor Biofilter.....	II- 27
 BABIII METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Kerangka Penelitian.....	III- 1
3.2. Prosedur Penelitian.....	III- 1
3.2.1. Pembenihan (Seeding).....	III- 1
3.2.2. Persiapan Alat.....	III- 4
3.2.3. Kondisi Operasional.....	III- 6
3.2.4. Proses Operasi.....	III- 7
3.2.5. Metode Analisis.....	III- 9
3.2.6. Metode Sampling.....	III- 11
3.2.7. AQC.....	III- 11
 BAB IV PEMBAHASAN	
4.1. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Efisiensi Removal NH ₄ ⁺ -N.....	IV- 2

4.2. Pengaruh Konsentrasi NH_4^+ -N Awal terhadap Efisiensi Removal NH_4^+ -N.....	IV- 6
4.3. Perubahan Konsentrasi NH_4^+ -N, NO_2^- -N, dan NO_3^- -N di Sepanjang Roughing Biofilter Horisontal.....	IV- 9
4.4. Orde Reaksi Proses Nitrifikasi dan Kecepatan Reaksi Nitrifikasi	IV- 18
4.5. Nilai pH selama Proses Nitrifikasi	IV- 26
4.6. Nilai Oksigen Terlarut selama Proses Nitrifikasi	IV- 30
4.7. Perhitungan Reaktor Roughing Biofilter Horisontal untuk Aplikasi Buangan dari Tambak.....	IV- 31

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	V- 1
5.2. Saran.....	V- 2

DAFTAR PUSTAKA

BIODATA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Keterkaitan Faktor Lingkungan pada Budidaya Tam- bak Udang.....	II- 2
Gambar 2.2. Siklus Nitrogen.....	II- 5
Gambar 2.3. Keseimbangan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ dan NH_3 dalam Air.....	II- 6
Gambar 2.4. Perubahan Nitrogen di dalam Pengolahan Biologis.....	II- 11
Gambar 2.5. Pengaruh Temperatur pada Nitrifikasi	II- 18
Gambar 2.6. Hubungan Sisa Amonia dengan Oksigen Terlarut.....	II- 19
Gambar 2.7. Efek Oksigen Terlarut terhadap Laju Nitrifikasi.....	II- 20
Gambar 2.8. Pengaruh pH terhadap Proses Nitrifikasi.....	II- 21
Gambar 2.9. Penampang Lapisan Slime yang Menempel pada Media.....	II- 28
Gambar 3.1. Kerangka Penelitian.....	III-1
Gambar 3.2. Reaktor Roughing Biofilter Horisontal.....	III- 5
Gambar 4.1. Grafik Pengaruh t_d terhadap Efisiensi Removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$	IV- 4
Gambar 4.2. Grafik Pengaruh t_d terhadap Efisiensi Removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$	IV- 4
Gambar 4.3. Grafik Pengaruh t_d terhadap Efisiensi Removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$	IV- 5
Gambar 4.4. Grafik Pengaruh t_d terhadap Efisiensi Removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$	IV- 5
Gambar 4.5. Grafik Hubungan antara $[\text{NH}_4^+\text{-N}]$ di influen dengan re- moval.....	IV- 7

Gambar 4.6. Grafik Hubungan antara $[\text{NH}_4^+\text{-N}]$ di influen dengan re- moval.....	IV- 8
Gambar 4.7. Grafik Perubahan $[\text{NH}_4^+\text{-N}]$ pada $t_d = 1$ hari.....	IV- 10
Gambar 4.8. Grafik Perubahan $[\text{NO}_2^-\text{-N}]$ pada $t_d = 1$ hari.....	IV- 11
Gambar 4.9. Grafik Perubahan $[\text{NO}_3^-\text{-N}]$ pada $t_d = 1$ hari.....	IV- 11
Gambar 4.10. Grafik Perubahan $[\text{NH}_4^+\text{-N}]$ pada $t_d = 1,5$ hari.....	IV- 12
Gambar 4.11. Grafik Perubahan $[\text{NO}_2^-\text{-N}]$ pada $t_d = 1,5$ hari.....	IV- 12
Gambar 4.12. Grafik Perubahan $[\text{NO}_3^-\text{-N}]$ pada $t_d = 1,5$ hari.....	IV- 13
Gambar 4.13. Grafik Perubahan $[\text{NH}_4^+\text{-N}]$ pada $t_d = 2$ hari.....	IV- 13
Gambar 4.14. Grafik Perubahan $[\text{NO}_2^-\text{-N}]$ pada $t_d = 2$ hari.....	IV- 14
Gambar 4.15. Grafik Perubahan $[\text{NO}_3^-\text{-N}]$ pada $t_d = 2$ hari.....	IV- 14
Gambar 4.16. Grafik Perubahan $[\text{NH}_4^+\text{-N}]$ pada $t_d = 2,5$ hari.....	IV- 15
Gambar 4.17. Grafik Perubahan $[\text{NO}_2^-\text{-N}]$ pada $t_d = 2,5$ hari.....	IV- 15
Gambar 4.18. Grafik Perubahan $[\text{NO}_3^-\text{-N}]$ pada $t_d = 2,5$ hari.....	IV- 16
Gambar 4.19. Grafik Perubahan $[\text{NH}_4^+\text{-N}]$ pada roughing biofilter horisontal.....	IV- 16
Gambar 4.20. Grafik Perubahan $[\text{NO}_2^-\text{-N}]$ pada roughing biofilter horisontal	IV- 17
Gambar 4.21. Grafik Perubahan $[\text{NO}_3^-\text{-N}]$ pada roughing biofilter horisontal.....	IV- 17
Gambar 4.22. Grafik Orde Reaksi Nol untuk $t_d = 1$ hari.....	IV- 20
Gambar 4.23. Grafik Orde Reaksi Nol untuk $t_d = 1,5$ hari.....	IV- 20



Gambar 4.24. Grafik Orde Reaksi Nol untuk $t_d = 2$ hari.....	IV- 21
Gambar 4.25. Grafik Orde Reaksi Nol untuk $t_d = 2,5$ hari.....	IV- 21
Gambar 4.26. Grafik Orde Reaksi Pertama untuk $t_d = 1$ hari.....	IV- 24
Gambar 4.27. Grafik Orde Reaksi Pertama untuk $t_d = 1,5$ hari.....	IV- 24
Gambar 4.28. Grafik Orde Reaksi Pertama untuk $t_d = 2$ hari.....	IV- 25
Gambar 4.29. Grafik Orde Reaksi Pertama untuk $t_d = 2,5$ hari.....	IV- 25
Gambar 4.30. Grafik Nilai pH pada Influen dan Effluen untuk $t_d = 1$ ha- ri, 1,5 hari, 2 hari, dan 2,5 hari.....	IV-28
Gambar 4.31. Lay Out Reaktor Roughing Biofilter Horisontal.....	IV-33

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Metode-Metode Analisis yang Digunakan.....	III- 10
Tabel 3.2 Parameter-Parameter Uji Tiap Titik Sampling.....	III- 11
Tabel 4.1. Variasi HRT, HLR, dan Q.....	IV- 2
Tabel 4.2. Efisiensi Rem. NH_4^+ -N pada $t_d = 1$ hari dan $t_d = 1,5$ hari...	IV- 3
Tabel 4.3. Efisiensi Rem. NH_4^+ -N pada $t_d = 2$ hari dan $t_d = 2,5$ hari...	IV- 3
Tabel 4.4. Nilai Waktu dan Konsentrasi untuk Masing-Masing Waktu Kontak.....	IV- 19
Tabel 4.5. Nilai K pada Orde Reaksi Nol.....	IV- 19
Tabel 4.6. Nilai Waktu dan Konsentrasi untuk Masing-Masing Waktu Kontak.....	IV- 22
Tabel 4.7. Nilai K pada Orde Reaksi Pertama.....	IV- 23
Tabel 4.8. Data Pengukuran pH pada Influen dan Effluen.....	IV- 27
Tabel 4.9. Data Pengukuran Oksigen Terlarut	IV- 30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Mengetahui Volume Rongga Reaktor.....	1
Lampiran 2 Perhitungan Debit Influent dan Beban Hidrolik.....	2
Lampiran 3 Cara Memperoleh Debit Konstan.....	5
Lampiran 4 Prosedur Analisis.....	7
Lampiran 5 Kalibrasi Alat.....	19
Lampiran 6 AQC.....	22
Lampiran 7 Data-Data Hasil Penelitian.....	28
Lampiran 8 Nilai Oksigen Terlarut Jenuh.....	35
Lampiran 9 Kondisi Steady State.....	36
Lampiran 10 Foto.....	37

NOMENKLATUR

(Daftar Istilah Dan Daftar Simbol)

- **Daftar Istilah**

Aerobik : kondisi dimana terdapat oksigen bebas.

Adsorpsi : proses penyerapan sampai masuk ke dalam pori-pori dan tertahan di dalam.

Attached growth : cara pertumbuhan mikroorganisme dengan mekanisme penempelan pada media penyangga (media alami dan media sintesis).

Biofilm : lapisan lendir yang tumbuh melekat pada permukaan media penyangga.

Biofilter : reaktor yang menggunakan prinsip kerja biofilm.

BOD : jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam limbah.

Buffer : penyangga.

Clogging : kondisi penyumbatan yang terjadi pada media.

Desorpsi : proses pelepasan partikel-partikel yang telah diadsorpsi.

Difusi : proses perpindahan dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah.

Disosiasi : penguraian suatu zat menjadi beberapa zat yang susunannya lebih sederhana dalam reaksi yang merupakan reaksi kesetimbangan.

DO : nilai oksigen yang terlarut dalam air.

Kinetika : konsep konversi massa berdasar kecepatan reaksi.

Orde reaksi : tingkat kecepatan reaksi.

pH : nilai yang menyatakan derajat keasaman suatu senyawa.

PV : kandungan bahan organik yang mampu terurai; biasa dipakai dalam menentukan derajat pengenceran dalam analisis BOD_5^{20}

Removal : penurunan kandungan suatu zat.

Sistem kontinyu : suatu sistem dalam pengolahan secara biologis dengan mengoperasikan limbah pada reaktor secara terus menerus.

Sloughing : fenomena luruhnya lapisan biofilm dari media penyangganya.

Steady state : kondisi dimana tidak terjadi perubahan pertumbuhan mikroorganisme $\Delta dx/dt = 0$.

Trickling filter : jenis pengolahan biologis yang menggunakan sistem attached growth.

Waktu detensi : waktu kontak air limbah dengan lapisan slime ; waktu yang dibutuhkan oleh air limbah untuk berada dalam reaktor (biofilter).

Wash out : kondisi yang terjadi dimana lapisan biofilm ikut terbawa oleh aliran air limbah yang masuk.

• **Daftar Simbol**

A	= luas permukaan reaktor (m^2)
BOD	= Biological Oxygen Demand (mg/L)
BOD ₅ ²⁰	= nilai BOD yang diukur pada suhu 20 ⁰ C, pada hari ke-5(mg/L)
C	= konsentrasi (mg/L)
DO	= Dissolved Oxygen (mg/L)
HLR	= Hydraulic Loading ($m^3/m^2.hr$)
K	= konstanta kecepatan reaksi
n	= orde reaksi
OLR	= Organic Loading = beban organik (kg BOD/ $m^3.hr$)
pH	= Power of Hydrogen = derajat keasaman
PV	= Permanganat Value (mg/L)
Q	= debit limbah (liter/det)
td	= detention time (detik, menit, jam, hari)
T	= suhu (⁰ C)
TS	= titik sampling
V	= volume reaktor (liter)
v	= kecepatan aliran limbah (m/detik)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Kegiatan pengembangan budidaya udang di tambak dengan pola intensif di Indonesia telah dilakukan sejak tahun 1980 (Anonymous,1995). Perkembangan budidaya udang di tambak pada awalnya menunjukkan kemajuan yang pesat sehingga mampu meningkatkan produksi dan ekspor yang cukup besar. Dari segi ekonomi hal ini sangat menguntungkan, namun terjadi kerugian secara ekologis karena limbah tambak pada umumnya dilepas ke kawasan pantai begitu saja tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu.

Permasalahan khusus yang ditimbulkan dari usaha tambak udang pola intensif adalah adanya limbah bahan organik yang terakumulasi di petak kawasan pertambakan. Dalam Anonymous (1995) dijelaskan bahwa limbah yang diproduksi oleh suatu kawasan pertambakan dapat disebabkan oleh adanya limbah eksternal yaitu limbah yang masuk ke dalam suatu kawasan pertambakan pada saat pemasukan air misalnya limbah industri, pertanian, dan pemukiman. Penyebab lainnya adalah limbah internal yaitu limbah yang berasal dari tambak itu sendiri, misalnya sisa-sisa pakan, plankton yang mati dan dari hasil ekskresi udang. Pendapat ini didukung oleh Wiadnya et.al (1993), dijelaskan bahwa kegagalan pada budidaya tambak udang intensif

(1993), dijelaskan bahwa kegagalan pada budidaya tambak udang intensif disebabkan oleh kombinasi multifaktor, satu diantaranya adalah faktor internal yang disebabkan oleh *self pollution* terutama bahan organik (*feces* dan *uneaten feed*) yang terakumulasi selama masa budidaya.

Berdasarkan pengamatan Fuad dan Poernomo (1987), ternyata ada 6 model jaringan pengairan yang umum digunakan untuk pertambakan udang. Dari keenam model jaringan pengairan tersebut, semua model mempunyai sistem pembuangan air limbahnya ke laut tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Jika kondisi seperti ini berlangsung terus-menerus, dikhawatirkan kemampuan *self purification* laut di dekat kawasan tambak udang akan menurun sehingga akan menimbulkan pencemaran. Untuk mencegah kondisi ini maka harus dilakukan pengolahan air limbah dari tambak udang sebelum dibuang ke laut.

Pengolahan limbah tambak dapat dilakukan secara fisik, kimia maupun biologis. Pengolahan secara fisik dan kimia selain mahal, dapat berdampak negatif bagi lingkungan. Sedangkan cara aman dan murah adalah pengolahan secara biologis. Ada 2 sistem pengolahan biologis yaitu sistem *suspended growth* dan sistem *attached growth*. Pada sistem *attached growth* dibutuhkan media-media untuk pertumbuhan mikroorganisme yang diperlukan dalam proses pengolahan air limbah. Salah satu jenis pengolahan limbah yang menggunakan sistem *attached growth* adalah biofilter, yang mempunyai konstruksi sederhana dan efisiensi yang tinggi. Roughing

biofilter horisontal dipilih karena sesuai dengan sistem saluran pembuangan limbah dari tambak, yang menggunakan aliran horisontal.

Penurunan nitrogen yang ada dalam limbah tambak udang dapat berlangsung dengan proses nitrifikasi. Proses nitrifikasi ini dapat terjadi pada sistem *attached growth*. Proses nitrifikasi merupakan proses oksidasi biologis sehingga dalam penelitian ini dilakukan aerasi yang terus-menerus untuk menambah oksigen terlarut. Sedangkan berapa besar efisiensi penurunan nitrogen limbah tambak udang intensif dengan menggunakan roughing biofilter horisontal ini akan diteliti.

1.2. TUJUAN

Tujuan Umum.

Mengkaji penurunan nitrogen pada limbah tambak udang intensif dengan menggunakan roughing biofilter horisontal.

Tujuan Khusus.

1. Menentukan pengaruh waktu detensi terhadap penurunan nitrogen pada limbah tambak udang intensif dengan menggunakan roughing biofilter horisontal.
2. Mengetahui perubahan konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, dan $\text{NO}_3^-\text{-N}$ di sepanjang reaktor roughing biofilter horisontal.
3. Mengetahui reaksi orde proses nitrifikasi dan kecepatan reaksi nitrifikasi.

1.3. RUANG LINGKUP

1. Reaktor yang digunakan adalah roughing biofilter horisontal.
2. Pola aliran yang digunakan adalah aliran kontinu.
3. Sampel asli berasal dari tambak udang intensif di Desa Segaratambak, Sidoarjo.
4. Media menggunakan batu pecah dengan diameter 3/8" - 1/2 ".
5. Variasi-variasi yang dilakukan :
 - 4 variasi waktu detensi.
6. Parameter utama yang diukur adalah :
 - amonium.
 - nitrit.
 - nitrat.

Parameter untuk kontrol adalah :

- oksigen terlarut lebih besar dari 1 mg/L
 - pH 7 - 9.
 - suhu kamar (26 - 28 °C)
6. Skala reaktor yang digunakan adalah skala laboratorium.

BAB II

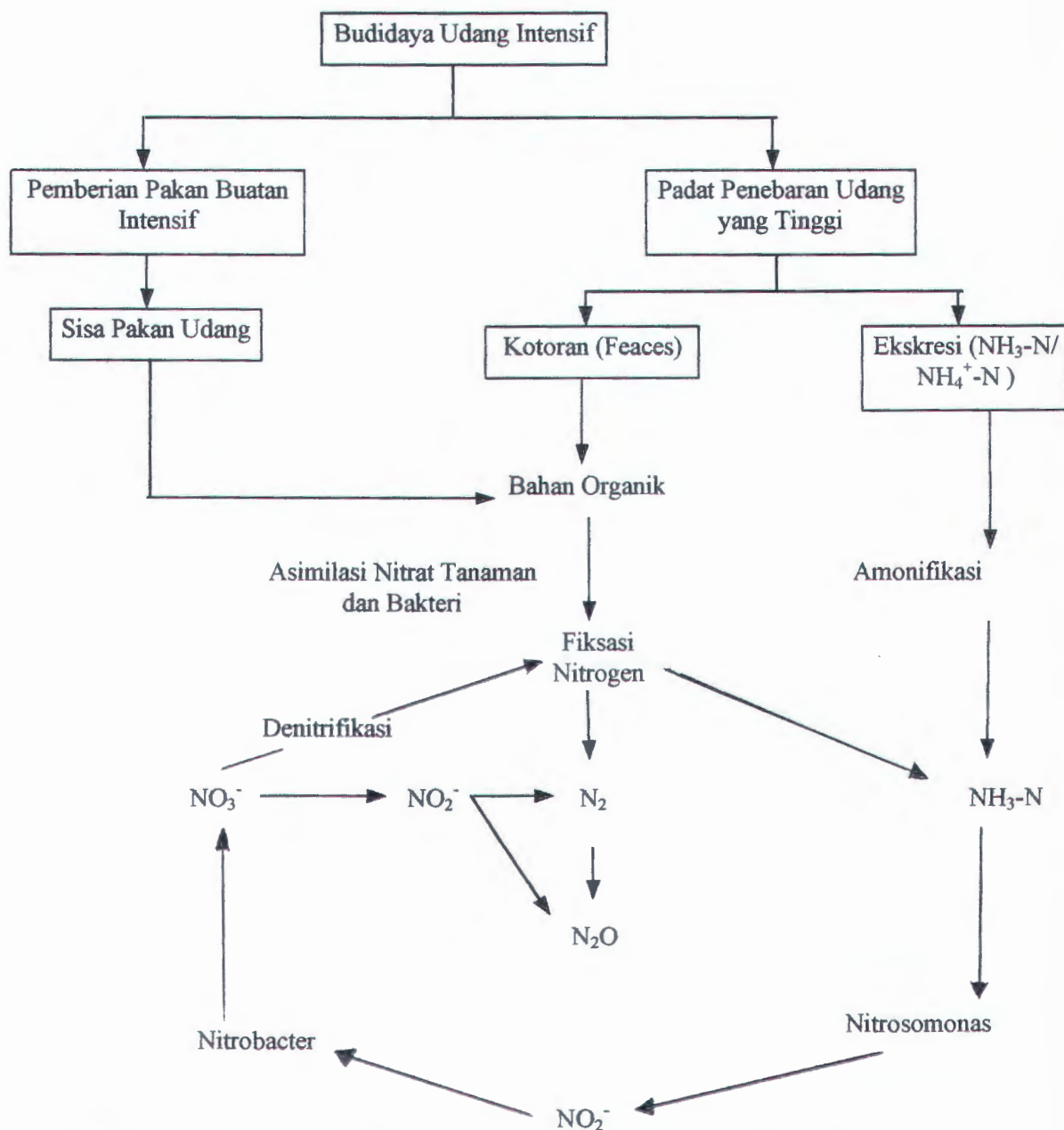
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. LIMBAH TAMBAK

Penggantian air tambak pada budidaya udang tergantung pada pola budidayanya dan jenis tambak yang digunakan. Pada tambak pola tunggal A1 dan pola ganda B1, pergantian air bisa dilakukan seminggu sekali. Penggantian diawali dengan pembuangan air tambak bagian bawah sekitar 30 % dari volume air tambak. Penggantian bisa dilakukan secara bertahap, 2-3 hari. Sedangkan pada tambak pola tunggal A2 dan pola ganda B2, penggantian air perlu dilakukan setiap hari. Caranya ialah air tambak dikeluarkan sekitar 10 %, kemudian tambak diisi air segar 10 % dari seluruh air tambak. Pembuangan air bisa dilakukan pada saat air surut dan pengisian kembali pada saat laut pasang.

Pada budidaya udang dengan pola intensif, dilakukan penebaran dengan kepadatan tinggi dan pemberian pakan sangat intensif. Sebagian besar pakan yang dimakan oleh udang dirombak jadi daging atau jaringan tubuh, sedangkan sisanya dibuang berupa kotoran padat (*feces*) dan terlarut (amonium). *Feces* dikeluarkan melalui anus, sedang amonium lewat insang (golongan hewan *ammonotelic*). Menurut Gowen et.al (1989) dalam Mahmudi et.al (1997) disebutkan bahwa produk ekskresi yang berupa amonium terlarut dikeluarkan lewat insang pada udang mencapai 70 %. Kotoran padat dan sisa pakan yang tidak termakan adalah bahan organik

dengan kandungan protein yang tinggi, yang diuraikan menjadi polypeptida, asam-asam amino dan akhirnya amonia sebagai produk akhir yang terakumulasi di dalam air tambak.



Gambar 2.1. Keterkaitan Faktor Lingkungan pada Budidaya Tambak Udang.

Pakan udang yang digunakan pada budidaya udang intensif mempunyai kandungan protein tinggi, yaitu 35 - 45 % (Cholik, 1989 dalam Tarzan 1998). Jika faktor konversi pakan 1 : 1,5 (artinya untuk menghasilkan 1 kg biomassa udang diperlukan 1,5 kg pakan), maka dari setiap 1 kg pakan dihasilkan limbah terlarut dan padatan tersuspensi sebesar 0,514 kg (Huissman, 1993 dalam Tarzan 1998). Dengan demikian jika produktivitas tambak udang intensif 12 ton/ha, diperlukan pakan 18 ton/ha dan dihasilkan limbah 9,252 ton/ha/siklus produksi.

Semakin tinggi kandungan bahan organik di suatu perairan, maka semakin tinggi pula kadar amonia di dalam air tersebut. Hal ini berhubungan dengan semakin bertambahnya aktivitas dekomposisi bahan organik yang menghasilkan amonia. Amonia di dalam air mengalami hidrolisa sebagai berikut : $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \dots\dots\dots(2-1)$

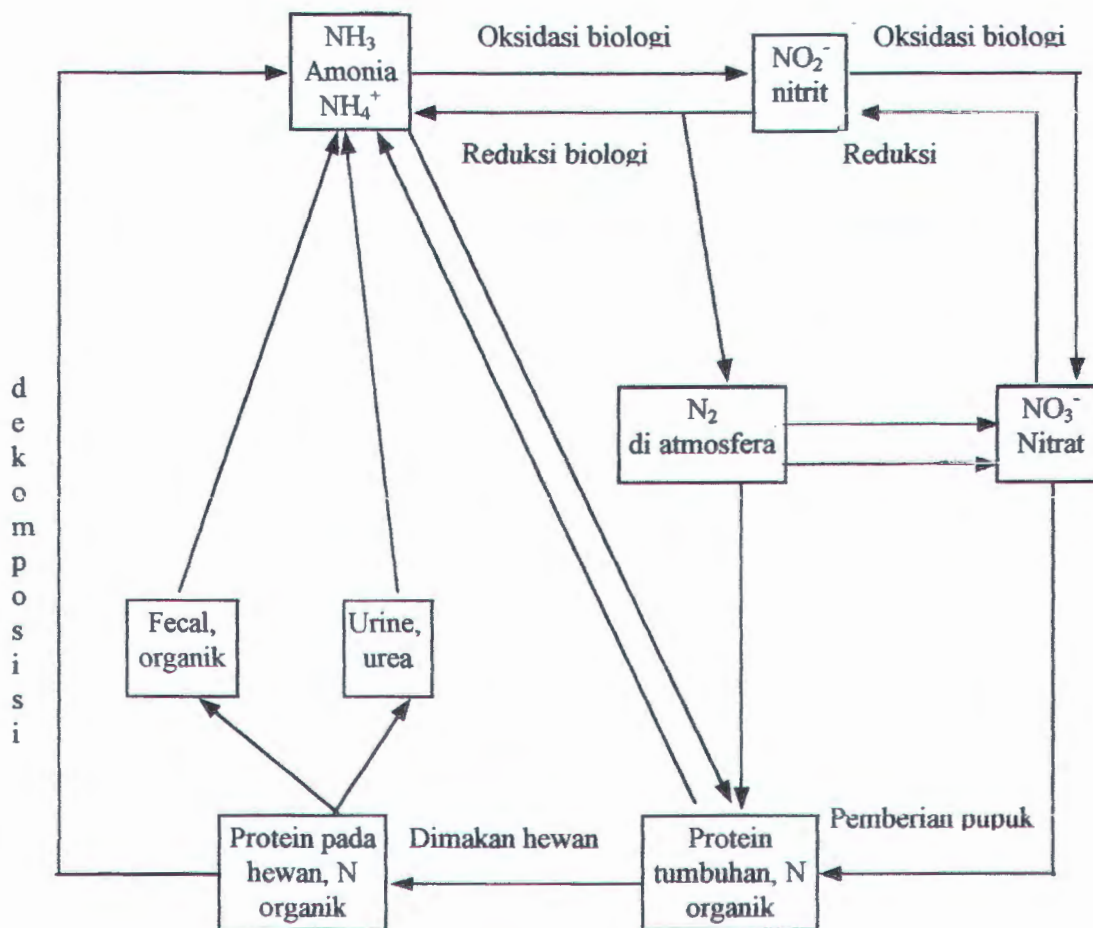
Kedua bentuk amonia tersebut di dalam air berada dalam keseimbangan, tergantung dari pH air. Dalam kondisi pH rendah reaksi mengarah ke kanan, sedang dalam pH tinggi reaksi bergerak ke kiri. Jadi kalau pH air tambak tinggi, maka daya racun amonia meningkat, sebab sebagian besar berada dalam bentuk NH_3 . Sedang amonia dalam bentuk molekul (NH_3) lebih beracun daripada dalam bentuk ion (NH_4^+) sebab amonia dalam bentuk molekul dapat menembus bagian membran sel lebih cepat daripada dalam bentuk ion (Colt dan Armstrong, 1976 dalam Poernomo, 1988).

Air limbah dari tambak udang dengan pola intensif yang mempunyai kadar amonium tinggi bersama-sama dengan urea dan senyawa limbah lainnya seperti vitamin dapat meningkatkan konsentrasi nutrisi terlarut di dalam air (hipernutrifikasi). Nutrien-nutrien tersebut akan dimanfaatkan oleh fitoplankton dan mengakibatkan meningkatnya produksi primer (eutrofikasi) jika nutrisi-nutrien tersebut merupakan pembatas pertumbuhan fitoplankton di perairan pantai. Eutrofikasi dapat menyebabkan perubahan pada ekosistem pantai, misalnya fluktuasi oksigen yang besar di permukaan air, penipisan oksigen di dasar dan kondisi anoksik di sedimen dasar.

2.2. NITROGEN

Nitrogen merupakan salah satu unsur penting bagi pertumbuhan mikroorganisme dan merupakan salah satu unsur utama pembentuk protein. Senyawa nitrogen adalah senyawa yang kompleks karena mempunyai beberapa bilangan oksidasi dan dapat terjadi perubahan bentuk bilangan oksidasi secara biologis dengan bantuan mikroorganisme. Perubahan bilangan oksidasi ini oleh mikroorganisme dapat dari bilangan oksidasi rendah ke tinggi atau sebaliknya, tergantung dari kondisinya aerobik atau anaerobik (Sawyer, 1978). Pada dasarnya bentuk senyawa nitrogen yang penting pada pengolahan air limbah adalah nitrogen organik, amonium, nitrit dan nitrat.

Nitrogen berada di dalam air dalam bentuk gas N_2 (yang segera berubah atau diubah menjadi senyawa lain), amonia, ion amonium, nitrit, dan nitrat. Bentuk-bentuk ini saling berkaitan dalam siklus nitrogen (gambar 2.2). Dalam bentuk amonia/ion amonium (NH_3/NH_4^+), nitrogen bervaleksi -3, dalam bentuk N_2 bervaleksi 0, dalam bentuk nitrit (NO_2^-) bervaleksi +3, dalam bentuk nitrat (NO_3^-) bervaleksi +5.

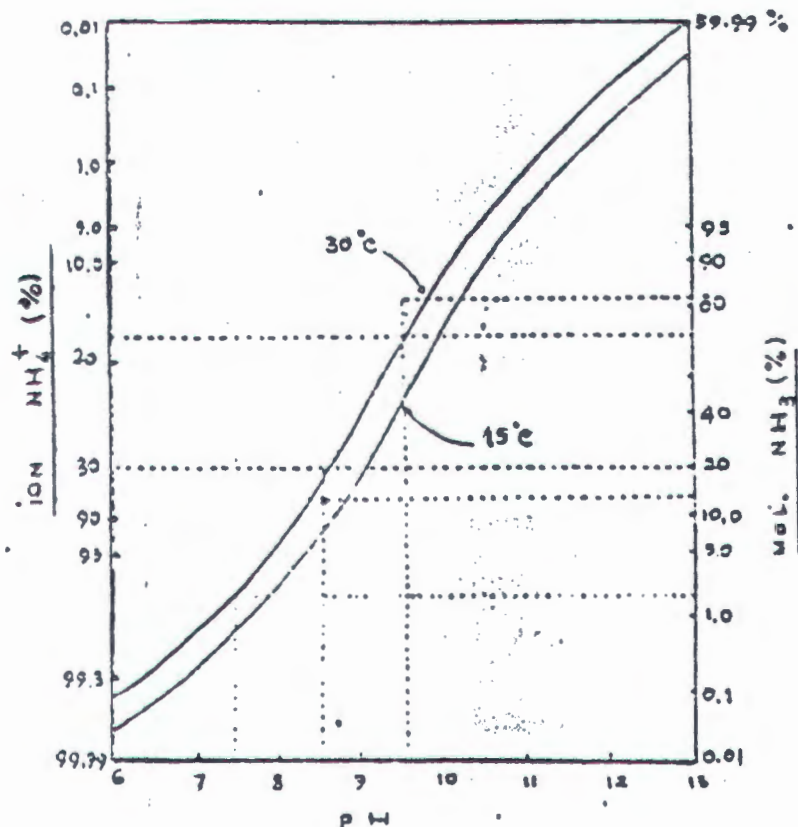
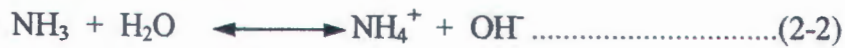


Gambar 2.2. Siklus Nitrogen
(Sumber : Metcalf dan Eddy, 1991)

Sumber utama senyawa nitrogen di dalam air berasal dari air limbah yang mengandung senyawa nitrogen (*nitrogenous substances*) yang berupa bahan organik-protein dan senyawa anorganik seperti pupuk nitrogen (urea, dan pupuk Z.A).

2.2.1. AMONIUM/AMONIA

Kelarutan amonia dalam air cukup tinggi. Amonium/amonia di dalam air mengalami hidrolisis sebagai berikut :



Gambar 2.3. Keseimbangan NH₄⁺ dan NH₃ dalam Air pada pH dan Suhu yang Berbeda (Sumber : Poernomo, 1988)

Kedua bentuk amonia tersebut di dalam air berada dalam keseimbangan, tergantung dari pH air. Dalam kondisi pH rendah reaksi mengarah ke kanan, sedang pada pH tinggi reaksi bergerak ke kiri. Konsentrasi gas terlarut NH_3 dan ion amonium akan sama pada pH 9. Untuk menghilangkan gas amonia, dapat dilakukan dengan aerasi pada pH di atas 10,5. Daya racun juga dipengaruhi oleh suhu, kadar garam, dan kadar kalsium (Ca). Daya racun akan meningkat pada suhu yang lebih tinggi, kadar garam rendah dan kesadahan rendah.

Amonia pada kadar 0,45 mg/L dapat menghambat laju pertumbuhan 50 % sedang pada kadar 1,29 mg/L sudah membunuh beberapa jenis udang (Wickins, 1976 dalam Poenomo, 1988). Kadar antara 0,05 - 0,2 mg/L sudah cukup menghambat pertumbuhan hewan aquatik pada umumnya. Menurut poernomo (1988), kisaran optimum yang disarankan untuk kadar amonium pada budidaya udang di tambak adalah 0 mg/L.

2.2.2. NITRIT

Nitrit biasanya tidak bertahan lama dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara amonium dan nitrat. Nitrit membahayakan kesehatan karena dapat bereaksi dengan hemoglobine dalam darah, hingga darah tersebut tidak dapat mengangkut oksigen lagi. Selain itu nitrit juga menimbulkan nitrosiamin ($\text{RR}'\text{N} - \text{NO}$) pada air buangan tertentu, yang dapat menyebabkan kanker (Alaerts dan Sri Sumestri, 1987).

Pengaruh utama nitrit pada ikan dan udang adalah perubahan di dalam transport oksigen, oksidasi persenyawaan penting, dan rusaknya jaringan. Nitrit beracun terhadap perubahan di dalam transportasi pada ikan dan udang, karena nitrit merupakan faktor oksidasi yang baik sehingga nitrit mengoksidasi Fe^{2+} di dalam hemoglobine. Dalam bentuk ini kemampuan darah untuk mengikat oksigen sangat merosot. Pada udang yang darahnya mengandung -Cu (*hemocyanin*) mungkin terjadi oksidasi Cu oleh nitrit dan memberikan akibat yang sama seperti pada ikan (Smith dan Russo, 1975 dalam Poernomo, 1988).

2.2.3. NITRAT

Merupakan bentuk senyawa nitrogen yang stabil. Nitrat adalah salah satu unsur penting untuk sintesis protein tumbuhan-tumbuhan dan hewan. Akan tetapi nitrat pada konsentrasi tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas sehingga air akan kekurangan oksigen terlarut yang menyebabkan kematian ikan dan udang (Alaerts dan Sri Simestri, 1987).

2.3. PENGOLAHAN BIOLOGIS

Menurut Metcalf dan Eddy (1991), ada 5 bagian utama pengolahan biologis berdasarkan proses yang terjadi, yaitu :

1. Proses aerobik.

2. Proses anoxik.
3. Proses anaerobik.
4. Kombinasi proses aerobik, anoxik, dan anaerobik.
5. Sistem kolam (*pond*).

Sedangkan berdasarkan cara mikroorganisme tumbuh, yaitu :

1. Sistem *suspended growth*.
2. Sistem *attached growth*.
3. Kombinasi kedua sistem.

Aplikasi pengolahan biologis adalah (Metcalf dan Eddy, 1991) :

1. Untuk mengurangi beban organik di dalam air limbah, biasanya diukur sebagai BOD (*Biological Oxygen Demand*), TOC (*Total Organic Carbon*), atau COD (*Chemical Oxygen Demand*).
2. Nitrifikasi.
3. Denitrifikasi.
4. Mengurangi kadar fosfat.
5. Stabilisasi limbah.

PROSES PENGOLAHAN AEROBIC-ATTACHED GROWTH (AAG)

Proses ini biasanya digunakan untuk menghilangkan beban organik yang ada dalam air limbah. Proses ini juga digunakan untuk mencapai nitrifikasi (konversi dari amonium menjadi nitrat). Proses AAG ini di

antaranya trickling filter, roughing filter, rotating biological , reactor fixed film nitrifikasi.

ROUGHING BIOFILTER

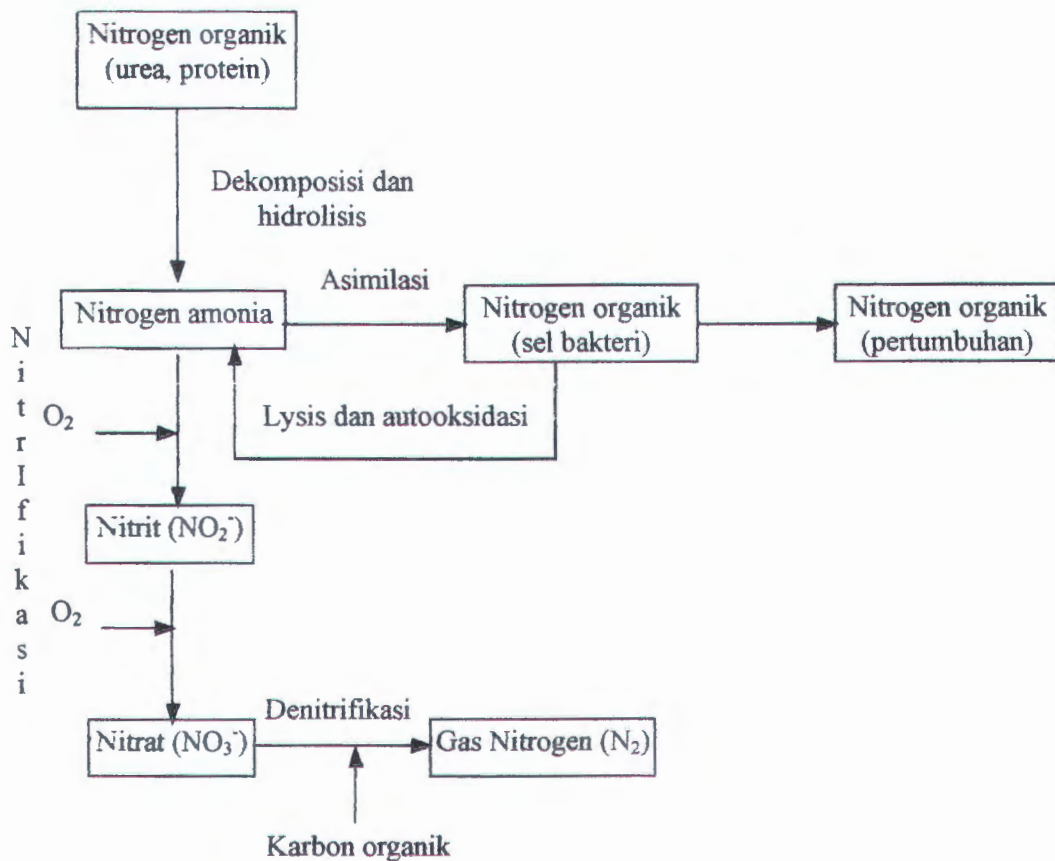
Pada dasarnya ada dua jenis roughing biofilter, yang dibedakan oleh arah alirannya, yaitu roughing biofilter aliran vertikal dan roughing biofilter aliran horisontal. Roughing biofilter vertikal banyak dioperasikan untuk beban hidrolis tinggi (Metcalf dan Eddy, 1991). Roughing biofilter vertikal digunakan untuk mengurangi beban organik dengan proses *downstream* dan dapat diaplikasikan untuk proses nitrifikasi. Meskipun pada awalnya roughing biofilter merupakan reaktor dengan kedalaman yang dangkal dan menggunakan media batu, tetapi saat ini juga digunakan media sintetik atau redwood dengan kedalaman yang lebih besar (3,7 - 12 m).

Roughing dengan aliran horisontal untuk saat ini banyak dimanfaatkan untuk pengolahan air baku dengan beban hidrolis rendah ($0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ jam} - 1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ jam}$). Desain roughing filter horisontal mengikuti desain *rectangular sedimentation tank* dengan inlet, outlet, dan zona sedimentasi/filtrasi. Media yang umum dipakai adalah batu pecah kasar dengan diameter sekitar 4 - 40 mm. Sedangkan roughing biofilter horisontal merupakan reaktor roughing biofilter yang digunakan untuk mengurangi beban organik dan beban nutrien dengan arah aliran limbah secara horisontal.



2.4. PENGHILANGAN NITROGEN SECARA BIOLOGIS

Nitrogen di air limbah terdapat dalam bermacam-macam bentuk dan dapat mengalami perubahan selama proses pengolahan. Perubahan ini menunjukkan suatu konversi nitrogen amonium menjadi produk yang mudah dihilangkan di dalam air limbah.



Gambar 2.4. Perubahan Nitrogen di dalam Pengolahan Secara Biologis.
(Sumber : Metcalf dan Eddy, 1991)

2.4.1. NITRIFIKASI

Nitrifikasi adalah proses biooksidasi dari amonia menjadi nitrat. Konversi ini adalah merupakan proses yang terjadi dalam dua tahap, yang dilakukan oleh dua golongan bakteri aerobik kemoautotropik. Golongan bakteri ini terdapat di dalam tanah, air, maupun pada habitat salin (air laut). Kedua golongan ini memperoleh karbon yang diperlukan untuk sintesa sel dari karbon dioksida (CO_2), karbonat (CO_3^{-2}), atau bikarbonat (HCO_3^-) yaitu bentuk-bentuk karbon anorganik. Satu golongan memperoleh energi dari oksidasi ion amonium menjadi nitrit, sedangkan golongan lain memperoleh energi melalui oksidasi dari nitrit menjadi nitrat.

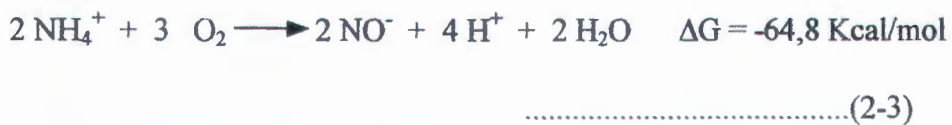
Nitrifikasi menjadi salah satu proses yang penting untuk diperhatikan, hal ini disebabkan :

- Air limbah yang banyak mengandung N organik cenderung merangsang pertumbuhan alga yang pada akhirnya akan menimbulkan eutrofikasi di perairan.
- Adanya nitrifikasi akan menyebabkan turunnya konsentrasi oksigen terlarut (DO), hal ini disebabkan pada setiap tahap reaksi dalam nitrifikasi akan mengkonsumsi DO.
- NH_4 juga bersifat toksik terhadap kehidupan air.
- NH_4 juga mengkonsumsi dosis klor yang berakibat naiknya kebutuhan klor untuk desinfektan di air minum.

- NH_4 juga mengkonsumsi dosis klor yang berakibat naiknya kebutuhan klor untuk desinfektan di air minum.

Total nitrogen biasanya disebut sebagai Total Kjeldahl Nitrogen (TKN). TKN terdiri dari bahan organik (protein, asam nucleic, urea) dan anorganik (NH_4).

Oksidasi tahap I disebut tahap nitritasi, yaitu oksidasi ion amonium menjadi nitrit, reaksi yang terjadi :



Bakteri yang berperan dalam tahap ini adalah bakteri *Nitrosomonas europaea*, *Nitrosomona monocella*, dan *Nitrosococcus oceanus*.

Nitrosococcus oceanus merupakan salah satu bakteri kemoautotrop yang hidup di air laut (Watson, 1965 dalam Rheinheimer, 1980).

Oksidasi tahap II disebut tahap nitratasi, yaitu oksidasi nitrit menjadi nitrat, reaksi yang terjadi :



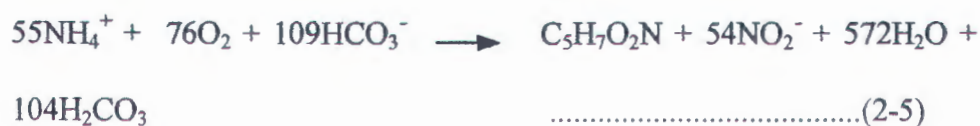
Bakteri yang berperan dalam tahap ini adalah bakteri *Nitrobacter winogradskyi*, *Nitrocystis*, *Nitrococcus mobilis*, *Nitrospina gracilis*, dan *Nitrobacter agilis*. *Nitrococcus mobilis*, *Nitrospina gracilis* merupakan bakteri nitrifikasi yang hidup di air laut yang berhasil ditemukan oleh Watson dan Waterbury pada tahun 1971 (Rheinheimer, 1980).



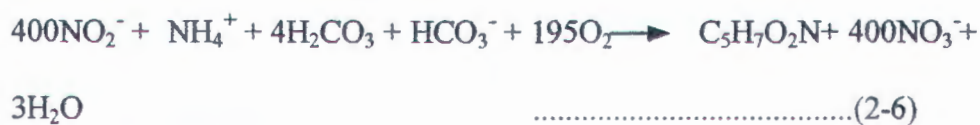
Total energi hasil reaksi $\Delta G = - 82,9$ Kcal/mol. Energi yang dibebaskan pada reaksi oksidasi ammonia menjadi nitrit lebih besar daripada energi yang dibebaskan pada reaksi oksidasi nitrit menjadi nitrat. Dengan demikian *Nitrosomonas* melepaskan energi per mol nitrogen yang dioksidasi lebih banyak daripada *Nitrobacter*. Jika diasumsikan bahwa sintesis sel per unit energi yang diproduksi adalah sama, maka massa *Nitrosomonas* yang terbentuk lebih besar dari *Nitrobacter* per mol nitrogen yang dioksidasi (Horan, 1993).

Persamaan reaksi stoikiometri untuk pertumbuhan bakteri (Horan,1993) :

Nitrosomonas :



Nitrobacter :



Kebutuhan oksigen :

- pada proses nitritasi : $\frac{32 \times 1,5}{14} = 3,43 \text{mgO}_2 / \text{mgNH}_4 - \text{N}$

- pada proses nitratasi: $\frac{32 \times 0,5}{14} = 1,14 \text{mgO}_2 / \text{mgNH}_4 - \text{N}$

= 4,57mgO₂/ mgNH₄ - N

Proses nitrifikasi dapat menurunkan pH sampai batas yang tidak diinginkan. Keseluruhan reaksi nitrifikasi jika mengabaikan sintesis sel dapat ditulis sebagai berikut (Culp, 1978 dan Horan, 1993) :



1 mol NH_4^+ menghasilkan 2 mol H^+ , alkalinitas dihabiskan untuk mengoksidasi amonium dan memproduksi karbon dioksida (dalam bentuk H_2CO_3). Alkalinitas yang dikonsumsi :

$$\text{alkalinitas bikarbonat mg/L CaCO}_3 = \text{mg/L HCO}_3^- / 1,22$$

2 H^+ sebanding dengan 2 HCO_3^- :

$$\frac{2 \times 61}{1,22 \times 14} = 7,14 \text{ mg CaCO}_3 / \text{mg NH}_4 - \text{N}$$

Proses nitrifikasi pada air laut yang dangkal dapat terjadi di air dan di sedimennya (Watson, 1965 dalam Rheinheimer, 1980).

2.4.1.1. Kinetika Proses Nitrifikasi.

Diskripsi oksidasi amonia dan nitrit dapat diperoleh dari persamaan kinetika pertumbuhan *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Pertumbuhan *Nitrosomonas* ditentukan oleh konsentrasi nitrogen amonium, sedangkan pertumbuhan *Nitrobacter* ditentukan oleh konsentrasi nitrit. Pada kondisi steady state, menunjukkan bahwa keberadaan nitrit dapat diabaikan. Hal ini berarti bahwa laju

pengurangan pada oksidasi amonium menjadi nitrat sebanding dengan oksidasi amonium menjadi nitrit oleh *Nitrosomonas*.

Persamaan kinetika yang menggambarkan kinetika pertumbuhan biologis nitrifier dikemukakan oleh Monod :

$$\mu_n = \mu_n \frac{N}{K_n + N} \dots\dots\dots(2-8)$$

keterangan :

μ_n = laju pertumbuhan spesifik *Nitrosomonas* (waktu⁻¹).

μ_n = laju pertumbuhan maksimum bakteri *Nitrosomonas* (waktu⁻¹).

N = konsentrasi NH₄⁺-N (massa/volume).

K_n = konstanta saturasi, yang sebanding dengan konsentrasi NH₄⁺-N pada $\mu_n = \mu_n/2$ (massa/volume).

Kinetika pertumbuhan bakteri tersebut memberikan gambaran bahwa laju pertumbuhan bakteri yang berperan dalam nitrifikasi dipengaruhi oleh konsentrasi substrat hingga suatu batas tertentu, yaitu hingga tercapai laju pertumbuhan maksimum.

Laju oksidasi amonium berhubungan dengan laju pertumbuhan *Nitrosomonas* yang dapat ditunjukkan dengan persamaan :

$$q_n = \frac{\mu_n}{Y_n} = q_n \frac{N}{K_n + N} \dots\dots\dots(2-9)$$

keterangan :

μ_n = laju pertumbuhan spesifik *Nitrosomonas* (waktu⁻¹).

- μ_n = laju pertumbuhan maksimum bakteri *Nitrosomonas* (waktu⁻¹).
- N = konsentrasi NH_4^+ -N (massa/volume).
- K_n = konstanta saturasi, yang sebanding dengan konsentrasi NH_4^+ -N pada $\mu_n = \mu_n/2$ (massa/volume).
- q_n = laju oksidasi amonium (massa NH_4^+ -N yang dioksidasi/ massa *Nitrosomonas* /waktu).
- $q_n = \mu_n/Y_n$ = laju oksidasi amonium maksimum (massa NH_4^+ -N yang dioksidasi/ massa *Nitrosomonas* /waktu).
- Y_n = koefisien yield (massa *Nitrosomonas* yang terbentuk/massa NH_4^+ -N yang dioksidasi).

2.4.1.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Nitrifikasi

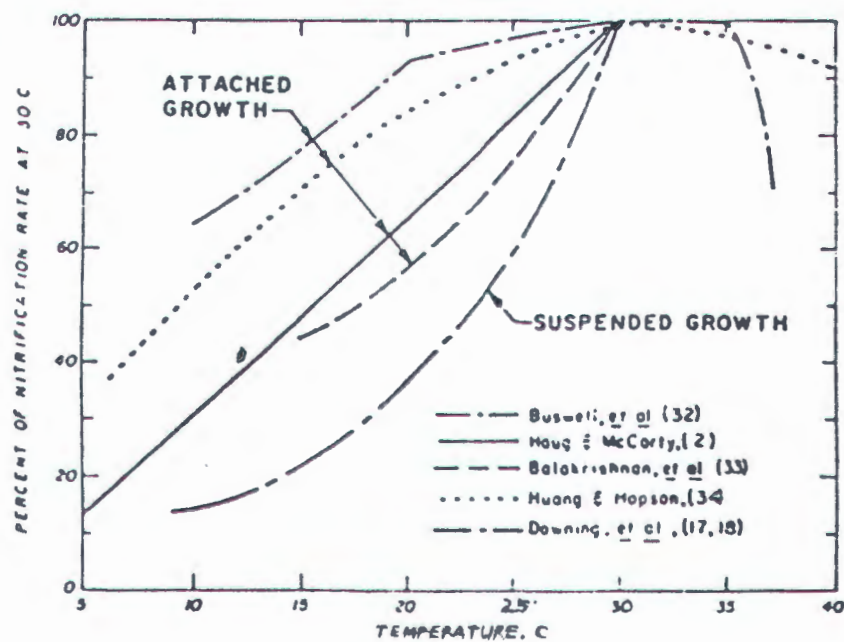
Faktor-faktor yang mempengaruhi proses nitrifikasi adalah :

1. Temperatur.
2. Oksigen terlarut.
3. pH.
4. Pengaruh beban hidraulik.
5. Konsentrasi amonium.
6. Salinitas.
7. Keberadaan senyawa beracun di dalam air.

A. Pengaruh Temperatur.

Temperatur memberikan pengaruh yang sangat penting pada proses nitrifikasi. Penurunan akan menurunkan pertumbuhan bakteri nitrifier.

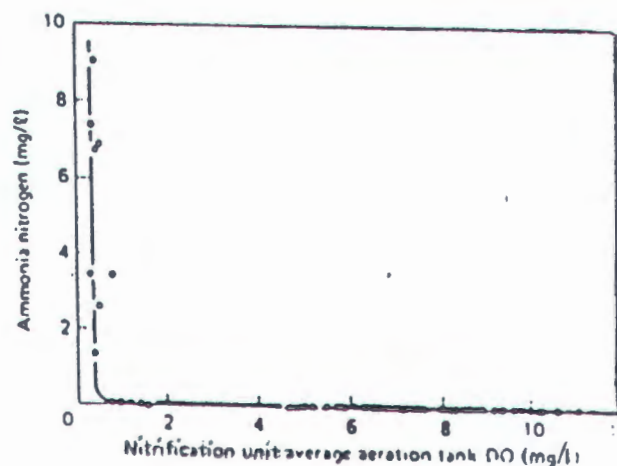
Dari gambar 2.5. dapat dilihat bahwa pada attached growth, untuk mencapai laju nitrifikasi > 70 %, temperaturnya adalah 25 - 30 °C. Sedangkan menurut Spotte (1979) dalam Mulyana (1993) disebutkan bahwa pertumbuhan optimal bakteri nitrifikasi di air laut adalah pada suhu 27 - 28 °C.



Gambar 2.5. Pengaruh Temperatur pada Nitrifikasi dengan Sistem Suspended Growth dan Attached Growth (Sumber : De Renzo, 1978)

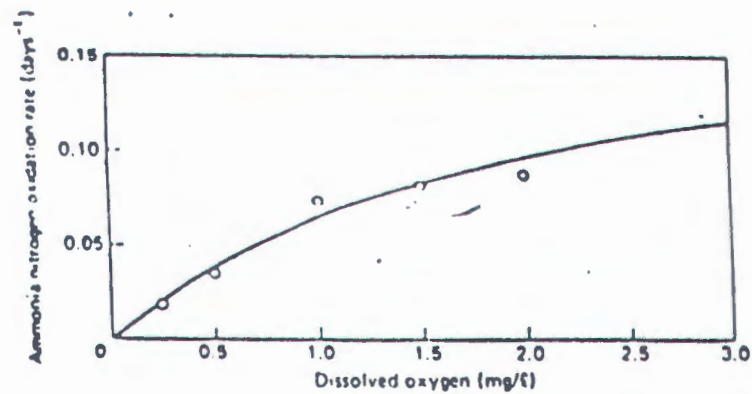
B. Oksigen Terlarut.

Bakteri nitrifikasi adalah bakteri aerobik, oleh karena itu keberadaan oksigen terlarut sangat dibutuhkan. Kepekaan bakteri nitrifikasi terhadap rendahnya kadar oksigen terlarut merupakan salah satu sebab bakteri ini sulit aktif dan berkembang biak. Menurut Wild.dkk (1971), dalam Benefield, nitrifikasi akan berjalan dengan baik jika oksigen terlarut minimum lebih besar dari 1 mg/L.



Gambar 2.6. Hubungan Sisa Amonia dengan Oksigen Terlarut
(Sumber : Benefield, 1980)

Menurut Nagel dan Haworth (1969) dalam Benefield (1980), peningkatan konsentrasi oksigen terlarut di atas 1 mg/L akan meningkatkan laju oksidasi amonium.



Gambar 2.7. Efek Oksigen Terlarut terhadap Laju Nitrifikasi
(Sumber : Benefield, 1980)

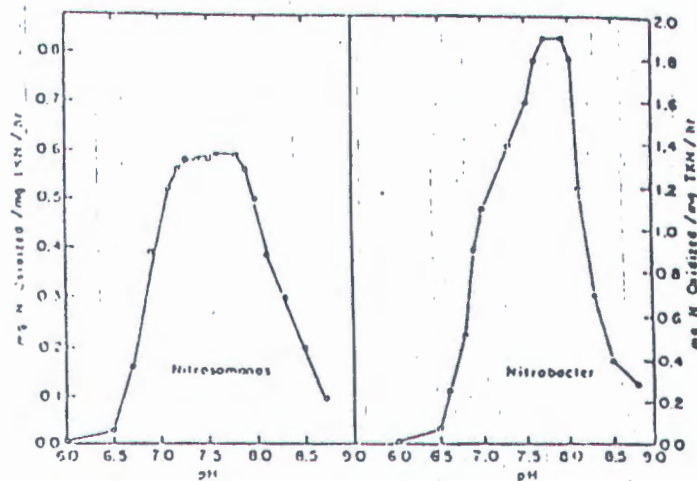
Menurut Spotte (1979) dalam Mulyana (1993) disebutkan bahwa konversi amonia di air laut terhambat pada konsentrasi oksigen terlarut 0,6 - 0,7 mg/L.

C. Pengaruh pH.

Konsentrasi ion hidrogen pada umumnya memberikan pengaruh yang besar pada kecepatan nitrifikasi . Aktivitas *Nitrosomonas* akan mencapai titik optimum pada pH antara 7 - 8, sedang pada pH yang lebih rendah dari 7 akan menurun kemudian berhenti pada pH 6. Aktivitas *Nitrobacter* akan mencapai optimum pada pH 7,7 - 8 dan akan berhenti pada pH 6 (Grady, 1980). Menurut Downing, dalam De Renso (1978), nitrifikasi akan berlangsung dengan baik pada pH 7,2 sampai 8.

11.

Menurut Saeki (1958) dalam Mulyana (1993) dilaporkan bahwa pH ideal untuk mengoksidasi amonium dan nitrit adalah 7,1 - 7,8. Sedangkan menurut Thimann (1955) dalam Mulyana disebutkan bahwa pH optimal untuk *Nitrosomonas* adalah 8,5 sampai 8,8 dan untuk *Nitrobacter* adalah antara 8,3 sampai 9,3. Laporan Yoshida (1967) dalam Mulyana (1993) menyebutkan bahwa pH optimal bagi pertumbuhan bakteri pengoksidasi amonium adalah 7 sampai 9 dan pada pH 5,5 proses nitrifikasi akan terhenti.



Gambar 2.8. Pengaruh pH terhadap Aktivitas Bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* pada Proses Nitrifikasi

D. Pengaruh Beban Hidraulik.

Beban hidraulik adalah salah satu parameter yang mempengaruhi efisiensi oksidasi nitrogen. Beban hidraulik akan berpengaruh pada waktu detensi, yaitu lamanya air limbah berada di

dalam reaktor. Waktu detensi yang terlalu pendek akan memberikan efisiensi yang rendah terutama pada nitrifikasi. Hal ini terjadi karena pertumbuhan bakteri autotrop cukup lambat, sehingga pada waktu yang singkat tersebut hanya sebagian kecil saja senyawa amonia yang dapat dioksidasi.

E. Konsentrasi Amonium.

Laju nitrifikasi relatif tidak terpengaruh oleh konsentrasi NH_4^+ -N di atas 2,5 mg/l. Sedangkan bila konsentrasi NH_4^+ -N menurun sampai di bawah 2,5 mg/L maka laju nitrifikasi akan menurun (Culp, 1978).

F. Salinitas.

Menurut Kawai (1965) dalam Mulyana (1993) disebutkan bahwa aktifitas bakteri nitrifikasi menurun dengan meningkatnya dan menurunnya salinitas, dimana bakteri tersebut diaklimatisasi.

G. Keberadaan Senyawa Beracun di dalam Air.

Cahaya dan racun menghambat *Nitrobacter* lebih kuat dibandingkan *Nitrosomonas* (Ulken, 1963; Bock, 1965; dalam Rheinheimer, 1980).

2.5. ORDE REAKSI

Kinetika proses adalah kecepatan reaksi akibat dari penambahan zat kimia tertentu hingga terjadi zat baru yang sangat dibutuhkan dalam proses-proses selanjutnya. Kinetika reaksi proses secara biologis dapat didiskripsikan dengan orde reaksi. Pada pengklasifikasian kinetika suatu reaksi, bermacam-macam orde reaksi dapat terjadi untuk berbagai variasi mikroorganisme, substrat maupun kondisi lingkungan. Hubungan antara kecepatan reaksi, konsentrasi reaktan, dan orde reaksi digambarkan (Benefield, 1980) :

$$\text{Kecepatan} = [C]^n \dots\dots\dots(2-10)$$

atau dalam persamaan log :

$$\log \text{kecepatan} = n \log [C] \dots\dots\dots(2-11)$$

keterangan :

C = konsentrasi (massa/volume)

n = orde reaksi (tingkat reaksi)

Orde Reaksi Nol.



reaktan (substrat)

Produk

Persamaan kecepatan reaksi (Benefield, 1980) :

$$- d(C)/ dt = K [C]^0$$

$$- d(C)/ dt = K$$

keterangan :

- $d(C)/dt$ = kecepatan perubahan konsentrasi A
(massa/volume/waktu) = (mg/L/detik)
- K = konstanta kecepatan reaksi
- C = konsentrasi A pada setiap saat, t

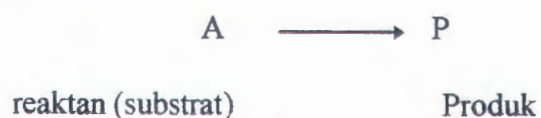
Nilai K ditentukan dengan prosedur eksperimen :

$$\begin{aligned}-d(C)/dt &= K \\ -\int d(C) &= \int K \cdot dt \\ (C_0 - C) &= K \cdot t \\ C - C_0 &= -K \cdot t \\ C &= -K \cdot t + C_0\end{aligned}$$

keterangan :

- C = konsentrasi saat waktu tertentu (massa. volume⁻¹)
- C_0 = konsentrasi awal (massa. volume⁻¹)
- K = konstanta kecepatan reaksi (massa. volume⁻¹ . waktu⁻¹)
- t = waktu (waktu)

Orde Reaksi Pertama.



Persamaan kecepatan reaksi (Benefield, 1980) :

$$- d(C)/ dt = K [C]^1$$

$$- d(C)/ dt = K \cdot C$$

keterangan :

- d(C)/ dt = kecepatan perubahan konsentrasi A

$$(\text{massa/volume/waktu}) = (\text{mg/L/detik})$$

C = konsentrasi A pada setiap saat, t

Nilai K ditentukan dengan prosedur eksperimen :

$$- d(C)/ dt = K \cdot C$$

$$- d(C)/ C = K \cdot dt$$

$$-\int d(C)/ (C) = \int K \cdot dt$$

$$\ln (C_0/C) = K \cdot t$$

$$\ln C_0 - \ln C = K \cdot t$$

$$\ln C_0 - K \cdot t = \ln C$$

atau

$$\log (C_0/C) = K \cdot t / 2,3$$

keterangan :

C = konsentrasi saat waktu tertentu (massa. volume⁻¹)

C₀ = konsentrasi awal (massa. volume⁻¹)

K = konstanta kecepatan reaksi (waktu⁻¹)

t = waktu (waktu)

Orde Reaksi Kedua



reaktan (substrat)

Produk

Persamaan kecepatan reaksi :

$$- d(C)/ dt = K [C]^2$$

keterangan :

- $d(C)/ dt$ = kecepatan perubahan konsentrasi A

(massa/volume/waktu) = (mg/L/detik)

C = konsentrasi A pada setiap saat, t

Nilai K ditentukan dengan prosedur eksperimen :

$$- d(C)/ dt = K \cdot C^2$$

$$- d(C)/ C^2 = K \cdot dt$$

$$-\int d(C)/ (C^2) = \int K \cdot dt$$

$$-\int C^{-2} \cdot dC = \int K \cdot dt$$

$$1/C - 1/C_0 = K \cdot t$$

keterangan :

C = konsentrasi saat waktu tertentu (massa. volume⁻¹)

C₀ = konsentrasi awal (massa. volume⁻¹)

K = konstanta kecepatan reaksi (massa⁻¹. volume. waktu⁻¹)

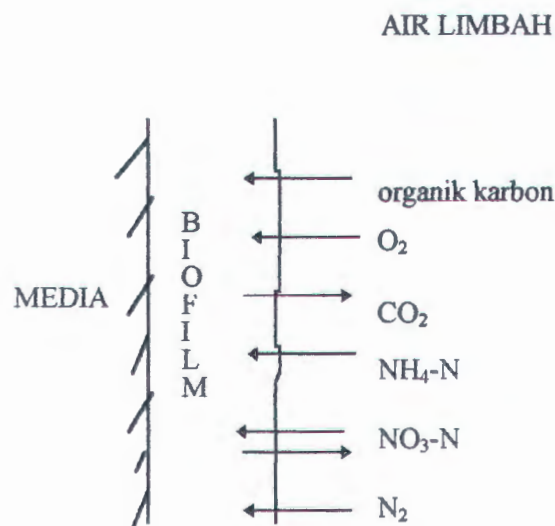
t = waktu (waktu)

2.6. PROSES BIOLOGIS DALAM REAKTOR BIOFILTER

Aktivitas biologis dalam suatu roughing biofilter pada dasarnya sama dengan trickling filter. Pertumbuhan mikroorganisme terjadi di permukaan suatu padatan jika senyawa-senyawa organik, garam-garam mineral, dan oksigen tersedia. Proses formasi dan kolonisasi film diawali dengan produksi slime dan kapsul bakteri yang menempel pada permukaan media. Mereka menempel dengan bantuan suatu bahan gelatin *exopolymer-based* yang dihasilkan oleh bakteri, di mana bakteri dapat bergerak sampai jarak tertentu. Penempelan ini terjadi dapat juga karena ikatan kimia dan gaya van der Waals. Kolonisasi zat padat dimulai di area-area tertentu, di mana biofilm terus berkembang sampai seluruh permukaan media tertutup oleh lapisan monoseluler. Sejak itu, pertumbuhan berlangsung dengan produksi sel-sel baru yang menutupi lapisan pertama (Degremont, 1991 dalam Maria, 1995).

Bahan organik yang terdapat di dalam air limbah didegradasi oleh suatu populasi mikroorganisme yang melekat pada media filter. Bahan organik dari cairan diadsorb ke dalam film biologis atau lapisan lendir (*slime*). Di bagian luar lapisan lendir biologis, bahan organik didegradasi oleh mikroorganisme aerobik. Dengan tumbuhnya mikroorganisme, tebal lapisan lendir meningkat dan oksigen yang terdifusi dikonsumsi sebelum dapat menyusup ke bagian terdalam dari lapisan lendir. Jadi terbentuk suatu lingkungan anaerobik dekat permukaan media. Tebal kedua lapisan ini tergantung pada jenis reaktor dan media. Dengan meningkatnya tebal lapisan

lendir, bahan organik yang diadsorpsi dimetabolisasi sebelum dapat mencapai mikroorganisme dekat permukaan media. Akibat dari tersedianya sumber organik dari luar untuk karbon sel, mikroorganisme dekat permukaan media memasuki fase pertumbuhan endogenous. Dalam fase ini, mikroorganisme kehilangan kemampuan melekatnya pada permukaan media. Cairan yang lewat kemudian menggerus lendir dari media, kondisi ini disebut *sloughing* dan terutama merupakan fungsi dari beban organik dan beban hidrolis. Beban hidrolis mempengaruhi *shear velocities* dan beban organik mempengaruhi rate metabolisme lapisan lendir.



Gambar 2.9. Penampang Lapisan Slime (Biofilm) yang Menempel pada Media

Proses yang dapat terjadi pada reaktor biofilter, selain oksidasi senyawa karbon juga oksidasi senyawa amonia yang lazim disebut nitrifikasi. Proses nitrifikasi dapat terjadi pada zona aerobik. Ketebalan film zona aerobik untuk nitrifikasi ditentukan oleh kemampuan penetrasi oksigen dan nutrien (NH_4^+ , CO_2 dan mikro nutrien) ke dalam lapisan biofilm.

Kedalaman penetrasi oksigen tergantung pada koefisien difusi oksigen dalam film, konsentrasi oksigen dan kecepatan utilisasi oksigen overall untuk mikroorganisme yang terdapat pada lapisan film. Sedangkan kedalaman penetrasi substrat/nutrien dalam lapisan mikroba film tergantung pada debit aliran, konsentrasi dan koefisien difusi substrat dalam film, serta kecepatan utilisasi substrat oleh biomassa.

Bakteri dalam habitat salin.

Air laut adalah sebuah larutan dari berbagai elemen, organik dan anorganik, ion-ion dan senyawa, serta beberapa gas, total garam-garam anorganik terlarut, yang disebut salinitas. Salinitas biasanya dinyatakan dalam bagian per seribu ($^0/_{00}$) atau disebut ppt. Salinitas dapat diperhitungkan dari kadar kloridanya, dimana dinyatakan dalam $S (^0/_{00}) = 1,8 \times \text{Cl (gr/L)} + 0,03$.

Perairan habitat salin seperti air laut dan tambak banyak pula mengandung mikroorganisme (bakteri, jamur dan algae). Sebagian besar bakteri yang hidup di habitat salin adalah halofilik (Rheinheimer, 1980),

mereka membutuhkan NaCl untuk pertumbuhan yang optimal. Menurut ZoBell dan Upham dalam Rheinheimer, 1980, bakteri halofilik dapat tumbuh dengan baik pada salinitas 2,5 - 4,0 % ; mereka tidak dapat tumbuh atau tumbuh jelek di air tawar.

Larsen, 1962 dalam Rheinheimer, 1980, mengklasifikasikan bakteri habitat salin, yaitu :

- halofilik lemah hidup pada salinitas 2 - 5 ‰.
- halofilik sedang hidup pada salinitas 5 - 20 ‰.
- halofilik kuat hidup pada salinitas 20 - 40 ‰.

Golongan bakteri yang dapat ditemui di habitat salin adalah bakteri heterotropik, bakteri autotropik (bakteri fotoautotropik dan kemoautotropik). Sebagian besar bakteri yang hidup di laut adalah jenis gram negatif. Hasil penemuan ZoBell dan Upham (1944) dalam Rheinheimer (1980) di pesisir pantai Kalifornia Selatan didapat perbandingan spesies gram negatif adalah 80%. Sedangkan penemuan Rheinheimer (1980) di pesisir Laut Utara (North Sea), Laut Baltic, dan Laut Arab menunjukkan hasil yang hampir sama.

Pertumbuhan bakteri laut secara umum lebih lambat dibandingkan dengan pertumbuhan bakteri tanah (ZoBell, 1946 dalam Rheinheimer, 1980). Inokulasi bakteri tanah pada media agar, yang diinkubasi pada temperatur optimal, perhitungan koloni dapat dilakukan setelah 2 - 7 hari. Sedangkan inokulasi bakteri dari air laut atau sedimen laut, perhitungan koloni dilakukan setelah 14 sampai 18 hari.

Sebagian besar bakteri laut dapat menggunakan nutrisi yang ada dalam konsentrasi yang sedikit. Kemampuan ini merupakan satu prasyarat untuk pertumbuhan bakteri laut yang hidup di air laut yang miskin akan nutrisi. Meskipun demikian, ada bakteri laut hanya dapat tumbuh dengan makanan yang cukup.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. KERANGKA PENELITIAN

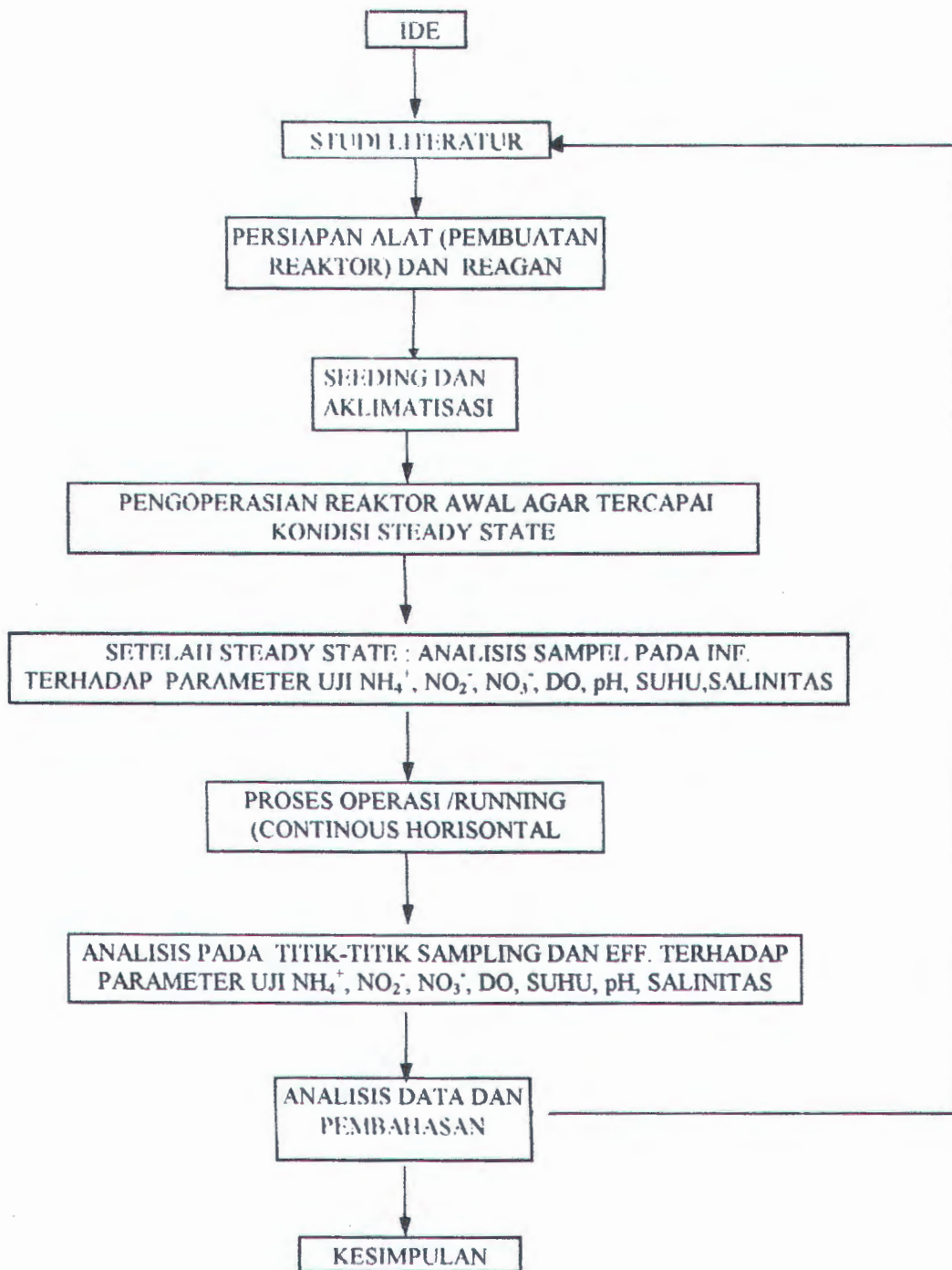
Dalam penelitian ini akan dikaji kemampuan sistem *attached growth*, terutama biofilter horisontal dalam penurunan nitrogen. Di samping itu akan dilakukan pula analisis terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan nitrogen yaitu waktu detensi, beban nutrisi dan beban hidrolis. Untuk mencapai tujuan seperti yang telah disebutkan di atas, diperlukan suatu metoda penelitian yang mencakup kerangka penelitian, peralatan penelitian, dan proses operasi.

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, pembuatan dan persiapan reaktor serta persiapan reagen, pembenihan (*seeding*) dan aklimatisasi, pengoperasian reaktor, sampling, analisis data dan pembahasan, serta menarik suatu kesimpulan. Tahapan penelitian secara sistematis pada gambar 3.1.

3.2. PROSEDUR PENELITIAN

3.2.1. Pembenihan (*Seeding*) dan Pengaklimatisasian Mikroorganisme.

Pada tahapan *seeding*, tujuannya adalah untuk membenihkan suatu populasi mikroorganisme agar dapat membentuk suatu lapisan biofilm.



Gambar 3.1. Kerangka Penelitian

Lapisan biofilm yang terbentuk mampu meremoval kandungan nutrisi yang terdapat pada air limbah. Pembenihan dilakukan dengan menggunakan lumpur aktif yang diambil dari dasar tambak udang sebagai sumber mikroorganisme. Dalam penelitian ini digunakan lumpur dari Panti Pembenihan Udang (PPU) Probolinggo.

Tahapan pembenihan mikroorganisme adalah :

- Lumpur aktif dari dasar tambak sebanyak 2 kantong plastik dicampur dengan air tambak sebanyak 20 L. Diaduk-aduk dengan tangan agar tercampur dengan sempurna.
- Setelah teraduk sempurna, kemudian diendapkan beberapa jam agar terjadi supernatan yang akan digunakan.
- Supernatan tadi dimasukkan ke dalam reaktor yang telah diisi media (batu pecah).
- Reaktor dioperasikan secara kontinu (dengan menggunakan resirkulasi).
- Pemberian nutrisi pada mikroorganisme dilakukan untuk membantu pertumbuhan mikroorganisme yang dikehendaki.
- Dilakukan pengontrolan terhadap pH, DO, temperatur.
- Dilakukan analisis untuk mengetahui penurunan amonium selama pembenihan. Dengan adanya penurunan kandungan amonium maka dalam reaktor tersebut telah tumbuh adanya mikroorganisme yang berperan pada proses nitrifikasi.

3.2.2. Persiapan alat.

Persiapan alat meliputi : persiapan media dan pembuatan reaktor.

1. Media

Sebagai media digunakan batu pecah, dengan diameter media yaitu :
3/8-1/2 inch.

Batu pecah ini diperoleh lewat analisis ayakan.

2. Reaktor penelitian terdiri dari :

- a) Bak influen.
- b) Bak overflow.
- c) Reaktor yang digunakan adalah roughing biofilter horisontal.

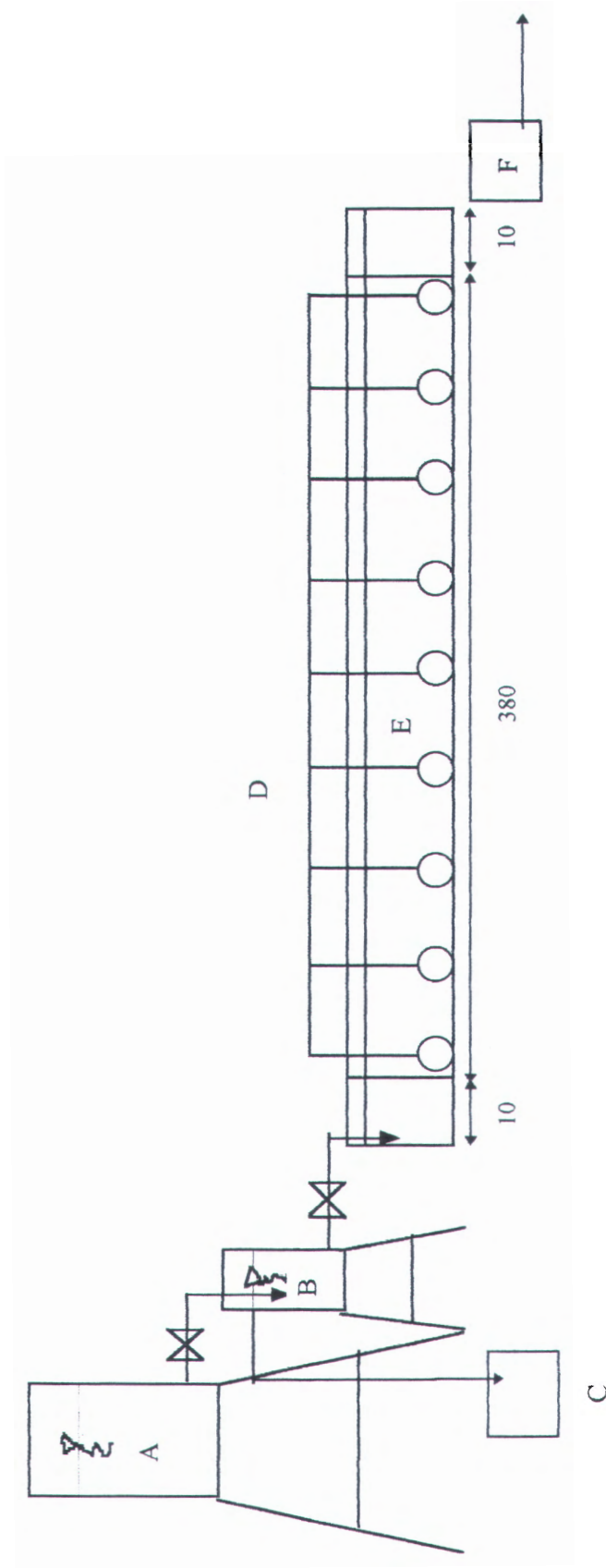
Dimensi :

- panjang total = 4 m.
- lebar = 0,14 m.
- kedalaman = 0,10 m.
- Slope (kemiringan) = 0,5 %.

d) Bak penampung overflow.

e) Bak penampung effluen.

Gambar mengenai reaktor roughing biofilter horisontal dan perlengkapannya dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Reaktor Roughing Biofilter Horizontal

Keterangan :

- A = bak influen .
- B = bak overflow .
- C = bak penampung overflow.
- D = difuser.
- E = reaktor nitrifikasi
- F = bak penampung effluen.

Reaktor biofilter ini dibuat dari talang PVC dengan lebar 14 cm dan kedalaman 10 cm. Antara ruang influen dan biofilter dibatasi dengan *perforated-baffle* untuk meratakan aliran yang masuk ke dalam reaktor biofilter. Demikian juga antara rektor biofilter dengan ruang effluen dipasang *perforated-baffle* untuk meratakan aliran yang akan menuju ruang effluen.

3.2.3. Kondisi Operasional.

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencapai kondisi operasional adalah :

- a) Kondisi steady state.

Pemeriksaan PV (Permanganat Value) dilakukan untuk mengetahui kondisi steady state pada kondisi percobaan yang dilakukan sebelum melakukan sampling. Keadaan steady state tercapai bila kemampuan pengolahan dari sistem mempunyai nilai konstan.

Keadaan tersebut diketahui berdasarkan pemeriksaan PV pada influen dan effluen setiap 2 jam sehingga diperoleh angka pengolahan yang konstan dengan fluktuasi removal kurang dari 10 %. Pemeriksaan PV dilakukan dengan menggunakan larutan $KMnO_4$.

b) Oksigen terlarut.

Untuk mewujudkan suasana aerobik pada reaktor roughing biofilter horisontal ini, maka perlu dipasang aerator sehingga oksigen terlarut yang tersedia dapat mencukupi. Oksigen terlarut minimum lebih besar dari 1 mg/L (Wild, 1971 dalam Benefield, 1980).

c) pH.

pH harus tetap dijaga pada range 7 - 9, merupakan pH yang optimal bagi proses nitrifikasi (Yoshida, 1967 dalam Mulyana, 1993).

d) Suhu.

Suhu kondisi operasional harus tetap pada range suhu kamar, yaitu 26 - 28 °C.

3.2.4. Proses Operasi

Pada proses operasi, air limbah yang akan diolah dialirkan secara aliran horisontal dengan sistem kontinyu. Cara kerjanya :

1. Mengukur debit influen yang masuk.
2. Mengukur konsentrasi influen (DO, NH_4^+ -N, NO_2^- -N, NO_3^- -N, salinitas, pH dan suhu).

2. Mengukur konsentrasi influen (DO, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, salinitas, pH dan suhu).
3. Mengukur konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ pada titik-titik sampling di sepanjang reaktor.
4. Mengukur konsentrasi effluen (DO, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, salinitas, pH dan suhu).
5. Prosedur di atas diulangi untuk setiap waktu kontak yang berbeda.

Waktu kontak (*detention time* atau $\text{HRT} = \text{hydraulic retention time}$) adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerator (Marsono.B, 1996). Waktu kontak antara air limbah yang diolah dengan mikroorganismenya yang ada di dalam reaktor mempengaruhi beban hidrolis (*hydraulic loading*) dan kecepatan aliran air limbah.

Dalam penelitian ini dilakukan variasi terhadap waktu kontak. Variasi yang dilakukan adalah 4 macam variasi waktu kontak, yaitu 1 hari, 1,5 hari, 2 hari, dan 2,5 hari.. Dipilih waktu kontak 1 hari, 1,5 hari, 2 hari, dan 2,5 hari dengan alasan :

- Pertumbuhan mikroorganismenya pada air laut atau payau membutuhkan waktu yang lebih lama jika dibandingkan dengan pertumbuhan mikroorganismenya pada tanah dan air tawar (ZoBell, 1946 dalam Rheinheimer, 1980). Inokulasi bakteri tanah pada media agar, yang diinkubasi pada temperatur optimal, perhitungan koloni dapat dilakukan setelah 2 - 7 hari. Sedangkan inokulasi

bakteri dari air laut atau sedimen laut, perhitungan koloni dilakukan setelah 14 sampai 18 hari.

- Roughing biofilter horisontal dalam penelitian ini merupakan *low rate biofilter*. Hal ini dapat dilihat dari beban hidroliknya (HLR), di mana pada reaktor roughing biofilter horisontal ini nilai beban hidroliknya kurang dari $4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{hari}$ (menurut Horan, 1993, beban hidrolik trickling filter kategori *low rate filter* adalah $1 - 4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{hari}$).

3.2.5. Metoda Analisis

Parameter-parameter yang dikontrol selama reaktor dioperasikan :

1. pH.

Agar terjadi proses nitrifikasi pada reaktor roughing biofilter horisontal ini, maka pH yang merupakan salah satu faktor yang penting terhadap proses nitrifikasi perlu dilakukan pengontrolan. Nilai pH harus berkisar 7-9. Pemeriksaan pH dengan menggunakan pH meter.

2. Temperatur.

Untuk mencapai proses nitrifikasi yang optimum pada reaktor roughing biofilter horisontal ini, maka temperatur limbah pada reaktor harus berkisar antara $26 - 28 \text{ }^\circ\text{C}$ (temperatur kamar).

Pengukuran temperatur dilakukan dengan menggunakan termometer air.

3. Debit.

Pengontrolan debit yang akan masuk ke reaktor roughing biofilter horisontal dilakukan untuk menjaga beban hidrolis agar konstan.

Cara kerja dapat dilihat pada lampiran 3.

Parameter-parameter yang dianalisis :

1. Oksigen terlarut
2. Amonium.
3. Nitrit.
4. Nitrat.
5. Salinitas.

Tabel 3.1. Metode-Metode Analisis yang Digunakan

Jenis Analisis	Metode
Analisis Amonium	Metode Spektrofotometri
Analisis Nitrit	Metode Spektrofotometri
Analisis Nitrat	Metode Spektrofotometri
Analisis Salinitas	Refraktometer
Analisis DO	Titration Winkler

Prosedur analisis secara lengkap pada lampiran 4.

3.2.6. Metode Sampling.

Sampling dilakukan di titik sampling-titik sampling pada reaktor yang telah ditentukan, yaitu :

Titik 1 = influen.

Titik 2 - titik 7 = di sepanjang reaktor dengan jarak setiap 50 cm.

Titik 8 = jaraknya 30 cm dari effluen.

Titik 9 = effluen.

Tabel 3.2. Parameter-Parameter Uji tiap Titik Sampling.

Titik Sampling	Parameter yang Dianalisis dan Dikontrol
1 (influen)	Temperatur, pH, DO, Salinitas, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$
2	$\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$
3	$\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$
4	$\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$
5	DO, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$
6	$\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$
7	$\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$
8	$\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$
9 (effluen)	Temperatur, pH, DO, Salinitas, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$

3.2.7. AQC (Analitical Quality Control).

AQC merupakan suatu kontrol analisis kualitas yang menjamin ketepatan (akurasi) serta ketelitian (presisi) data yang diperoleh dari suatu pengukuran. Yang dimaksud dengan akurasi adalah perbedaan antara nilai rata-rata data pengukuran dan nilai pengukuran yang sebenarnya. Presisi data dinyatakan dengan standar deviasi tertentu.

BAB IV

PEMBAHASAN

Pembahasan ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

- Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi removal NH_4^+ -N.
- Pengaruh konsentrasi NH_4^+ -N di influen terhadap efisiensi removal NH_4^+ -N.
- Mengetahui perubahan konsentrasi NH_4^+ -N, NO_2^- -N, dan NO_3^- -N di sepanjang roughing biofilter horisontal.
- Mengetahui orde reaksi proses nitrifikasi dan kecepatan reaksi nitrifikasi.
- Nilai pH selama proses nitrifikasi .
- Nilai oksigen terlarut selama proses nitrifikasi .

Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian dilakukan pembahasan terhadap pengaruh waktu kontak dan konsentrasi NH_4^+ -N di influen terhadap efisiensi removal NH_4^+ -N, bagaimana perubahan konsentrasi NH_4^+ -N, NO_2^- -N, dan NO_3^- -N di sepanjang roughing biofilter horisontal, dan pembahasan mengenai orde reaksi proses nitrifikasi dan kecepatan reaksi nitrifikasi. Sedangkan analisis terhadap nilai pH dan oksigen terlarut merupakan penunjang data hasil penelitian pada reaktor roughing biofilter horisontal ini.

4.1. PENGARUH WAKTU KONTAK TERHADAP EFISIENSI REMOVAL

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$.

Waktu kontak (*detention time* atau $\text{HRT} = \text{hydraulic retention time}$) adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerator (Marsono.B, 1996). Waktu kontak antara air limbah yang diolah dengan mikroorganisme yang ada di dalam reaktor mempengaruhi beban hidrolis (*hydraulic loading*) dan kecepatan aliran air limbah.

Beban hidrolis dinyatakan dalam m^3/m^2 hari adalah perbandingan antara volume efektif reaktor roughing biofilter horisontal per hari dengan luas permukaan. Jika volume efektif dan luas permukaan konstan, maka beban hidrolis akan berbanding terbalik dengan waktu kontak dalam reaktor.

Tabel 4.1. Variasi HRT, HLR dan Q.

HRT (hari)	Q (ml/menit)	HLR(m^3/m^2 hari)
1	14,93	1,8
1,5	9,97	1,21
2	7,48	0,91
2,5	5,97	0,72

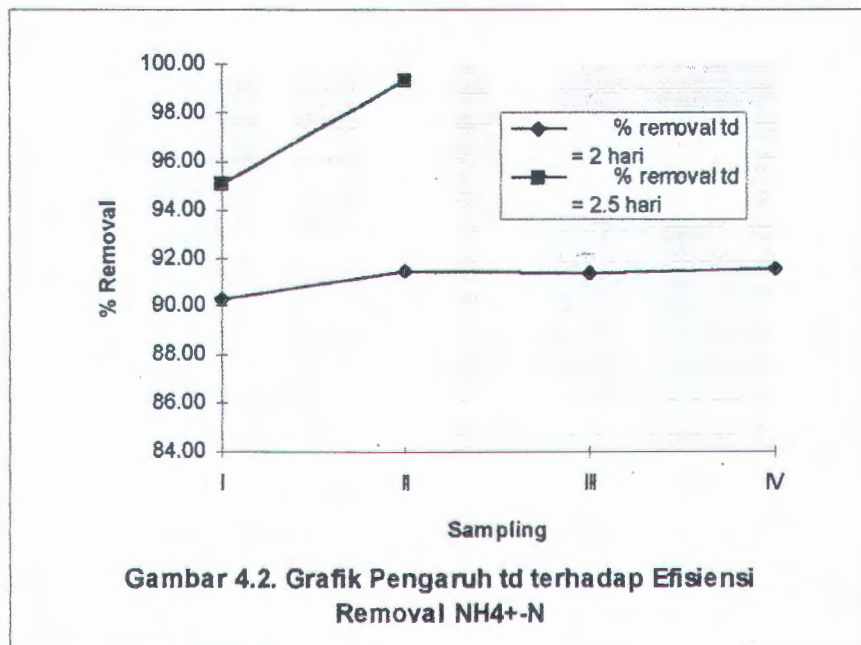
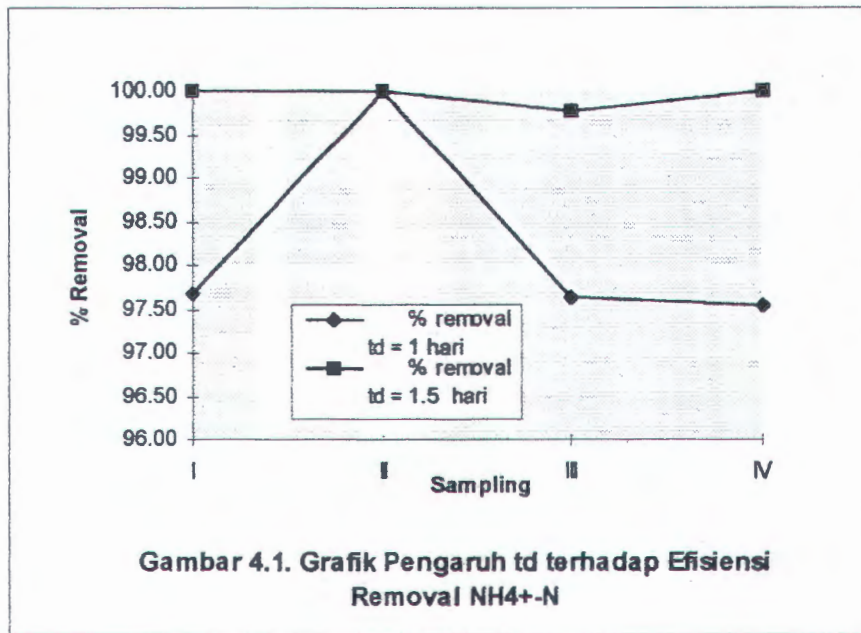
Sumber : hasil perhitungan
(lampiran 2)

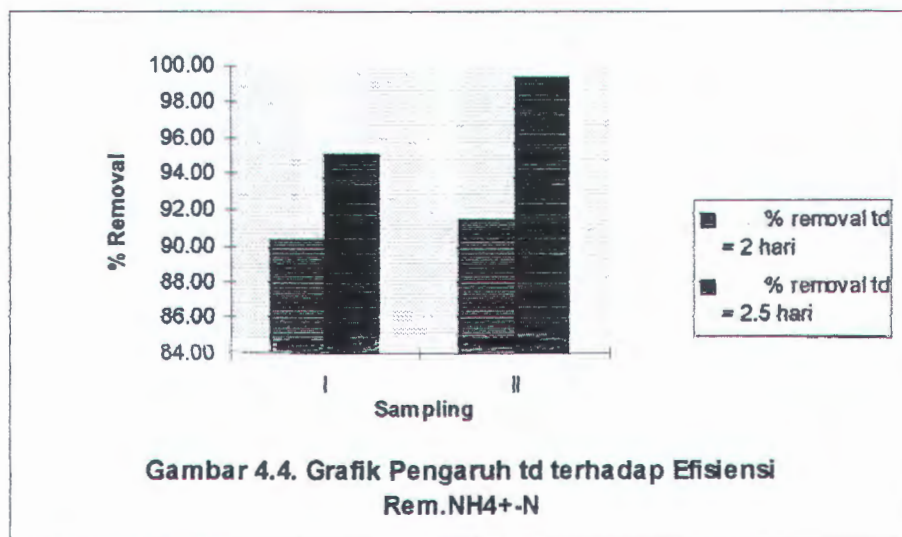
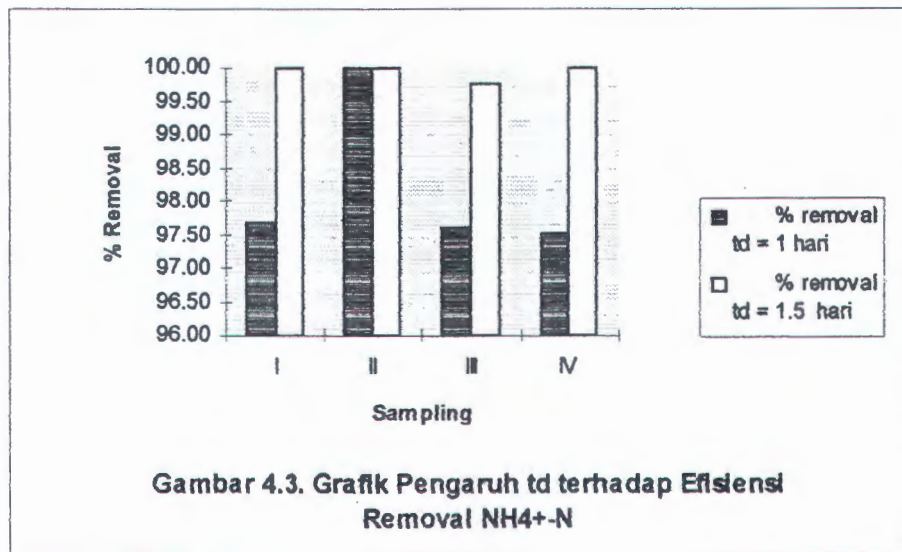
Tabel 4.2. Efisiensi Removal $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ pada $t_d = 1$ hari dan 1,5 hari.

HRT (hari)	HLR ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{hari}$)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ inf.(mg/L)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ eff.(mg/L)	% rem.
1	1,8	2.883	0.067	97.68
		2.883	0.000	100.00
		2.989	0.071	97.62
		2.910	0.071	97.56
1.5	1,21	2.989	0.000	100.00
		2.989	0.000	100.00
		3.016	0.007	99.77
		2.989	0.000	100.00

Tabel 4.3. Efisiensi Removal $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ pada $t_d = 2$ dan 2,5 hari.

HRT (hari)	HLR ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{hari}$)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ inf.(mg/L)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ eff.(mg/L)	% rem.
2	0,91	4.719	0.459	90.27
		4.773	0.406	91.49
		4.719	0.406	91.40
		4.787	0.419	91.23
2.5	0,72	4.986	0.246	95.07
		4.986	0.033	99.34





Dari data pada tabel 4.2 dan 4.3 serta gambar 4.1, gambar 4.2, gambar 4.3 dan gambar 4.4 terlihat bahwa semakin besar waktu kontak, semakin kecil beban hidrolis, semakin kecil debit air limbah, semakin lambat kecepatan aliran limbah maka removal NH₄⁺-N semakin besar. Waktu kontak sangat mempengaruhi penetrasi substrat (nutrien) dan oksigen ke dalam lapisan biofilm. Apabila kecepatan aliran limbah tidak terlampaui cepat

mengakibatkan tranfer udara ke fase cair dari fase cair ke lapisan film bertambah karena waktu kontak yang lebih panjang. Serta transfer substrat (nutrien) ke dalam lapisan film juga bertambah. Dengan bertambahnya substrat (nutrien) dan oksigen yang masuk ke dalam biofilm dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri autotrof semakin cepat. Dengan demikian dalam waktu yang lebih panjang tersebut amonium yang dioksidasi semakin bertambah.

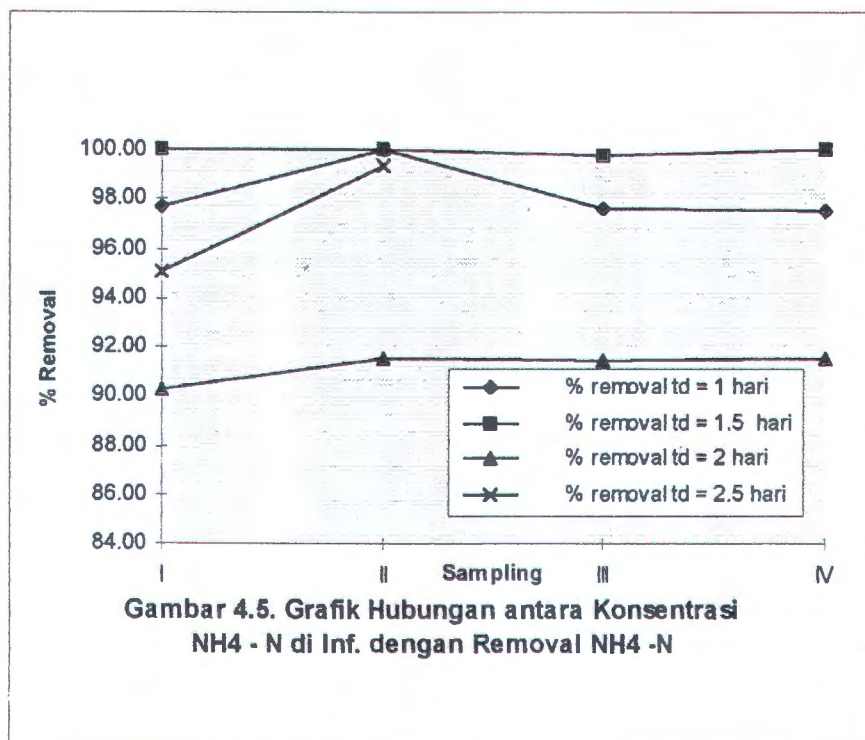
4.2. PENGARUH KONSENTRASI NH_4^+ -N AWAL TERHADAP EFISIENSI REMOVAL NH_4^+ -N.

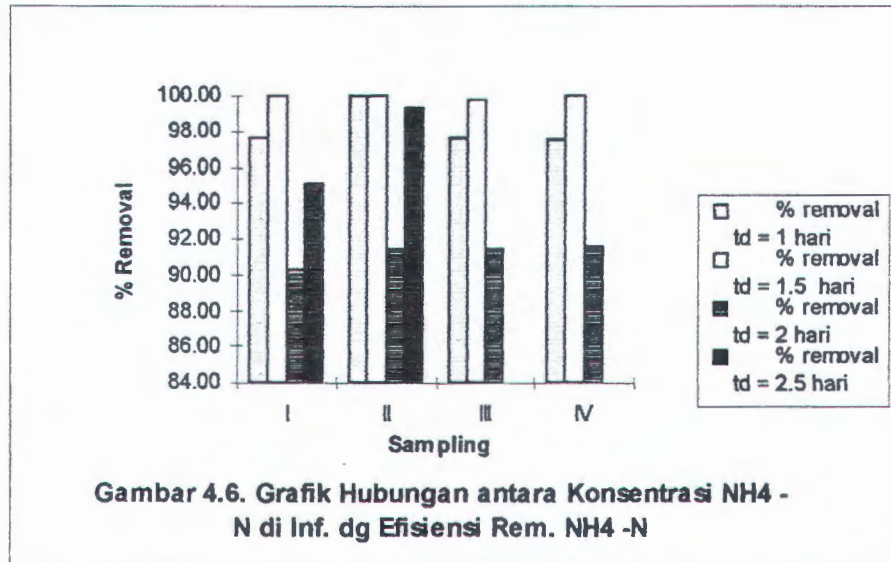
Pada tabel 4.2. dan 4.3., terlihat konsentrasi NH_4^+ -N di influen yang berfluktuatif. Ada 2 kisaran nilai konsentrasi NH_4^+ -N di influen yaitu antara 2,883 - 3,016 mg/l dan 4,719 - 4,986 mg/l. Sedangkan variasi waktu kontaknya adalah 1hari, 1,5 hari, 2 hari, dan 2,5 hari.

Penelitian ini menggunakan air limbah tambak udang intensif tanpa pengkondisian apapun sehingga terjadi nilai konsentrasi NH_4^+ -N awal yang berfluktuatif. Pada saat pengoperasian waktu kontak 1 hari dan 1,5 hari, konsentrasi NH_4^+ -N pada influen adalah 2,883 - 3,016 mg/L. Tetapi pada saat pengoperasian untuk waktu kontak 2 dan 2,5 hari, konsentrasi NH_4^+ -N pada influen mengalami perubahan yaitu antara 4,719 - 4,986 mg/L.

Pada gambar 4.5 dan gambar 4.6, terlihat bahwa untuk waktu kontak 1 hari dan 1,5 hari dengan konsentrasi NH_4^+ -N influen yang hampir sama menunjukkan peningkatan removal dengan bertambah panjangnya

waktu kontak. Sedangkan pada pengoperasian untuk waktu kontak 2 hari dan 2,5 hari dengan konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ di influen yang lebih besar dari pengoperasian untuk kedua waktu kontak sebelumnya, ternyata menunjukkan terjadinya penurunan efisiensi removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$ jika dibandingkan dengan efisiensi removal untuk waktu kontak 1 hari dan 1,5 hari.





Perbandingan BOD/N yang makin rendah dengan konsentrasi BOD yang tetap (20 - 21mg/L) berarti terjadi peningkatan konsentrasi nitrogen. Penurunan efisiensi removal NH₄⁺-N dapat disebabkan karena konsentrasi NH₄⁺-N di influen air limbah terlalu tinggi sehingga antara beban yang diberikan dengan kecepatan untuk mengoksidasi substrat tidak seimbang. Dengan demikian bertambahnya konsentrasi NH₄⁺-N di influen akan mengakibatkan penurunan efisiensi removal NH₄⁺-N.

Selain itu dapat juga disebabkan oleh kecepatan difusi oksigen ke dalam biofilm tidak sebanding dengan kecepatan difusi NH₄⁺-N. Kecepatan difusi oksigen dan substrat (nutrien) ke dalam biofilm tergantung pada konsentrasi dalam fase cair dan kondisi aliran. Pada konsentrasi yang tinggi, kecepatan difusi substrat (nutrien) akan semakin cepat sehingga dapat terjadi

kecepatan difusi substrat lebih cepat daripada kecepatan difusi oksigen untuk metabolisme mikroorganisme.

4.3. PERUBAHAN KONSENTRASI $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, DAN $\text{NO}_3^-\text{-N}$ DI SEPANJANG ROUGHING BIOFILTER HORIZONTAL.

Dari gambar-gambar yang ada di bagian ini dapat diketahui bagaimana profil perubahan konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, dan $\text{NO}_3^-\text{-N}$ di sepanjang roughing biofilter horizontal.

Amonium

Dari hasil penelitian terhadap keempat variasi waktu kontak, diketahui bahwa konsentrasi amonium yang terukur pada tiap-tiap titik sampling di sepanjang roughing biofilter horizontal menunjukkan kecenderungan penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa proses nitrifikasi terjadi dalam reaktor roughing biofilter horizontal.

Nitrit

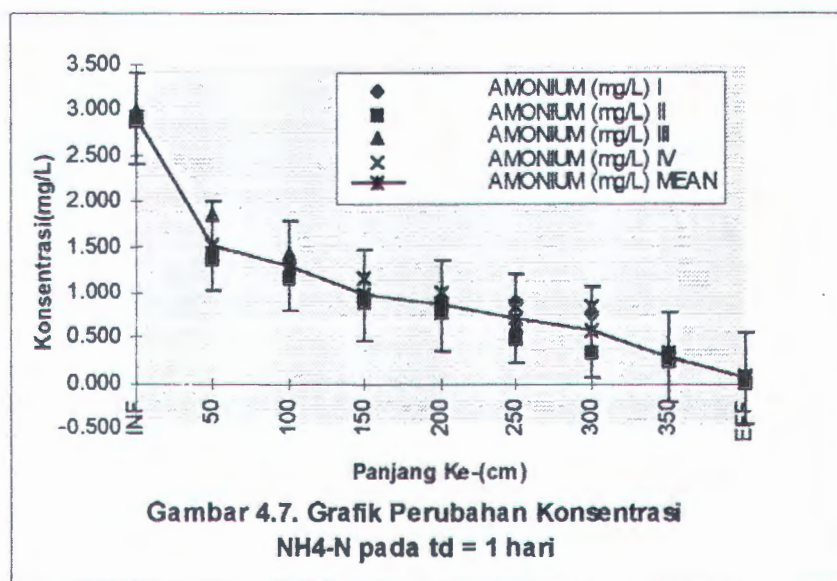
Dari hasil penelitian terhadap keempat variasi waktu kontak, diketahui bahwa konsentrasi nitrit yang terukur pada tiap-tiap titik sampling di sepanjang roughing biofilter horizontal berfluktuatif tetapi tetap menunjukkan kecenderungan terjadi penurunan. Hal ini disebabkan karena nitrit merupakan senyawa yang tak stabil, senyawa ini merupakan keadaan

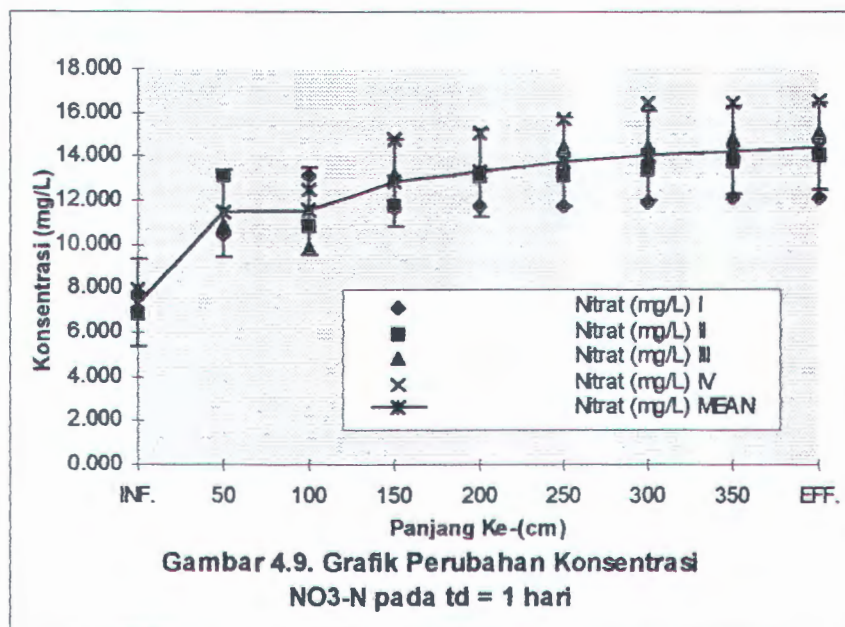
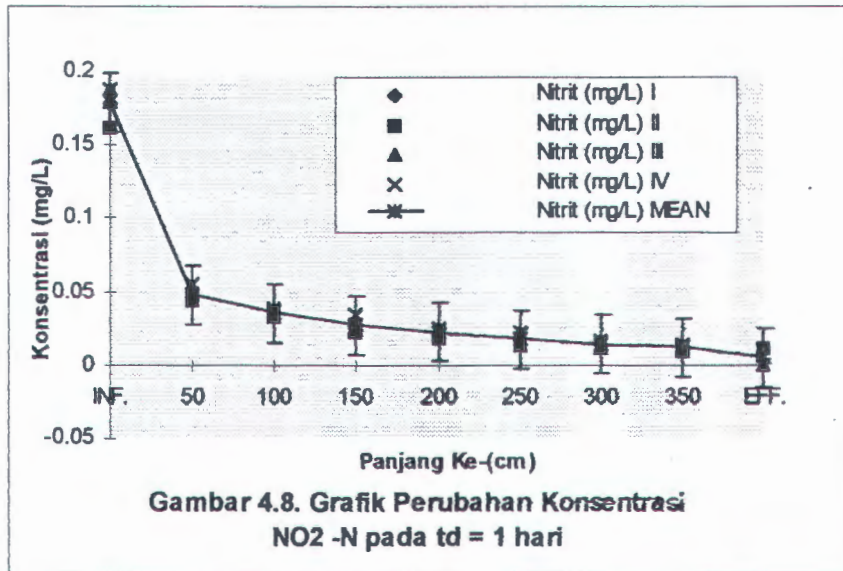
sementara dari proses oksidasi amonium menjadi nitrat (Alaerts dan Sri Sumestri, 1987).

Nitrat

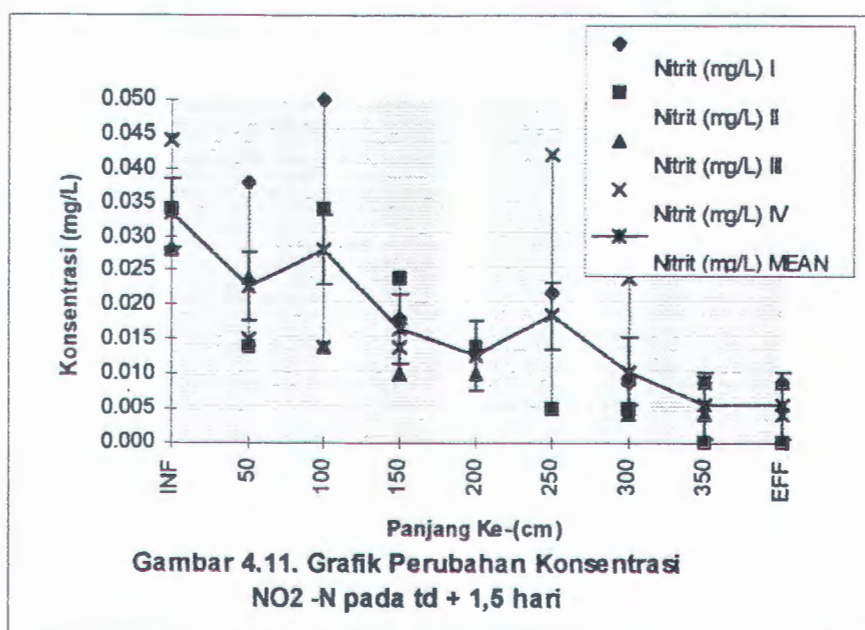
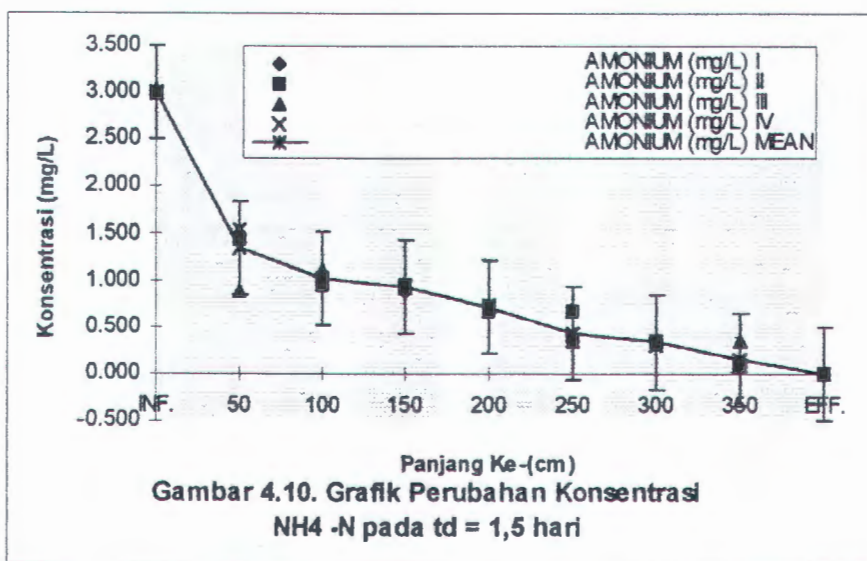
Dari hasil penelitian terhadap keempat variasi waktu kontak , diketahui bahwa konsentrasi nitrat yang terukur pada tiap-tiap titik sampling di sepanjang roughing biofilter horisontal menunjukkan kecenderungan peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa proses nitrifikasi terjadi dalam roughing biofilter horisontal.

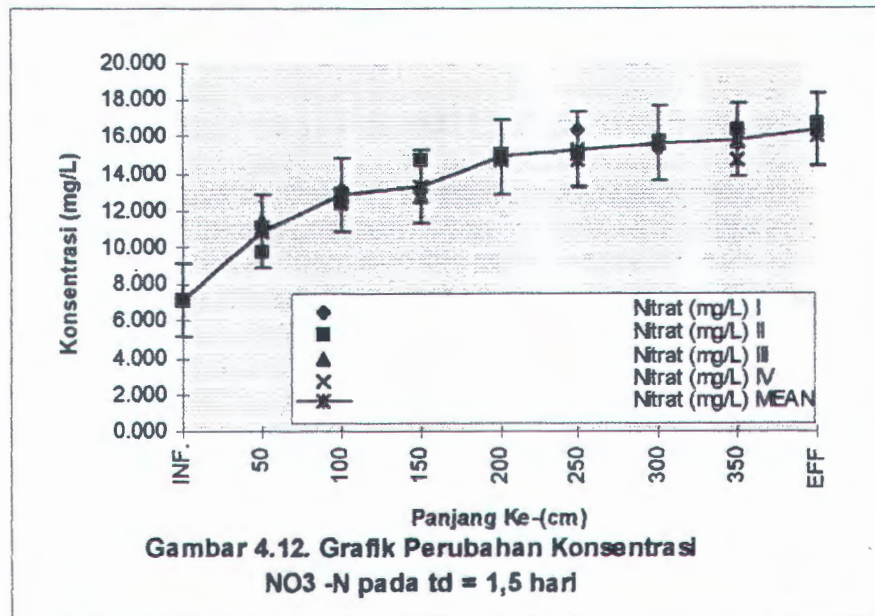
Gambar 4.7., gambar 4.8., dan gambar 4.9. menunjukkan perubahan konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, dan $\text{NO}_3^-\text{-N}$ dalam reaktor roughing biofilter horisontal dengan waktu kontak 1 hari.



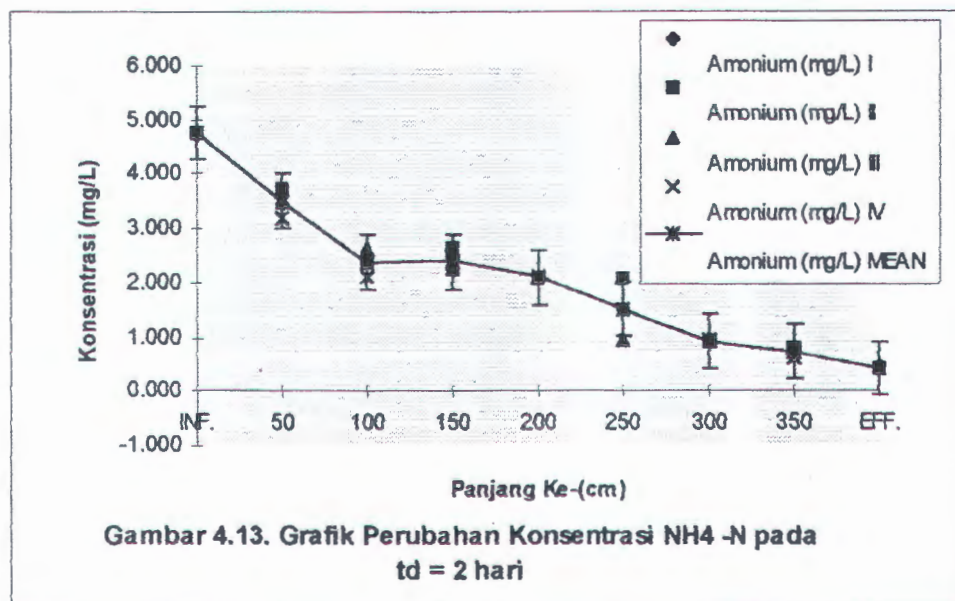


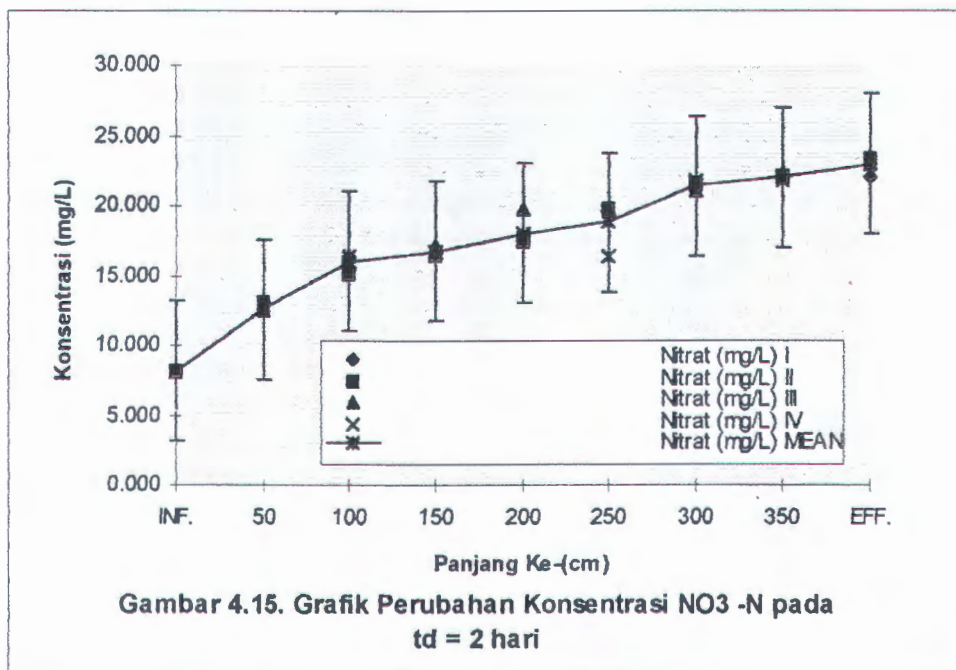
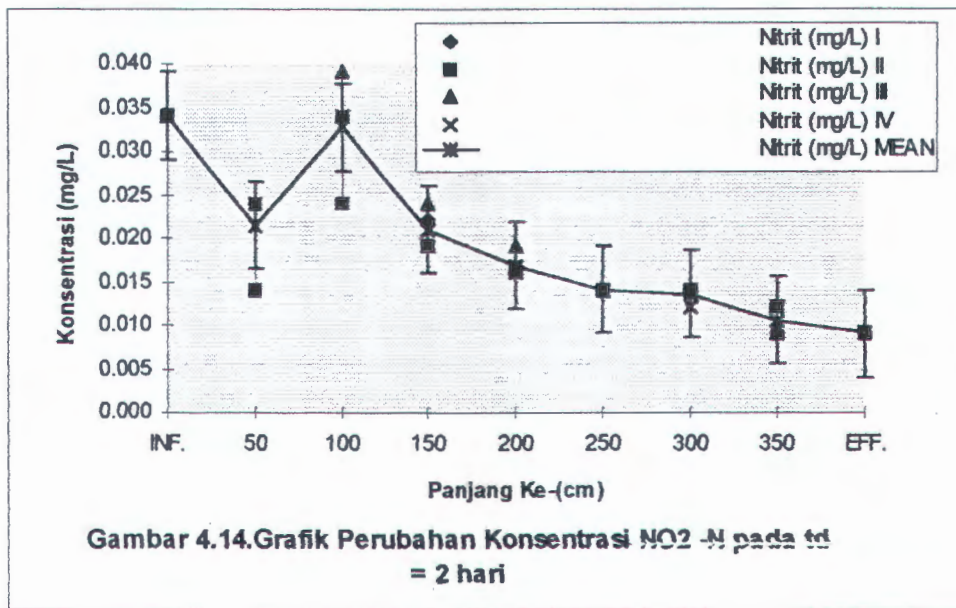
Gambar 4.10., gambar 4.11., dan gambar 4.12. menunjukkan perubahan konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, dan $\text{NO}_3^-\text{-N}$ dalam reaktor roughing biofilter horisontal dengan waktu kontak 1,5 hari.



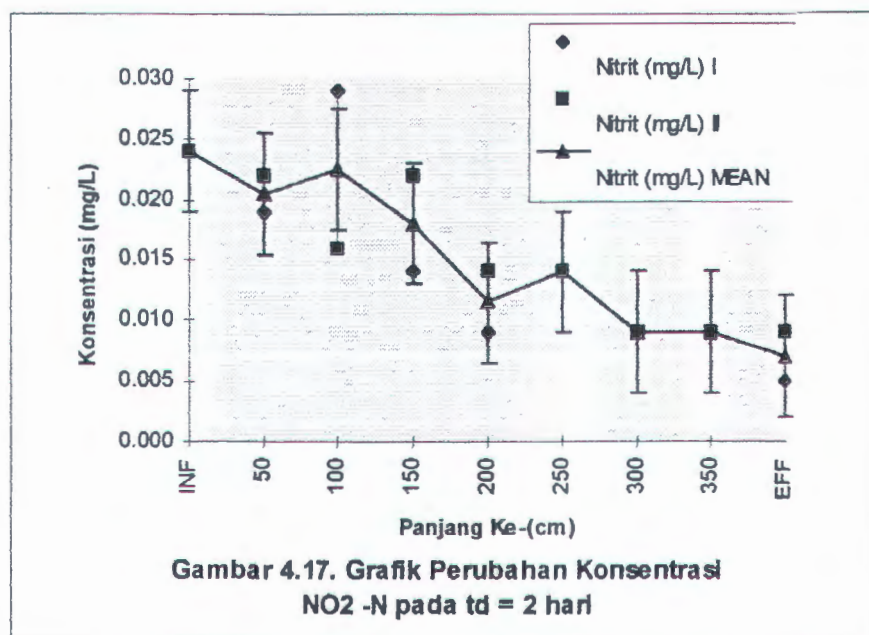
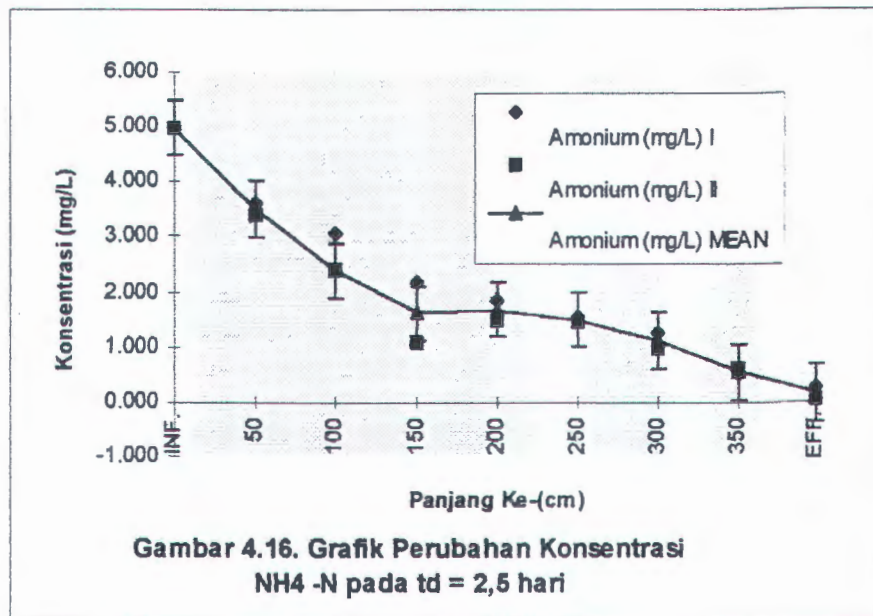


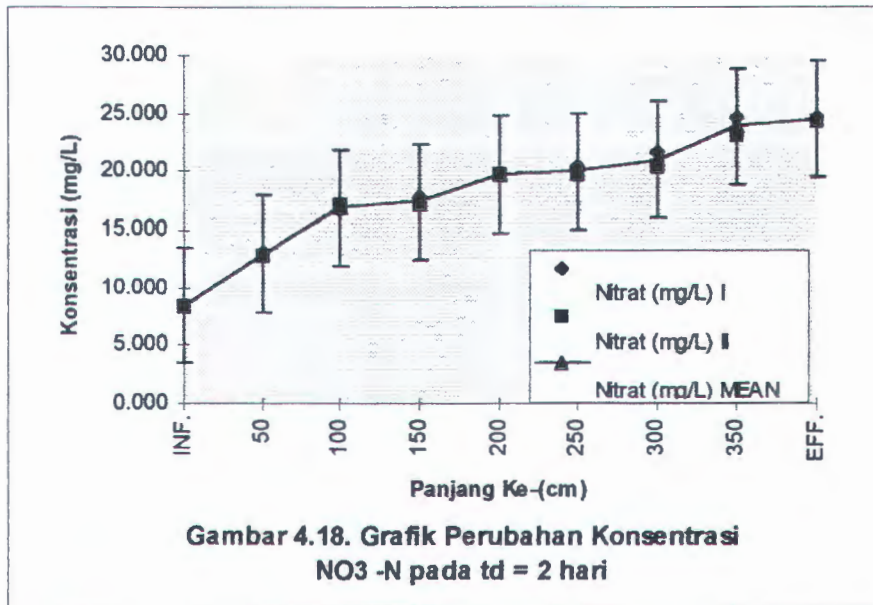
Gambar 4.13., gambar 4.14., dan gambar 4.15. menunjukkan perubahan konsentrasi NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, dan NO₃⁻-N dalam reaktor roughing biofilter horisontal dengan waktu kontak 2 hari.



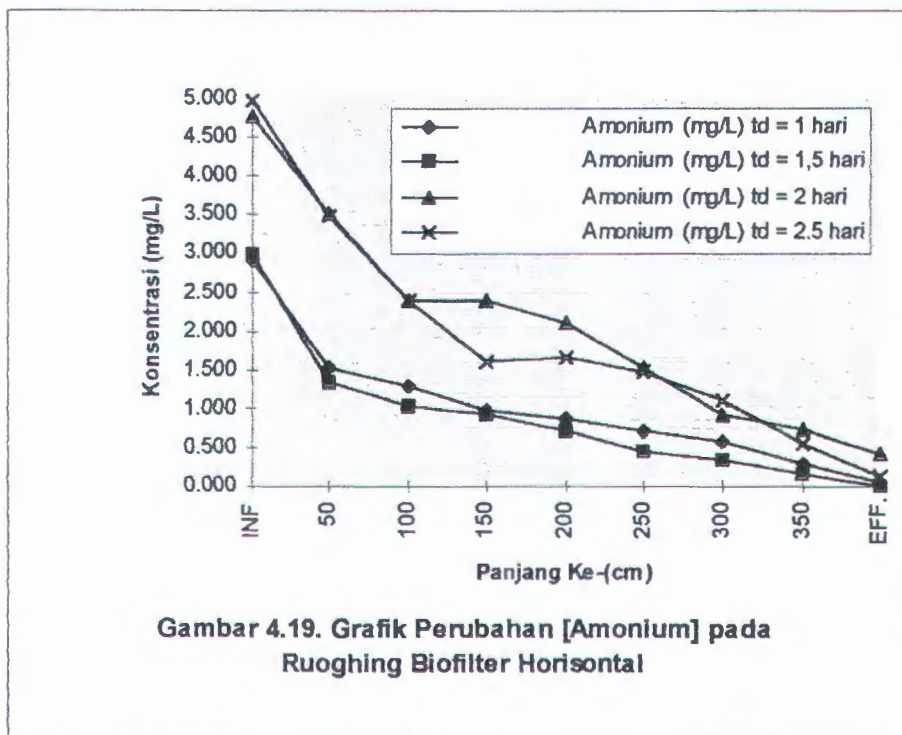


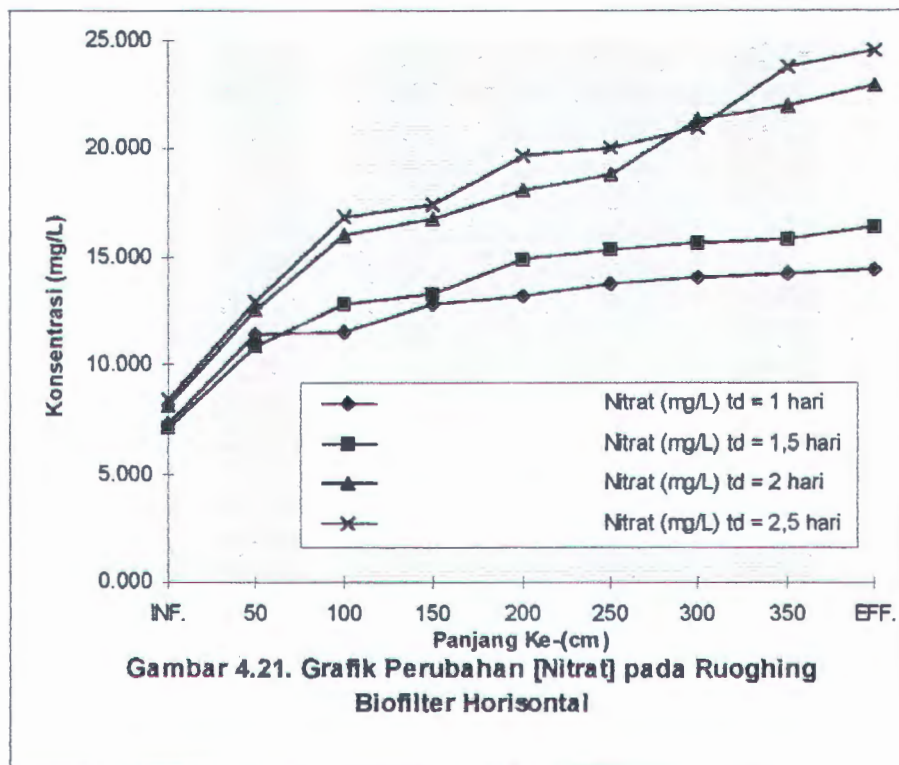
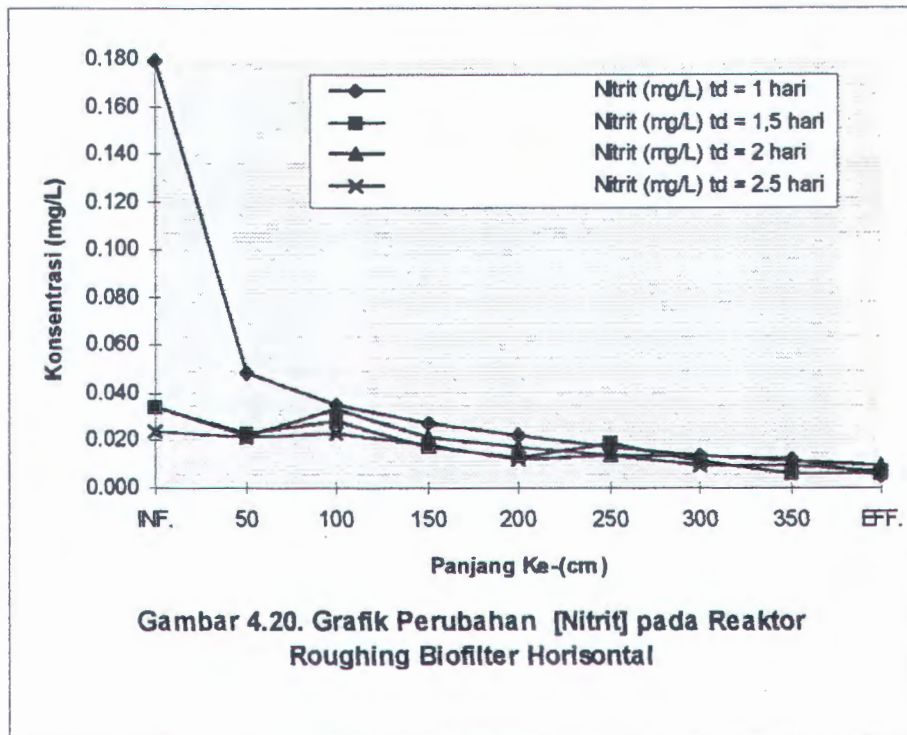
Gambar 4.16., gambar 4.17., dan gambar 4.18. menunjukkan perubahan konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, dan $\text{NO}_3^-\text{-N}$ dalam reaktor roughing biofilter horisontal dengan waktu kontak 2,5 hari.





Gambar 4.19., 4.20., dan 4.21. menunjukkan perubahan konsentrasi NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, dan NO₃⁻-N dalam reaktor roughing biofilter horisontal untuk semua waktu kontak.





4.4. ORDE REAKSI PROSES NITRIFIKASI DAN KECEPATAN REAKSI NITRIFIKASI

Penentuan orde reaksi untuk proses nitrifikasi ini dilakukan dengan cara perhitungan dengan persamaan matematis dan dipilih hasil plot data yang garisnya lebih linear. Untuk pengolahan biologis biasanya orde reaksi nol dan pertama.

ORDE REAKSI NOL

Persamaan reaksi (Benefield, 1980) :

$$C - C_0 = -K.t$$

$$C = -K.t + C_0$$

keterangan :

C = konsentrasi saat waktu tertentu (berat. volume⁻¹)

C₀ = konsentrasi awal (berat. volume⁻¹)

K = konstanta kecepatan reaksi (berat. volume⁻¹. waktu⁻¹)

t = waktu (waktu)

Tabel 4.4. Nilai Waktu dan Konsentrasi untuk Masing-Masing Waktu Kontak.

td = 1 hari		td = 1,5 hari		td = 2 hari		td = 2,5 hari	
t (jam)	C (mg/L)	t (jam)	C (mg/L)	t (jam)	C (mg/L)	t (jam)	C (mg/L)
x	y	x	y	x	y	x	y
0	2,910	0	2,996	0	4,760	0	4,986
3,158	1,511	4,737	1,332	6,316	3,508	7,895	3,494
6,316	1,825	9,474	1,021	12,632	2,377	15,790	2,377
9,474	0,965	14,211	0,926	18,948	2,390	23,685	1,605
12,632	0,859	18,948	0,713	25,264	2,097	31,580	1,658
15,790	0,706	23,685	0,433	31,580	1,512	39,475	1,472
18,948	0,567	28,422	0,333	37,896	0,928	47,370	1,099
22,106	0,280	33,159	0,151	44,212	0,739	55,265	0,541
24	0,052	36	0,002	48	0,419	60	0,140

Data pada tabel 4.4. diplotkan pada sumbu x (absis) dan sumbu y (ordinat), dimana waktu sebagai absis dan konsentrasi sebagai ordinat. Nilai K untuk masing-masing waktu kontak pada tabel 4. 5.

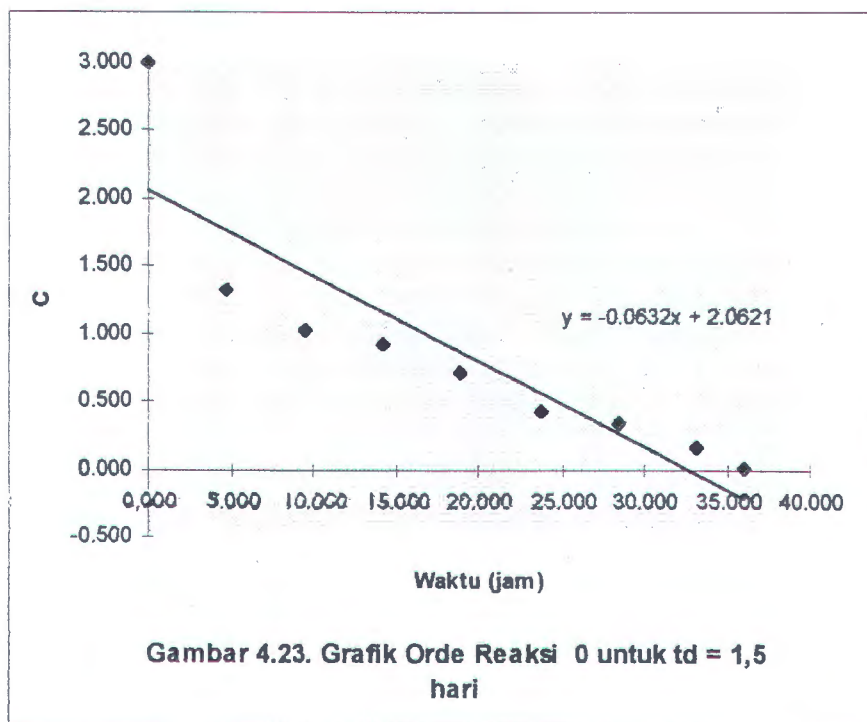
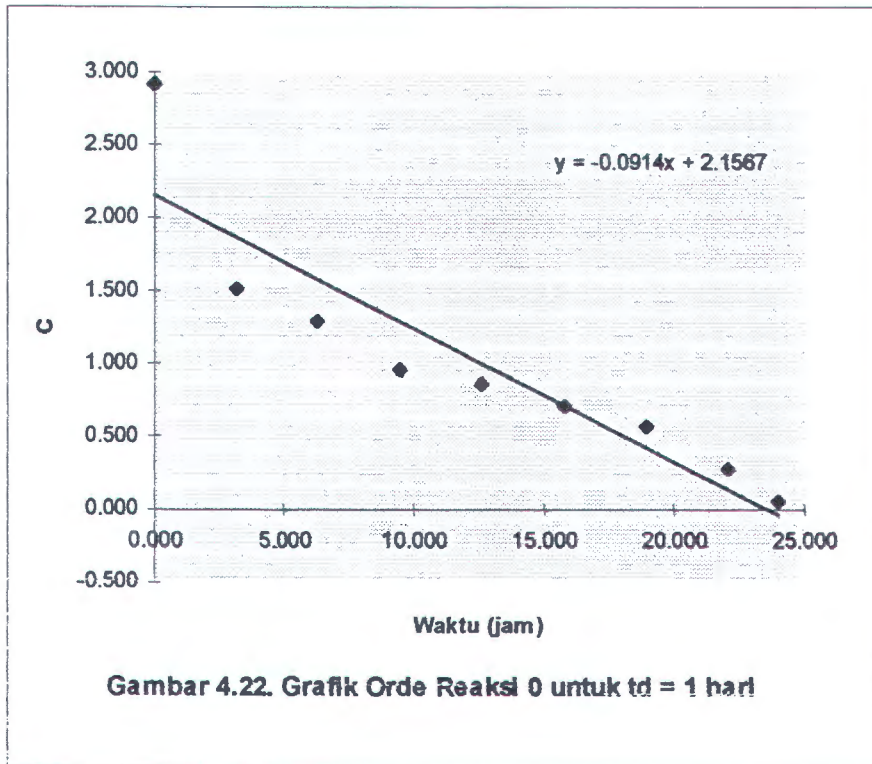
Tabel 4.5. Nilai K (konstanta kecepatan reaksi) pada Orde Reaksi Nol

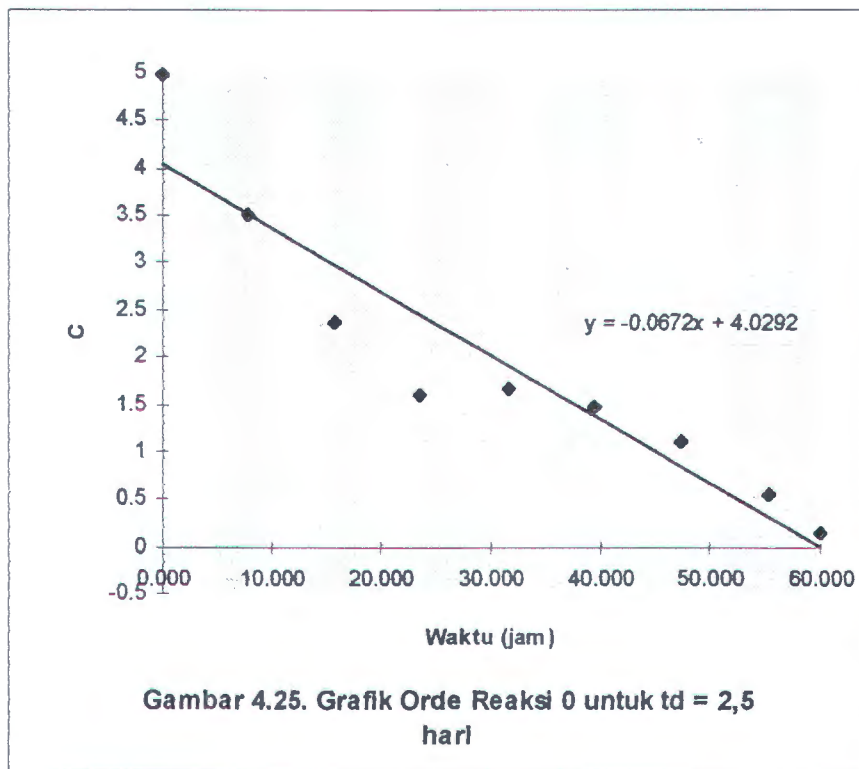
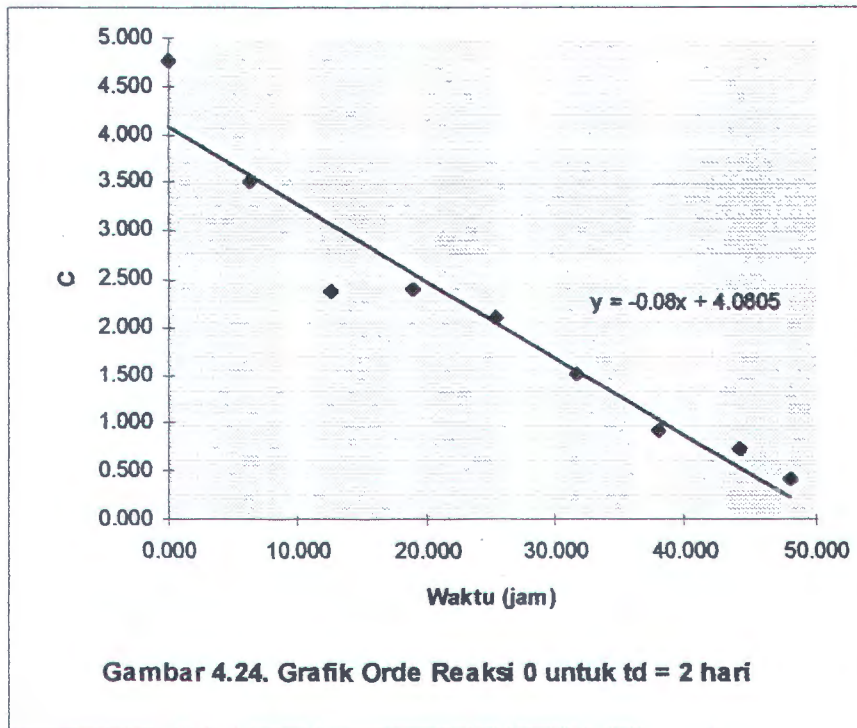
td (hari)	$[\text{NH}_4^+ - \text{N}] \text{ inf. (mg/L)}$	$ K \text{ (mg/L/jam)}$
1	2,910	(-) 0,091396
1,5	2,996	(-) 0,063165
2	4,760	(-) 0,08003
2,5	4,986	(-) 0,067214

Sumber : hasil perhitungan

Keterangan : tanda (-) menunjukkan arah slope (kemiringan)

Gambar 4.22., gambar 4.23., gambar 4.24., dan gambar 4.25., merupakan hasil dari plot data tabel 4.4.





ORDE REAKSI PERTAMA

Persamaan reaksi (Benefield,1980) :

$$\ln(C_0/C) = K \cdot t$$

$$\ln C_0 - \ln C = K \cdot t$$

$$\ln C_0 - K \cdot t = \ln C$$

keterangan :

C = konsentrasi saat waktu tertentu (berat. volume⁻¹)

C₀ = konsentrasi awal (berat. volume⁻¹)

K = konstanta kecepatan reaksi (waktu⁻¹)

t = waktu (waktu)

Tabel 4.6. Nilai Waktu dan Konsentrasi untuk Masing-Masing Waktu Kontak

td = 1 hari		td = 1,5 hari		td = 2 hari		td = 2,5 hari	
t (jam)	ln C (mg/L)	t (jam)	ln C (mg/L)	t (jam)	ln C (mg/L)	t (jam)	ln C (mg/L)
x	y	x	y	x	y	x	y
0	1,068	0	1,097	0	1,560	0	1,607
3,158	0,413	4,737	0,287	6,316	1,255	7,895	1,251
6,316	0,251	9,474	0,012	12,632	0,865	15,790	0,866
9,474	-0,036	14,211	-0,077	18,948	0,871	23,685	0,473
12,632	-0,152	18,948	-0,338	25,264	0,741	31,580	0,506
15,790	-0,348	23,685	-0,837	31,580	0,413	39,475	0,387
18,948	-0,546	28,422	-1,200	37,896	-0,075	47,370	0,095
22,106	-1,273	33,159	-1,890	44,212	-0,302	55,265	-0,616
24	-2,957	36	-6,215	48	-0,870	60	-1,966

Data pada tabel 4.6. diplotkan pada sumbu x (absis) dan sumbu y (ordinat), dimana waktu sebagai absis dan konsentrasi sebagai ordinat. Nilai K untuk masing-masing waktu kontak pada tabel 4. 7.

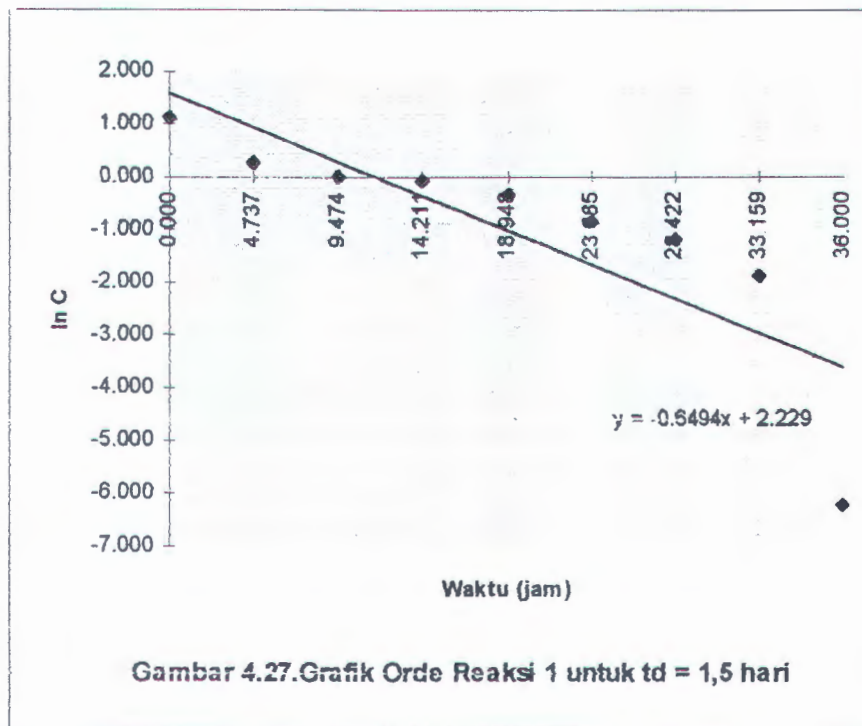
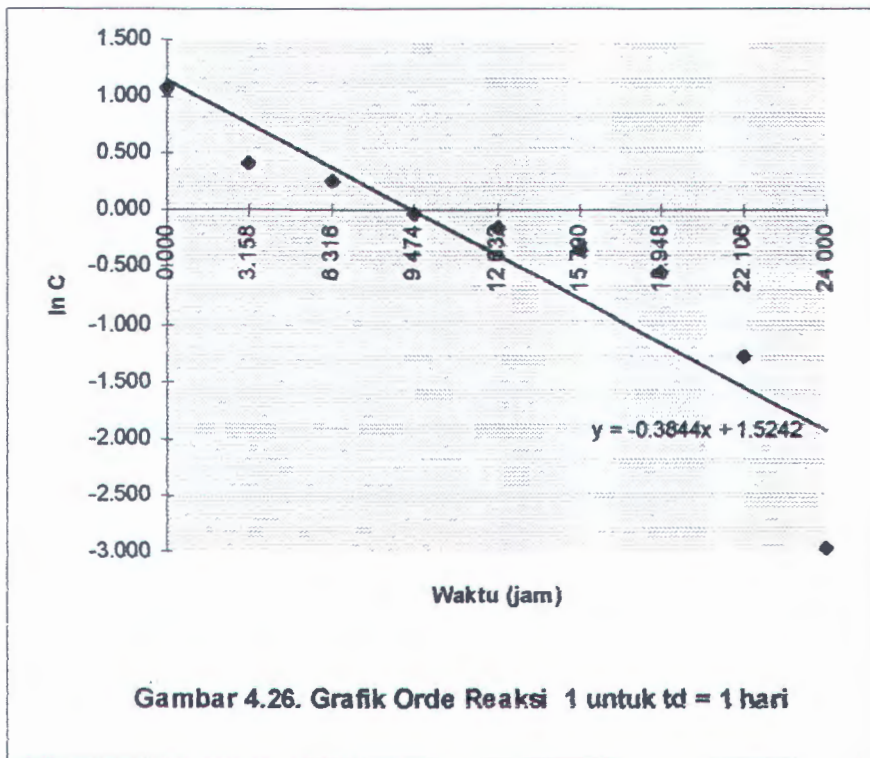
Tabel 4.7. Nilai K (konstanta kecepatan reaksi) pada Orde Reaksi Pertama.

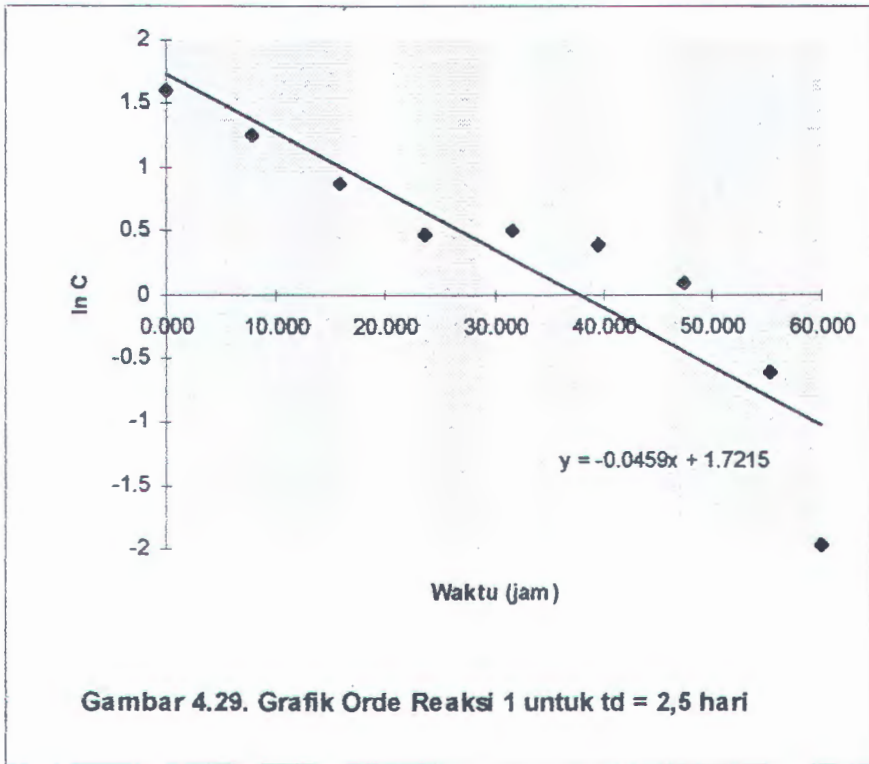
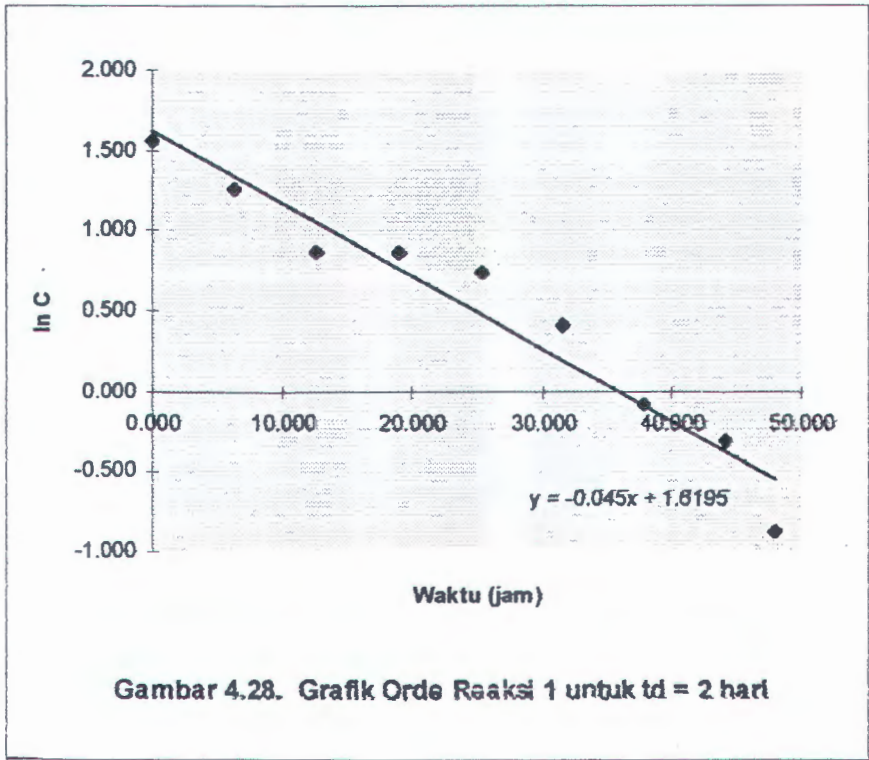
td (hari)	$[\text{NH}_4^+ - \text{N}] \text{ inf. (mg/L)}$	$ K \text{ (per jam)}$
1	2,910	(-) 0,123
1,5	2,996	(-) 0,078289
2	4,760	(-) 0,044997
2,5	4,986	(-) 0,045865

Sumber : hasil perhitungan

Keterangan : tanda (-) menunjukkan arah slope (kemiringan)

Gambar 4.26., gambar 4.27., gambar 4.28., dan gambar 4.29., merupakan hasil dari plot data tabel 4.7.





Dari pengamatan terhadap gambar 4.22. sampai gambar 4.29., maka yang lebih mendekati garis linear adalah orde reaksi nol. Sehingga orde reaksi proses nitrifikasi yang terjadi merupakan orde reaksi nol. Menurut Horan, 1993, tipe orde reaksi nol merupakan orde reaksi pada proses oksidasi amonium menjadi nitrat.

Dari tabel 4.5. dapat diketahui bahwa semakin cepat waktu kontak maka nilai K -nya semakin besar. Dari persamaan reaksi untuk menentukan nilai kecepatan reaksi, dapat dikatakan bahwa kecepatan reaksi nitrifikasi dipengaruhi oleh konsentrasi substrat (nutrien) dan waktu kontak. Waktu kontak akan mempengaruhi debit aliran limbah. Sedangkan debit aliran akan mempengaruhi kecepatan aliran substrat (nutrien). Dengan berkurangnya waktu kontak maka debit aliran limbah akan meningkat sehingga kecepatan aliran substrat (nutrien) pun meningkat. Kecepatan aliran substrat (nutrien) yang meningkat ini akan meningkatkan kecepatan difusi substrat (nutrien) ke dalam lapisan biofilm sehingga kecepatan reaksi nitrifikasi akan meningkat.

4.5. NILAI PH SELAMA PROSES NITRIFIKASI .

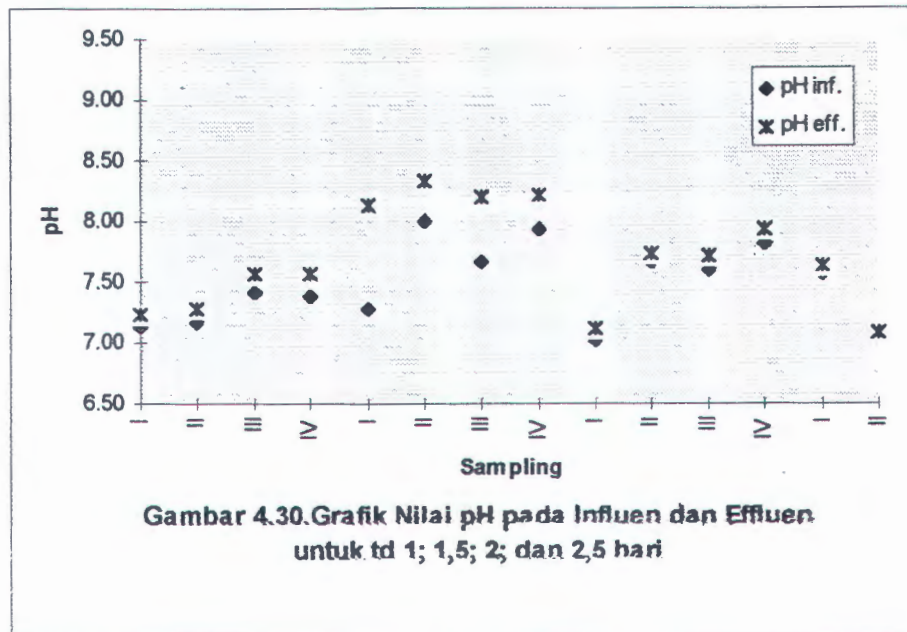
Selama proses nitrifikasi berlangsung, dihasilkan ion H^+ yang akan menyebabkan terjadinya penurunan pH. Hal ini dapat dijelaskan dengan reaksi kimia yang terjadi selama proses nitrifikasi, yaitu :



Tabel 4.8. Data Pengukuran pH pada Influen dan Effluen.

td (hari)	HLR (m^3/m^2 hari)	Sampling	pH Inf.	pH Eff.
1	1,8	1	7,14	7,23
		2	7,16	7,29
		3	7,42	7,56
		4	7,38	7,57
1,5	1,21	1	7,92	8,14
		2	8,00	8,34
		3	7,66	8,20
		4	7,94	8,22
2	0,91	1	7,02	7,11
		2	7,66	7,74
		3	7,60	7,72
		4	7,82	7,94
2,5	0,72	1	7,59	7,63
		2	7,06	7,08

Pada penelitian ini, nilai pH juga diukur. Pengukuran pH dilakukan pada titik influen dan titik effluen. Data yang diperoleh (tabel 4.8.) menunjukkan bahwa pH antara influen dan effluen tidak mengalami penurunan atau pun kenaikan yang berarti. Nilai pH di influen dan di effluen cenderung stabil yaitu masih dalam range pH normal untuk air payau, yaitu 7 sampai 9 (Boyd, 1991).



Gambar 4.30. Grafik Nilai pH pada Influen dan Effluen untuk td 1; 1,5; 2; dan 2,5 hari

Hal ini tidak sesuai dengan pernyataan di awal alinea, seharusnya pH pada effluen mengalami penurunan karena terjadi pelepasan ion H^+ . Tidak terjadinya penurunan pH selama proses nitrifikasi ini disebabkan karena adanya buffer pada air limbah tambak. Buffer ini dapat mempertahankan pH dalam suatu kisaran yang sempit. Buffer yang ada di dalam air asin atau payau merupakan sistem karbon dioksida - asam karbonat - ion bikarbonat.

Gas karbon dioksida yang larut di dalam air akan bereaksi secara kimia. Reaksi kimia yang terjadi menghasilkan asam karbonat.





Asam karbonat selanjutnya terdisosiasi (peristiwa penguraian suatu zat menjadi beberapa zat yang susunannya lebih sederhana) menjadi ion hidrogen dan ion bikarbonat :



Kemudian ion bikarbonat terdisosiasi lagi menjadi ion hidrogen dan ion karbonat :



Sistem karbon dioksida - asam karbonat - ion bikarbonat merupakan suatu sistem kimia yang kompleks yang cenderung berada dalam kesetimbangan. Oleh karena itu jika karbon dioksida hilang dari air tambak seperti digunakannya karbon dioksida oleh fitoplakton yang ada untuk fotosintesis, maka keseimbangan di atas akan terganggu. Asam karbonat dan ion bikarbonat akan bergerak ke kiri dalam persamaan di atas sampai lebih banyak lagi dihasilkan karbon dioksida sehingga tercapai keseimbangan lagi.

Hasil dari reaksi proses nitrifikasi di atas adalah terjadi produksi ion hidrogen bebas (H^+) yang merupakan suatu tolok ukur keasaman. Sistem karbon dioksida - asam karbonat - ion bikarbonat berfungsi sebagai buffer dengan jalan menyerap ion H^+ di dalam air jika ion ini berlebihan dan akan menghasilkan lebih banyak ion H^+ jika jumlah ion ini menyusut.

Pada saat proses nitrifikasi terjadi, dihasilkan ion H^+ sehingga terjadi kelebihan ion H^+ pada air limbah tambak yang diolah. Kelebihan ion

H^+ ini diserap oleh buffer yang ada yaitu sistem karbon dioksida - asam karbonat - ion bikarbonat sampai terjadi keseimbangan.

4.6. NILAI OKSIGEN TERLARUT SELAMA PROSES NITRIFIKASI.

Tabel 4.9. Data Pengukuran Oksigen Terlarut.

td (hari)	HLR (m^3/m^2 hari)	Sampling	OT.Inf.	OT.TS 5	OT.Eff.
1	1,8	1	6,192	6,364	6,192
		2	6,364	6,536	6,364
		3	6,192	6,192	6,020
		4	6,364	6,364	6,192
1,5	1,21	1	6,536	6,020	5,676
		2	5,848	6,020	5,676
		3	6,020	5,848	5,504
		4	5,848	6,020	5,676
2	0,91	1	6,536	6,364	6,020
		2	6,364	6,364	6,192
		3	6,364	6,192	6,192
		4	6,364	6,192	5,848
2,5	0,72	1	6,364	6,192	6,020
		2	6,364	6,192	5,504

Dari hasil pengukuran oksigen terlarut (tabel 4.9), dapat diketahui bahwa cenderung terjadi perbedaan oksigen terlarut pada influen dengan oksigen terlarut pada effluen. Oksigen terlarut pada influen mempunyai nilai yang lebih tinggi daripada di effluen. Berarti setelah proses nitrifikasi oksigen terlarut menurun. Hal ini karena seperti diketahui bahwa proses nitrifikasi adalah proses biologis oleh bakteri dalam kondisi aerobik. Pada saat terjadi nitrifikasi, maka bakteri mengkonsumsi oksigen terlarut yang ada untuk merubah amonium menjadi nitrat.

4.7. PERHITUNGAN REAKTOR ROUGHING BIOFILTER HORIZONTAL UNTUK APLIKASI BUANGAN DARI TAMBAK

Data-data tentang tambak udang adalah sebagai berikut :

- Bentuk tambak adalah bujur sangkar.
- Luas tambak = 0,1 Ha = 1.000 m².
- Kedalaman efektif = 1,5 m.

$$\begin{aligned}\text{Sehingga volume air tambak} &= \text{Luas tambak} \times \text{kedalaman} \\ &= 1.000 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ m} \\ &= 1.500 \text{ m}^3.\end{aligned}$$

Pergantian air dilakukan setiap 2 hari sekali dengan volume air yang dibuang adalah sebanyak 10 % dari total volume air tambak.

$$\begin{aligned}\text{Volume air buangan tambak} &= 10 \% \times 1.500 \text{ m}^3 \\ &= 150 \text{ m}^3.\end{aligned}$$

Perhitungan untuk reaktor roughing biofilter horisontal :

- Direncanakan : ada 5 buah reaktor.

$$\begin{aligned}\text{Schingga : } V &= 150 \text{ m}^3 : 5 \\ &= 30 \text{ m}^3.\end{aligned}$$

Perhitungan untuk masing-masing reaktor :

$$\begin{aligned}Q &= V / td \\ &= 30 \text{ m}^3 : 2,5 \text{ hari} \\ &= 12 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Jika HLR yang diinginkan = $4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}$, maka :

$$\begin{aligned}A &= Q / \text{HLR} \\ &= 12 \text{ m}^3/\text{hari} : 4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari} \\ &= 3 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Sehingga dimensi reaktor :

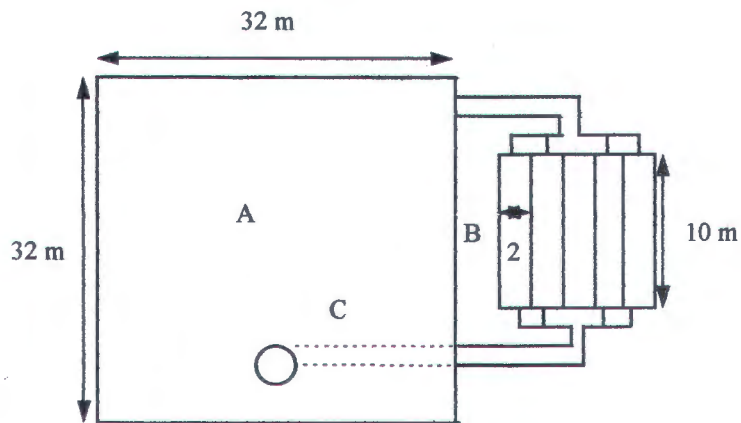
$$A = b \times h$$

$$\begin{aligned}\text{Jika } h &= 1,5 \text{ m, maka } b = 3 \text{ m}^2 : 1,5 \text{ m} \\ &= 2 \text{ m}\end{aligned}$$

Sedangkan panjang reaktor adalah :

$$\begin{aligned}p &= V : A \\ &= 30 \text{ m}^3 : 3 \text{ m} \\ &= 10 \text{ m}.\end{aligned}$$

Pada gambar 4.31. menunjukkan gambaran secara lebih jelas mengenai letak roughing biofilter horisontal di lapangan.



Gambar 4. 31. Lay Out Reaktor Roughing Biofilter Horisontal

A = tambak

B = reaktor roughing biofilter horisontal

C = saluran pembuangan air tambak

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Untuk limbah dengan BOD/N yang sama, berlaku makin lama waktu kontak maka efisiensi removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$ akan meningkat. Rata-rata efisiensi removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$ pada td 1,5 hari dengan BOD/N 6,8 adalah 99,94 %, lebih besar dari rata-rata efisiensi removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$ pada td 1 hari yaitu 98,22 %. Sedangkan rata-rata efisiensi removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$ pada td 2,5 hari dengan BOD/N 4,3 adalah 97,21 %, lebih besar dari rata-rata efisiensi removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$ pada td 2 hari yaitu 91,10 %.
2. Konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ di influen berpengaruh terhadap efisiensi removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$. Perbandingan BOD/N semakin kecil maka makin tinggi konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ di influen, yang akan menyebabkan penurunan efisiensi removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$.
3. Efisiensi removal $\text{NH}_4^+\text{-N}$ terbesar terjadi pada td = 1,5 hari, HLR = 1,21 m^3/m^2 hari dengan Q limbah = 9,97 ml/menit, yaitu dengan rata-rata efisiensi removal sebesar 99,94 %.

4. Selama proses nitrifikasi pada reaktor roughing biofilter horisontal terjadi penurunan konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ di sepanjang roughing biofilter horisontal (2,996 mg/L - 0,002 mg/L) , penurunan konsentrasi $\text{NO}_2^-\text{-N}$ (0,034 mg/L - 0,006 mg/L), dan kenaikan konsentrasi $\text{NO}_3^-\text{-N}$ di sepanjang reaktor (7,130 mg/L - 16,387 mg/L).
5. Orde reaksi proses nitrifikasi pada reaktor roughing biofilter horisontal adalah orde reaksi nol dan kecepatan reaksi nitrifikasi mempunyai nilai yang bervariasi, salah satu faktor yang mempengaruhi adalah waktu kontak.
6. Nilai pH selama proses nitrifikasi pada reaktor roughing biofilter horisontal tidak mengalami perubahan dalam arti tidak terjadi penurunan atau pun kenaikan pH yang besar. pH masih dalam range pH normal. Hal ini disebabkan karena adanya buffer alami dalam air limbah itu sendiri.

5.2. SARAN

1. Dilakukan penelitian proses denitrifikasi pada roughing biofilter horisontal untuk melanjutkan penelitian yang telah dilakukan.
2. Penelitian lanjut dengan roughing biofilter horisontal untuk parameter-parameter kimia lain sehingga air limbah tambak hasil pengolahan dapat digunakan untuk *recycle* (mengisi tambak udang lagi).

DAFTAR PUSTAKA

- Alaert, G. dan S. Sumestri, 1987. Metode penelitian air. Usaha Nasional, Surabaya. 309 halaman.
- Ali Masduqi, 1993. Laporan tugas akhir : Studi pustaka, pencemaran perairan pantai oleh minyak bumi dalam tinjauan ekologi laut. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP - ITS, Surabaya. 136 halaman.
- APHA, AWWA, WPCF, 1985. Standart methode for examination of water and wastewater treatment. Washington.
- Achmad Mulyana, 1993. Laporan skripsi : Pengaruh pemberian multibakteria argon dengan dosis yang berbeda terhadap perubahan kualitas air dan kelulusan hidup udang windu pada stadia post Larva. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang. 101 halaman.
- Anonim, 1991. SNJ bidang pekerjaan umum mengenai kualitas air. Edisi 1991. Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1986. Jurnal penelitian budidaya pantai. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Penelitian Budidaya Pantai Maros, Indonesia.
- Benefield, L. D., and Randall, C. W., 1980. Biological process design for wastewater treatment. Prentice Hall Inc., New Jersey. 526 halaman.
- Boyd, C.E., 1991. Water quality management and aeration in shrimp farming. Dalam : Pedoman teknis dari proyek penelitian dan pengembangan perikanan. Alex Bocek (Ed). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Jakarta. 49 halaman.
- Colt.J.E and D.A. Armstrong, 1981. Nitrogen Toxicity to Crustaceans, Fish and Molluscs. Bio-Engeneering Sym, Fish Culture (FCS.Publ.1) : 34-97.
- Culp. Russel.L, George.M.W, dan Gordon.L.Culp, 1978. Handbook of advanced wastewater treatment. Second Edition. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 632 halaman.
- De Renso, D. J., 1978. Nitrogen control and phosporus control removal in sewage treatment. Park Ridge, New Jersey. 431 halaman.

- Horan N. J., 1993, Biological wastewater treatment system. John Wiley & Sons, Ltd., New York. 310 halaman.
- Indriati Dwi Astuti, 1994. Laporan tugas akhir : Penurunan kandungan nitrogen amonia dalam limbah buatan dengan sistem biofilm aerobik pada media berbutir. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP - ITS, Surabaya. 162 halaman.
- Leo H.J. Vredendregt, Karsten, N., Andrea A. Potma, Gert Holm Kristensen, dan Christina Sund, 1997. Fluid bed biological nitrification and denitrification in high salinity wastewater. *Water Science and Technology*, 36 : 93 - 100.
- Mara, Duncan, 1978. Sewage Treatment in Hot Climate. John Willey and Sons, Chichester. 136 halaman.
- Mardijatmoko, 1996. Laporan skripsi : Studi Tentang Dampak Limbah Organik Terhadap Kondisi Kualitas Air di dalam dan di Sekitar Ekosistem Tambak Udang Pola Intensif. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang. 106 halaman.
- Maria Prihandrijanti, 1995. Laporan tugas akhir : Studi kemampuan roughing filter terhadap perubahan konsentrasi amoniak, nitrit, dan nitrat air kali Surabaya. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP - ITS, Surabaya. 73 halaman.
- Marsono, B., 1996. Teknik pengolahan air limbah secara biologis. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP - ITS, Surabaya. 146 halaman.
- Metclaf and Eddy, 1991. Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse. McGraw Hill Book Company. 1334 halaman.
- Mohammad Mahmudi, Mohammad Fajar, dan Muhammad Musa, 1997. Studi dampak ekologis budidaya udang terhadap ekosistem lingkungan. Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang. 42 halaman.
- Mudrack.K and S. Kunst, 1986. Biology of sewage treatment and water pollution control. John Wiley and Sons, New York. 193 halaman.
- Murtidjo.B.A, 1988. Tambak air payau budidaya udang dan bandeng. Penerbit Kanisius, Yogyakarta. 138 halaman.
- Poernomo..A, 1988. Faktor lingkungan dominan pada budidaya udang intensif. Balai Penelitian Budidaya Pantai, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Maros-Gondol. 76 halaman.
- Qasim, 1986. Wastewater Treatment Plants : planning, design, and operation. Halt Renchart and Winston, New York. 726 halaman.

- Reynold, Tom.D, 1982. Unit operations and processes in enviromental Engineering. Brook/Cole Engineering Division Montenev, California. 575 halaman.
- Rheinheimer, G., 1980. Aquatic Microbiology. Edisi kedua. John Wiley and Sons, Chichester. 235 halaman.
- Sawyer, Clair N., and Mc Carty, Perry L., 1978. Chemistry for environmental enggineering, 3rd. Mc. Graw Hill Book Company, New York. 658 halaman.
- Sri Rosdiana, 1996. Laporan tugas akhir : Penurunan kandungan nitrogen dalam limbah buangan melalui proses aerobik-anoxic menggunakan biofilter. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP - ITS, Surabaya. 97 halaman.
- Suciyati.H, 1997. laporan skripsi : Studi Tentang Pengaruh Usaha Budidaya Udang Windu (*Penaes Monodon*) Pola Intensif di CV. Pujiharjo Malang Terhadap Kualitas Air di dalam dan di Sekitar Tambak. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang. 81 halaman.
- Suratno, 1993. Karya tulis praktek akhir : Pemberian Pakan Buatan dalam Pembesaran Udang Windu di tambak Intensif. Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta.
- Tarzan.P, 1998. Bioremediasi perairan tambak intensif menggunakan kerang hijau, kerang darah dan rumput laut suatu model rehabilitasi kawasan pesisir yang ramah lingkungan. Konferensi Nasional Pusat Studi Lingkungan Indonesia ke-14, ITS, Surabaya. 16 halaman.
- Winkler.M.A., 198. Biological treatment of wastewater. John Wiley and Sons, New York. 301 halaman.

BIODATA

NAMA : HARMIN SULISTIYANING TITAH
TEMPAT LAHIR : MALANG
TANGGAL LAHIR : 23 MEI 1975
AGAMA : ISLAM
ALAMAT ASAL : BANTARAN BARAT II/15 MALANG
TELP. (0341) 492263

RIWAYAT PENDIDIKAN :

1. TK KARTINI ABA XXI : LULUS TAHUN 1982
2. SDN PURWANTORO II MALANG : LULUS TAHUN 1988
3. SMPN 3 MALANG : LULUS TAHUN 1991
4. SMAN 3 MALANG : LULUS TAHUN 1994
5. TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS DITERIMA MELALUI UMPTN TAHUN 1994 DENGAN NRP. 3394.100.026

LAMPIRAN 1

MENGETAHUI VOLUME RONGGA REAKTOR

Langkah-langkah penentuan volume rongga reaktor, yaitu :

1. Reaktor diisi sejumlah batu sampai panjang tertentu (L_1).
2. Selanjutnya diisi air sampai reaktor penuh yang ditandai dengan air keluar dari weir di effluen ($V_{\text{air total + batu}}$).
3. Banyaknya air yang dibutuhkan untuk mengisi reaktor sampai penuh tadi dicatat.
4. Karena ada ruang influen dan effluen, maka dihitung berapa volumenya ruang influen dan effluen.
5. Selanjutnya volume rongga dapat dihitung, yaitu :

$$V \text{ rongga reaktor total} = V_{\text{air total+batu}} - (V_{\text{inf.}} + V_{\text{eff.}})$$

Perhitungan volume rongga reaktor.

Reaktor Nitrifikasi

$$\text{Volume (air total + batu)} = 24,33 \text{ L}$$

$$\text{Volume (influen + effluen)} = \underline{2,8 \text{ L}}$$

$$\text{Volume rongga reaktor total} = 21,53 \text{ L}$$

LAMPIRAN 2

PERHITUNGAN DEBIT INFLUEN DAN BEBAN HIDROLIK

Dimensi reaktor :

Panjang influen = 10 cm

Panjang reaktor = 380 cm

Panjang effluen = 10 cm

Panjang reaktor total = 400 cm

* Perhitungan Debit Influen dan Beban Hidrolik.

Dalam penelitian ini dilakukan 4 variasi waktu detensi (td), yaitu 1 hari; 1,5 hari; 2 hari dan 2,5 hari).

Rumus umum :

$$Q = \frac{V}{td}$$

$$HLR = \frac{Q}{A}$$

Keterangan :

Q = debit (volume/waktu).

V = volume.

td = waktu detensi (waktu kontak).

HLR = hidraulik loading rate (volume/luas.waktu).

A = luas permukaan yang dilalui air.

Untuk $td = 1$ hari.

$$Q = \frac{V}{td} = \frac{0,02153m^3}{1hari} = 0,02153m^3 / hari = 14,93ml / menit$$

$$HLR = \frac{Q}{A} = \frac{0,02153m^3 / hari}{0,085m \times 0,14m} = 1,8m^3 / m^2hari$$

Untuk $td = 1,5$ hari.

$$Q = \frac{V}{td} = \frac{0,02153m^3}{1,5hari} = 0,01435m^3 / hari = 9,97ml / menit$$

$$HLR = \frac{Q}{A} = \frac{0,01435m^3 / hari}{0,085m \times 0,14m} = 1,21m^3 / m^2hari$$

Untuk $td = 2$ hari.

$$Q = \frac{V}{td} = \frac{0,02153m^3}{2hari} = 0,01077m^3 / hari = 7,48ml / menit$$

$$HLR = \frac{Q}{A} = \frac{0,01077m^3 / hari}{0,085m \times 0,14m} = 0,91m^3 / m^2hari$$

Untuk $td = 2,5$ hari.

$$Q = \frac{V}{td} = \frac{0,02153m^3}{2,5hari} = 0,00861m^3 / hari = 5,97ml / menit$$

$$HLR = \frac{Q}{A} = \frac{0,00861m^3 / hari}{0,085m \times 0,14m} = 0,72m^3 / m^2hari$$

Tabel 2.1 Nilai td, Q, dan HRT terpilih

td (hari)	Q (ml/menit)	HLR(m^3/m^2 hari)
1	14,93	1,8
1,5	9,97	1,21
2	7,48	0,91
2,5	5,97	0,72

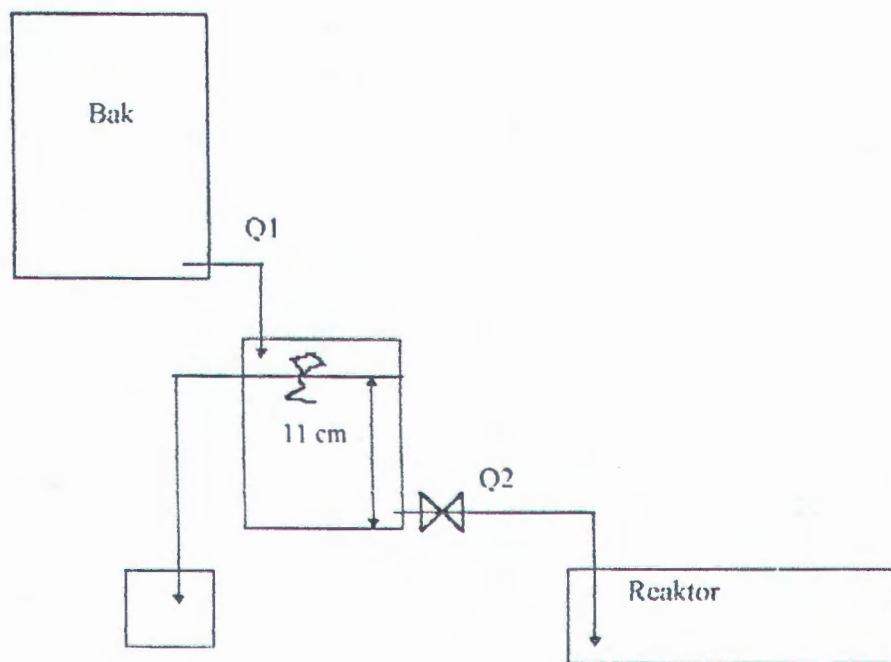
Sumber : hasil perhitungan

LAMPIRAN 3

CARA MEMPEROLEH DEBIT KONSTAN

Pada penelitian ini, untuk memperoleh debit konstan dilakukan dengan menggunakan stop watch dan gelas ukur serta mengatur tekanan air dari bak influen. Cara kerjanya adalah :

- mengatur tinggi muka air dalam bak penstabil tekanan agar tetap pada ketinggian 11 cm, seperti terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.1 Cara Memperoleh Debit Konstan

Untuk menghindari terjadinya penurunan muka air pada bak penyetabil tekanan (<11 cm) maka Q_1 harus lebih besar dengan Q_2 ($Q_1 \geq Q_2$). Sedangkan kenaikan muka air pada bak penyetabil tekanan (>11 cm) tidak mungkin terjadi karena pada ketinggian 11 cm terdapat pipa over flow yang akan mengalirkan kelebihan air, sehingga tekanan dalam bak penyetabil tekanan akan tetap konstan.

- mengatur (dengan cara coba-coba) putaran valve yang terdapat pada selang influen.
- melakukan set stop watch untuk setiap 1 menit. mengukur volume air yang masuk ke reaktor dengan sebuah gelas ukur dalam jangka waktu satu menit (Q_2).
- jika Q_2 yang didapat sudah sesuai dengan yang diharapkan, pengukuran diulangi sebanyak tiga kali untuk ketelitian.

LAMPIRAN 4
PROSEDUR ANALISIS

I. ANALISIS AMMONIUM (NH_4^+)

A. PERALATAN.

1. Labu takar 25 ml.
2. Pipet ukur 1 ml dan 10 ml.
3. Erlenmeyer 25 ml.

B. BAHAN-BAHAN.

- Reagent Nessler.
 1. 10 gr HgI_2 dan 7 gr KI digerus dalam mortir dengan sedikit air sampai halus.
 2. Kemudian dilarutkan dalam 16 gr NaOH/500 ml dan diencerkan sampai 100 ml.
 3. Biarkan mengendap dahulu dan diambil supernatannya.

- Garam Signete.
 1. 10 gr K Na Tartrat dilarutkan dalam 30 ml air.
 2. Ditambah 1 ml reagent Nessler sebagai pengawet.
 3. Kemudian diencerkan sampai 100 ml.

- Larutan Standar Ammonium.

1. Menimbang secara teliti 0,2966 gr NH_4Cl .
2. Melarutkan dalam labu ukur 1 liter dengan aquadest.
3. Menambahkan 3 tetes toluen sebagai pengawet.

C. CARA KERJA.

1. Memasukan 25 ml sampel ke dalam erlenmeyer.
2. Menambahkan 1,25 ml garam signete.
3. Menambahkan 1 ml Nessler.
4. Mengocok erlenmeyer takar tersebut dan diamkan 10 menit.
5. Sebelum diukur absorbansinya, sampel disaring dulu.
6. Mengukur absorbansi dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm.

II. ANALISIS NITRAT (NO_3^-)

A. PERALATAN.

1. Pipet ukur 5 ml.
2. Erlenmeyer 25 ml.

B. BAHAN-BAHAN.

- Brucine asetat 0,5 %.
 1. Melarutkan 0,5 gr brucine dalam labu ukur 100 ml dengan asam asetat glacial (CH_3COOH pekat).
- H_2SO_4 pekat.
- Larutan Standar Nitrat.
 2. Menimbang 1 gr KNO_3 atau NaNO_3 , lalu dipanaskan pada suhu 110°C selama 30 menit.
 3. Menimbang dengan teliti 721,8 mg KNO_3 atau 607,5 mg NaNO_3 setelah dipanaskan tadi dan mengencerkannya dalam labu ukur 1 liter.

C. CARA KERJA.

1. Memasukkan 2 ml sampel ke dalam erlenmeyer.
2. Menambahkan 2 ml brucine asetat.
3. Menambahkan 4 ml H_2SO_4 pkat.
4. Mengukur dengan spectronic 20 pada panjang gelombang 410 nm.

III. ANALISIS NITRIT (NO_2^-)

A. PERALATAN.

1. Pipet ukur 1 ml.
2. Erlenmeyer 25 ml.

B. BAHAN-BAHAN.

- Sulfanilic Acid.
 1. 1 gr sulfanilic acid + 5 ml HCL pekat, diencerkan dengan aquades sampai 100 ml (aquades bebas nitrit).
- NED dihydrochloride
 1. mg NED dihydrochloride dilarutkan dalam aquades bebas nitrit sampai 100 ml.
- Larutan Standar Nitrit.
 1. Menimbang 0,15 gr NaNO_2 .
 2. Melarutkan dalam labu ukur 1 L dengan aquadest.

C. CARA KERJA.

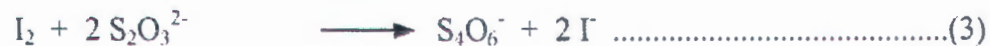
1. 25 ml sampel yang telah disaring.
2. Ditambah 0,5 ml sulfanilic acid, dikocok dan dibiarkan 2 menit.
3. Ditambah 0,5 ml NED dihydrochloride, dikocok dan didiamkan ± 10 menit sampai dengan 2 jam.
4. Diukur pada spectronic 20 dengan panjang gelombang 540 nm.

IV. ANALISIS OKSIGEN TERLARUT (DISSOLVED OXYGEN).

A. PRINSIP ANALISIS

Oksigen dalam sampel akan dioksidasi $MnSO_4$ yang ditambahkan ke dalam larutan sampel pada keadaan alkalis sehingga terjadi endapan MnO_2 (reaksi 1). Dengan penambahan asam sulfat pekat serta KI akan dibebaskan iodium yang ekuivalen dengan oksigen terlarut (reaksi 2). Iodium yang dibebaskan tersebut dititrasi dengan metode iodometris yaitu dengan larutan standar tiosulfat dengan indikator amilum (reaksi 3).

Reaksi-reaksi yang terjadi :



B. PERALATAN.

1. Botol winkler yang telah diketahui volumenya serta memiliki ketelitian $\pm 0,1$ ml beserta tutupnya.
2. Buret.
3. Pipet ukur 1 ml dan 25 ml.
4. Erlenmeyer 100 ml.

C. BAHAN-BAHAN.

- Larutan MnSO_4 .
 1. Larutkan 4 gr $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ atau 40 gr $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ atau 36,4 gr $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dalam 100 ml air suling.

- Larutan alkali -iodida-azida.
 1. 40 gr NaOH (56 gr KOH).
 2. 13,5 gr NaI (15 gr KI).
 3. 2 gr NaN_3 .
 4. Campur dan encerkan sampai 100 ml.

- Indikator kanji (amilum) 1 %.
 1. 1 gr kanji diencerkan sampai 100 ml.
 2. Didihkan selama 2 menit sampai larutan jernih.
 3. Dinginkan dan awetkan dengan 1,52 gr asam salisilik.
8

- Larutan tiosulfat 0,025 N.
 1. 6,205 gr $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ diencerkan sampai 1 liter.
 2. Diawetkan dengan asam salisilat 3,04 gr.

- Larutan thiosulfat 0,0125 N.
 1. Sebanyak 24,82 gr natrium thiosulfat dilarutkan ke dalam labu ukur 1 L dengan air suling yang telah dipanaskan dan didinginkan kembali.
 2. Ke dalam larutan tersebut diberikan 1 gr NaOH sebagai pengawet.

Langkah-langkah untuk menstandarisasi larutan thiosulfat :

1. Ke dalam labu ukur 100 ml ditempatkan 20 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,025 N dengan menggunakan pipet ukur.
2. Larutan $K_2Cr_2O_7$ tersebut diencerkan sampai volume 100 ml.
3. Ke dalam larutan $K_2Cr_2O_7$ tersebut ditambahkan 2 gr KI serta 10 ml asam sulfat 4 N.
4. Larutan tersebut dikocok dan disimpan dalam tempat gelap selama 5 menit.
5. Setelah 5 menit, larutan tersebut dititrasikan dengan natrium thiosulfat yang akan distandarisasikan.
6. Bila warna kuning hilang, ke dalam larutan diberikan indikator amilum sebanyak 2 tetes.
7. Titrasi diteruskan sampai warna biru tepat berubah jadi bening.
Dilakukan pencatatan terhadap volume thiosulfat yang diperlukan sehingga :

$$\text{Normalitas } Na_2S_2O_3 = \frac{20 \times 0,025}{A}$$

A = volume $Na_2S_2O_3$ yang diperlukan (ml)

- Larutan thiosulfat 0,0125 N.
 1. Diambil 25 ml larutan thiosulfat yang telah distandarisasi lke dalam labu ukur 200 ml.
 2. Diencerkan dengan aquadest sampai volume 200 ml.

B. CARA KERJA.

3. Ke dalam sampel yang ada di botol winkler, ditambah 2 ml larutan $MgSO_4$.
- 4 Ditambah 2 ml KI. Botol ditutup kembali dengan hati-hati untuk mencegah terperangkapnya udara luar, kemudian dikocok dengan membolak-balikkan botol.
5. Dibiarkan gumpalan mengendap selama 10 menit.
6. Ditambah 2 ml H_2SO_4 pekat kemudian dikocok.
7. Diambil 100 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 ml.
8. Ditambah amylum sampai timbul warna biru.
9. Titrasi dengan larutan tiosulfat sampai warna biru hilang untuk pertama kali.

C. PERHITUNGAN.

$$OT = \frac{a \cdot N \cdot 8000}{l} \text{ mgO}_2 / l.$$

Keterangan :

a = volume Na_2SO_3 (ml).

N = normalitas Na_2SO_3 (ek/L).

V = volume sampel yang ditirasi (ml).

V. ANALISIS SALINITAS.

Dilakukan dengan alat refraktometer.

A. Bahan-Bahan.

1. Aquadest.
2. Tissue.

B. Peralatan.

1. Pipet
2. Refraktometer

C. Cara Kerja.

1. Membersihkan permukaan prisma refraktometer dengan aquadest dan tissue.
2. Meneteskan sampel 1 - 2 teets pada permukaan prisma refraktometer.
3. Menutup kaca penutup pada refraktometer dan diusahakan tidak terjadi gelembung udara.
4. Mengarahkan refraktometer ke arah datangnya sinar terang (matahari), sementara mata membaca angka yang tertera pada layar alat tersebut dan mencatat salinitasnya.

VI. ANALISIS pH

A. PERALATAN.

1. pH-meter (1 buah).
2. Pipet ukur 50 ml (1 buah).
3. Botol semprot (1 buah).
4. Bekker glass 200 ml (1 buah).

B. BAHAN-BAHAN

1. Larutan buffer pH 4 dan 7.
2. Aquadest.

C. CARA KERJA.

1. Batang elektrode disemprot dengan aquadest dan dikeringkan dengan tisu.
2. Sampel yang diukur dikocok agar homogen dan diambil sebanyak 50 ml dengan pipet ukur.
3. Sampel tersebut dipindahkan ke dalam bekker glass dan kemudian diukur pH-nya.

VII. ANALISIS TEMPERATUR

A. PERALATAN.

1. Termometer
2. Bekker glass 200 ml.
3. Pipet ukur 50 ml.

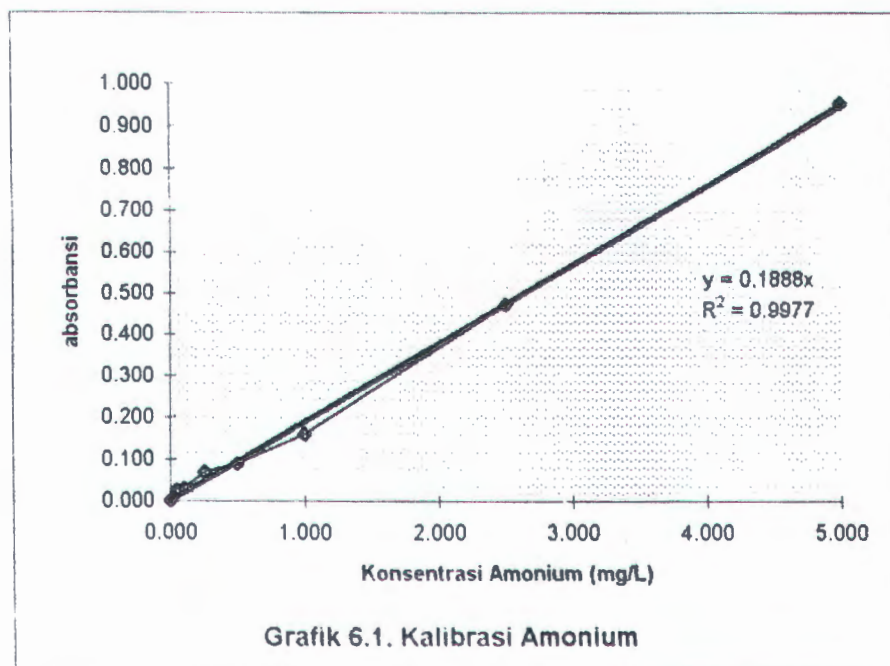
B. CARA KERJA.

1. Sampel terlebih dahulu dikocok agar homogen kemudian diambil sebanyak 50 ml.
2. Sampel dimasukkan ke bekker glass.
3. Dilakukan pengukuran temperatur dengan termometer.

LAMPIRAN 5
KALIBRASI ALAT

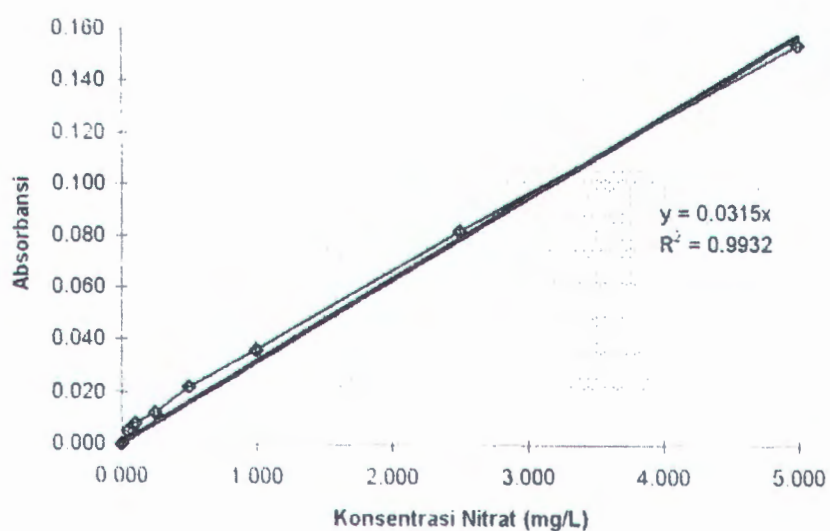
Data kalibrasi alat untuk amonium:

X(konsentrasi)	Y(absorbansi)
0.000	0.000
0.050	0.025
0.100	0.030
0.250	0.070
0.500	0.090
1.000	0.160
2.500	0.470
5.000	0.950



Data kalibrasi alat untuk nitrat:

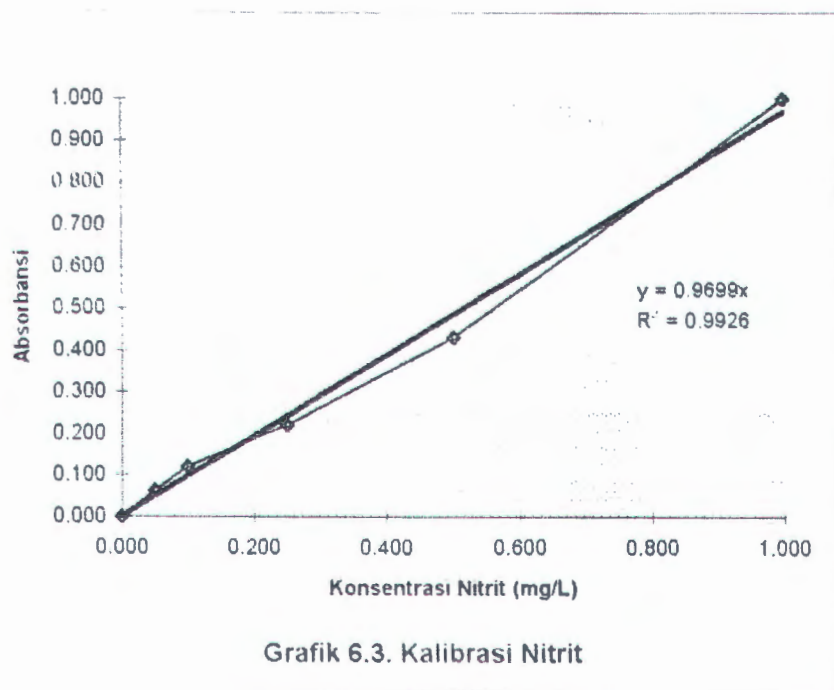
N(konsentrasi)	Y(absorbansi)
0,000	0,000
0,050	0,005
0,100	0,008
0,250	0,012
0,500	0,022
1,000	0,036
2,500	0,082
5,000	0,154



Grafik 6.2. Kalibrasi Nitrat

Data kalibrasi alat untuk nitrit :

X(Konsentrasi)	Y(Absorbansi)
0.000	0.000
0.050	0.062
0.100	0.120
0.250	0.220
0.500	0.430
1.000	1.000



LAMPIRAN 6
ANALYTICAL QUALITY CONTROL (AQC)

Tujuan dari AQC ini adalah untuk menjamin ketepatan (**presisi**) serta ketelitian (**akurasi**) data dari hasil pengukuran yang diperoleh. Presisi dan akurasi inilah yang akan mempengaruhi kualitas data dari suatu penelitian.

Langkah-langkah melakukan AQC adalah :

1. Dibuat larutan standar dengan konsentrasi yang diketahui.
2. Dilakukan analisis terhadap larutan standar minimal sebanyak 30 kali.
3. Hasil analisis diplotkan pada diagram kontrol.
4. Setiap kali analisis, dilakukan cek terhadap larutan standar tersebut. Bila larutan standar berada pada $x \pm 2 \sigma$ dapatlah dilakukan analisis terhadap sampel.

A. AQC AMONIUM.

Tabel 6.1

Pengukuran ke	Absorbansi	mg/L	Pengukuran ke	Absorbansi	mg/L
1	0,47	2,483	16	0,49	2,589
2	0,49	2,589	17	0,50	2,643
3	0,49	2,589	18	0,49	2,589
4	0,49	2,589	19	0,49	2,589
5	0,49	2,589	20	0,47	2,483
6	0,49	2,589	21	0,47	2,483
7	0,49	2,589	22	0,49	2,589
8	0,47	2,483	23	0,49	2,589
9	0,47	2,483	24	0,49	2,589
10	0,49	2,589	25	0,50	2,643
11	0,50	2,643	26	0,47	2,483
12	0,49	2,589	27	0,47	2,483
13	0,49	2,589	28	0,47	2,483
14	0,47	2,483	29	0,49	2,589
15	0,45	2,377	30	0,49	2,589

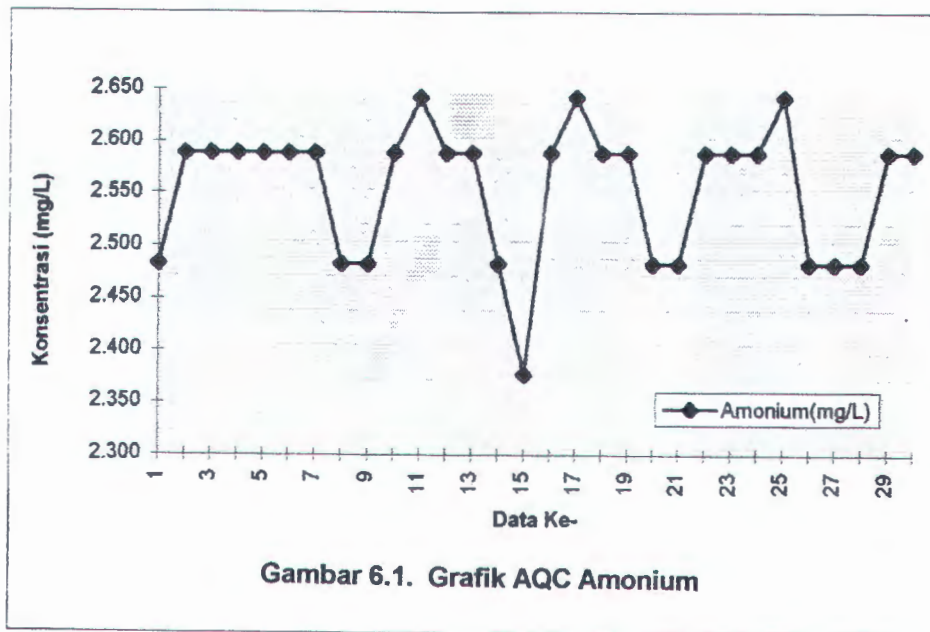
Konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg/L) = 2,50

Konsentrasi rata-rata (X) = 2,5556

Standar deviasi (σ) = 0,0636

$X + 2\sigma$ = 2,6828

$X - 2\sigma$ = 2,4284



Gambar 6.1. Grafik AQC Amonium

B. AQC NITRAT.

Tabel 6.2.

Pengukuran ke	Absorbansi	mg/L	Pengukuran ke	Absorbansi	mg/L
1	0,156	5,014	16	0,160	5,146
2	0,156	5,014	17	0,150	4,816
3	0,150	4,816	18	0,150	4,816
4	0,150	4,816	19	0,150	4,816
5	0,150	4,816	20	0,160	5,146
6	0,150	4,816	21	0,150	4,816
7	0,156	5,014	22	0,156	5,014
8	0,156	5,014	23	0,156	5,014
9	0,156	5,014	24	0,156	5,014
10	0,160	5,146	25	0,156	5,014
11	0,150	4,816	26	0,160	5,146
12	0,154	4,941	27	0,156	5,014
13	0,154	4,941	28	0,156	5,014
14	0,154	4,941	29	0,150	4,816
15	0,154	4,941	30	0,154	4,941

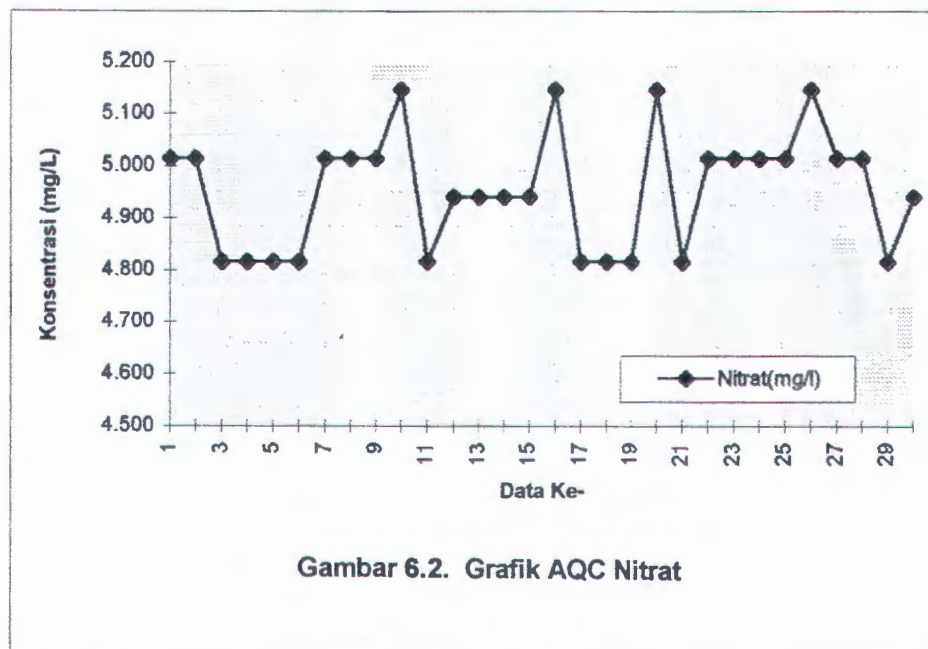
Konsentrasi $\text{NO}_3^- \text{-N}$ (mg/L) = 5,00

Konsentrasi rata-rata (\bar{X}) = 4,9534

Standar deviasi (σ) = 0,1123

$\bar{X} + 2\sigma$ = 5,1780

$\bar{X} - 2\sigma$ = 4,7288



Gambar 6.2. Grafik AQC Nitrat

C. AQC NITRIT.

Tabel 6.3.

Pengukuran ke	Absorbansi	mg/L	Pengukuran ke	Absorbansi	mg/L
1	0,045	0,050	16	0,041	0,045
2	0,043	0,047	17	0,045	0,050
3	0,043	0,047	18	0,045	0,050
4	0,045	0,050	19	0,045	0,050
5	0,045	0,050	20	0,045	0,050
6	0,045	0,050	21	0,041	0,052
7	0,047	0,052	22	0,045	0,050
8	0,043	0,047	23	0,045	0,050
9	0,045	0,050	24	0,045	0,050
10	0,045	0,050	25	0,043	0,047
11	0,045	0,050	26	0,047	0,052
12	0,045	0,050	27	0,045	0,050
13	0,047	0,052	28	0,045	0,050
14	0,045	0,050	29	0,045	0,050
15	0,043	0,047	30	0,045	0,050

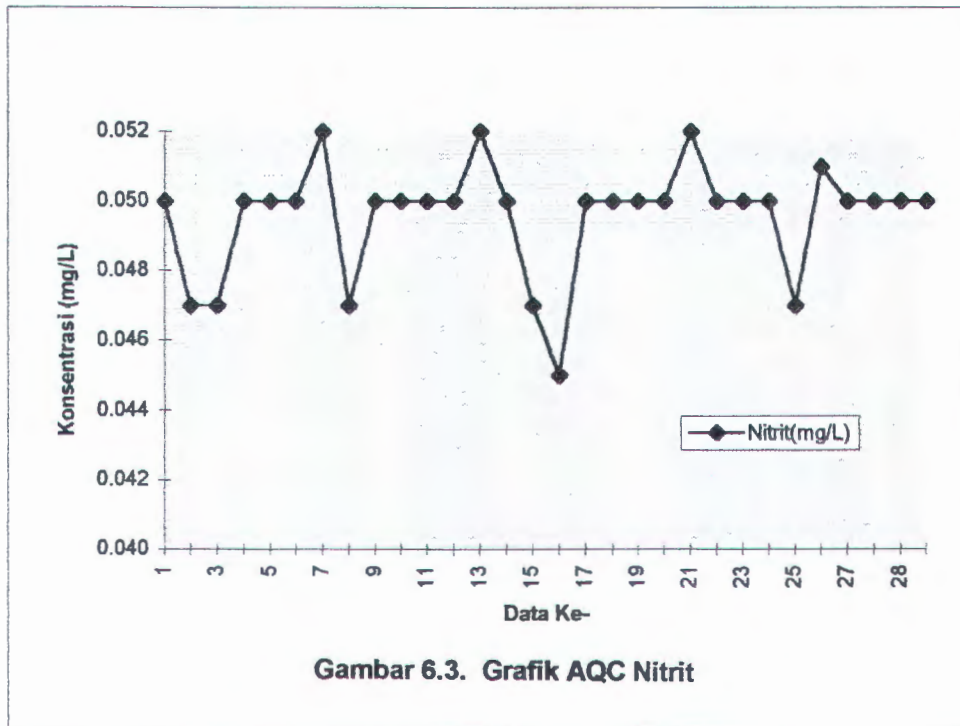
$$\text{Konsentrasi NO}_2^- \text{-N(mg/L)} = 0,050$$

$$\text{Konsentrasi rata-rata (X)} = 0,0496$$

$$\text{Standar deviasi } (\sigma) = 0,0016$$

$$X + 2\sigma = 0,0528$$

$$X - 2\sigma = 0,0464$$



Gambar 6.3. Grafik AQC Nitrit

LAMPIRAN 7
HASIL PENELITIAN

Tabel 7.1 Data

Td (hari)	Q (ml/menit)	HL (m ³ /m ² hari)	TTK. SMP.	PJG.KE (cm)	pH	T (°C)	DO (mg/L)	Salinitas (‰)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)
1	14,9	1,8	1	INF.	7,14	27,5	6,192	10	2,883	0,178	7,791
			2	50					1,418	0,049	10,436
			3	100					1,311	0,035	13,081
			4	150					0,885	0,028	11,593
			5	200			6,364		0,885	0,022	11,759
			6	250					0,885	0,017	11,759
			7	300					0,752	0,014	11,924
			8	350					0,326	0,011	12,089
			9	EFF.	7,23	27,3	6,192	10	0,067	0,009	12,089
1	14,9	1,8	1	INF.	7,16	27,0	6,364	10	2,883	0,162	6,799
			2	50					1,365	0,045	13,081
			3	100					1,152	0,034	10,767
			4	150					0,939	0,022	11,759
			5	200			6,536		0,779	0,018	13,081
			6	250					0,486	0,014	13,081

Tabel 7.2. Data

Td (hari)	Q (ml/menit)	HL (m ³ /m ² /hari)	TTK. SMP	PJG KE (cm)	pH	T (°C)	DO (mg/L)	Salinitas (‰)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	
1,5	9,97	1,21	1	INF.	7,92	27,0	6,536	9	2,989	0,028	7,130	
			2	50					1,498	0,038	11,097	
			3	100						1,045	0,050	13,081
			4	150						0,885	0,018	13,081
			5	200				6,02		0,726	0,013	14,734
			6	250						0,353	0,022	16,387
			7	300						0,326	0,009	15,395
			8	350						0,087	0,009	16,387
			9	EFF.			8,14	27,0	5,676	10	0,000	0,009
1,5	9,97	1,21	1	INF.	8,00	26,0	5,848	9	2,989	0,034	7,130	
			2	50					1,418	0,014	9,775	
			3	100						0,939	0,034	12,419
			4	150						0,939	0,024	14,734
			5	200				6,02		0,672	0,014	15,065
			6	250						0,672	0,005	15,065
			7	300						0,353	0,005	15,726
			8	350						0,087	0,000	16,387
			9	EFF.			8,34	27,0	5,676	10	0,000	0,000

1,5	9,97	1,21	1	INF.	7,66	27,0	6,02	10	3,016	0,028	7,130
			2	50					0,885	0,024	11,428
			3	100					1,908	0,014	13,081
			4	150					0,939	0,010	12,750
			5	200			5,848		0,726	0,010	15,065
			6	250					0,353	0,005	15,065
			7	300					0,353	0,004	15,726
			8	350					0,353	0,004	15,726
			9	EFF.	8,2	27,5	5,504	10	0,007	0,009	16,387
1,5	9,97	1,21	1	INF.	7,94	27,0	5,848	9	2,989	0,044	7,130
			2	50					1,525	0,015	11,097
			3	100					0,965	0,014	12,750
			4	150					0,939	0,014	12,750
			5	200			6,02		0,726	0,014	14,734
			6	250					0,353	0,042	14,734
			7	300					0,299	0,024	15,726
			8	350					0,076	0,009	14,734
			9	EFF.	8,22	27,3	5,676	10	0,000	0,004	16,056

Tabel 7.3 Data

Td (hari)	Q (ml/menst)	HL (m ³ /m ² hari)	JTK. SMP	PIJ KE (cm)	pH	T (°C)	DO (mg/L)	Salinitas (‰)	NH ₄ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	
2	7,48	0,91	1	INF.	7,02	25,3	6,536	10	4,719	0,034	8,122	
			2	50					3,442	0,024	12,419	
			3	100						2,377	0,034	16,056
			4	150						2,270	0,022	16,718
			5	200		6,364				2,110	0,016	17,579
			6	250						1,525	0,014	19,363
			7	300						0,939	0,014	21,346
			8	350						0,779	0,009	22,007
			9	EFF.			7,11	25,5	6,02	10	0,459	0,009
2	7,48	0,91	1	INF.	7,66	25,5	6,364	10	4,773	0,034	8,122	
			2	50					3,708	0,014	13,081	
			3	100						2,377	0,024	15,065
			4	150						2,643	0,019	16,387
			5	200		6,364				2,057	0,016	17,397
			6	250						2,057	0,014	19,693
			7	300						0,912	0,014	21,512
			8	350						0,779	0,012	22,007
			9	EFF.			7,74	26	6,192	10	0,406	0,009

2	7,48	0,91	1	INF.	7,6	26	6,364	9	4,713	0,034	8,122
			2	50					3,708	0,024	12,419
			3	100					2,377	0,039	16,387
			4	150					2,643	0,024	17,048
			5	200			6,192		2,057	0,019	19,693
			6	250					2,057	0,014	19,693
			7	300					0,912	0,014	21,016
			8	350					0,779	0,009	22,338
			9	EFF.	7,72	26	6,192	9	0,406	0,009	23,329
2	7,48	0,91	1	INF.	7,82	26	6,364	9	4,787	0,034	8,122
			2	50					3,175	0,024	12,419
			3	100					2,110	0,034	16,387
			4	150					2,377	0,019	16,718
			5	200			6,02		2,110	0,016	17,709
			6	250					1,525	0,014	16,387
			7	300					0,939	0,012	21,667
			8	350					0,619	0,012	21,667
			9	EFF.	7,94	26,5	5,848	10	0,406	0,009	22,999

Tabel 7.4. Data

Td (hari)	Q (ml/menit)	HL (m ³ /m ² hari)	TTK. SMP	PJGKE (cm)	pH	T (°C)	DO (mg/L)	Salinitas (‰)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	
2,5	5,97	0,72	1	INF.	7,59	26	6,364	9	4,986	0,024	8,453	
			2	50					3,600	0,019	13,081	
			3	100						3,068	0,029	16,718
			4	150						2,164	0,014	17,709
			5	200		6,192				1,844	0,009	19,693
			6	250						1,525	0,014	20,345
			7	300						1,258	0,009	21,677
			8	350						0,513	0,009	24,652
			9	EFF.		7,63	26	6,02			0,246	0,005
2,5	5,97	0,72	1	INF.	7,06	26	6,364	10	4,986	0,024	8,453	
			2	50					3,384	0,021	12,750	
			3	100						2,377	0,016	17,048
			4	150						1,045	0,022	17,048
			5	200		6,192				1,471	0,014	19,693
			6	250						1,418	0,014	20,019
			7	300						0,939	0,009	21,011
			8	350						0,566	0,009	23,826
			9	EFF.		7,08	26	5,504			0,033	0,009

LAMPIRAN 8
NILAI OKSIGEN TERLARUT JENUH

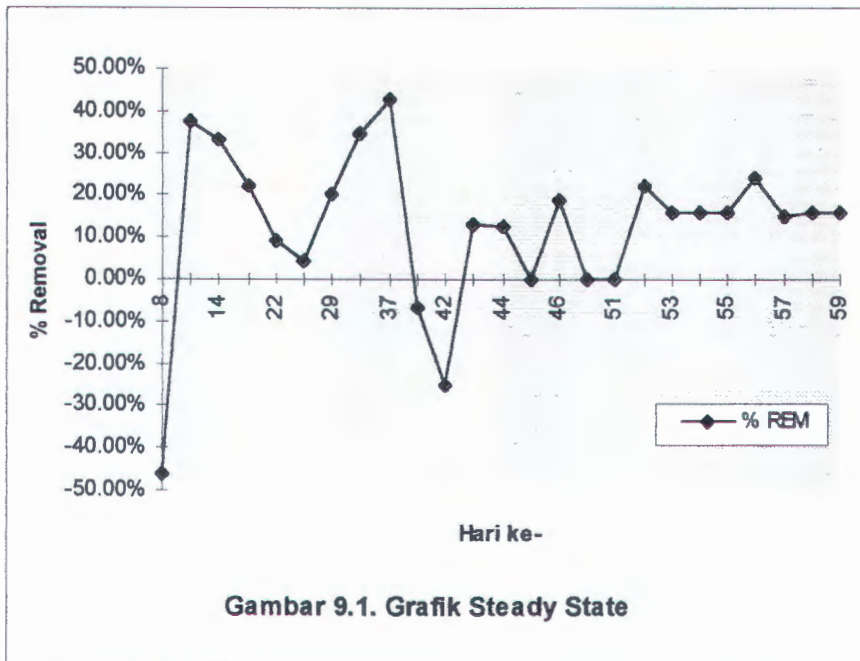
Tabel Nilai Oksigen Terlarut Jenuh pada Air Tawar dan Air Salin (tekanan 760 mmHg)

T (°C)	Oksigen Terlarut (mg/L) untuk Berbagai Konsentrasi Cl ⁻ (mg/L)				
	0	5.000	10.000	15.000	20.000
0	14,62	13,79	12,97	12,14	11,32
1	14,23	13,41	12,61	11,82	11,03
2	13,84	13,05	12,28	11,52	10,76
3	13,48	12,72	11,98	11,24	10,50
4	13,13	12,41	11,69	10,97	10,25
5	12,80	12,09	11,39	10,70	10,01
6	12,48	11,79	11,12	10,45	9,78
7	12,17	11,51	10,85	10,21	9,57
8	11,87	11,24	10,61	9,98	9,36
9	11,59	10,97	10,36	9,76	9,17
10	11,33	10,73	10,13	9,55	8,98
11	11,08	10,49	9,92	9,35	8,80
12	10,83	10,28	9,72	9,17	8,62
13	10,60	10,05	9,52	8,98	8,46
14	10,37	9,85	9,32	8,80	8,30
15	10,15	9,65	9,14	8,63	8,14
16	9,95	9,46	8,96	8,47	7,99
17	9,74	9,26	8,78	8,30	7,84
18	9,54	9,07	8,62	8,15	7,70
19	9,35	8,89	8,45	8,00	7,56
20	9,17	8,73	8,30	7,86	7,42
21	8,99	8,57	8,14	7,71	7,28
22	8,83	8,42	7,99	7,57	7,14
23	8,68	8,27	7,85	7,43	7,00
24	8,53	8,12	7,71	7,30	6,87
25	8,38	7,96	7,56	7,15	6,74
26	8,22	7,81	7,42	7,02	6,61
27	8,07	7,67	7,28	6,88	6,49
28	7,92	7,53	7,14	6,75	6,37
29	7,77	7,39	7,00	6,62	6,25
30	7,63	7,25	6,86	6,49	6,13

Sumber : Reynolds, 1982.

LAMPIRAN 9 KONDISI STEADY STATE

Pada lampiran ini ditunjukkan gambar mengenai kondisi steady state.



LAMPIRAN 10
FOTO

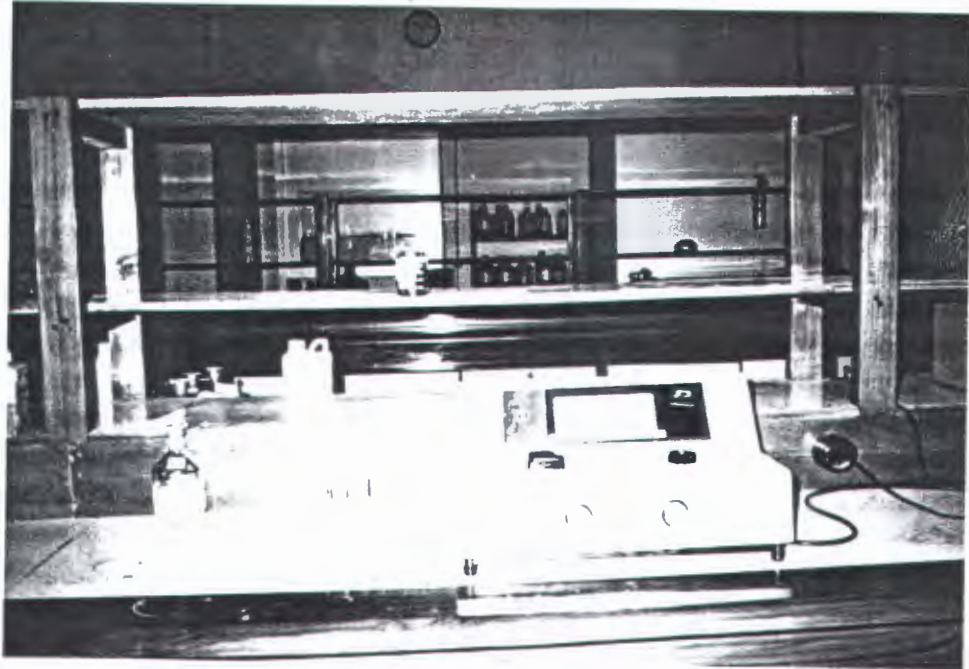


Foto 1. Spektrofotometer

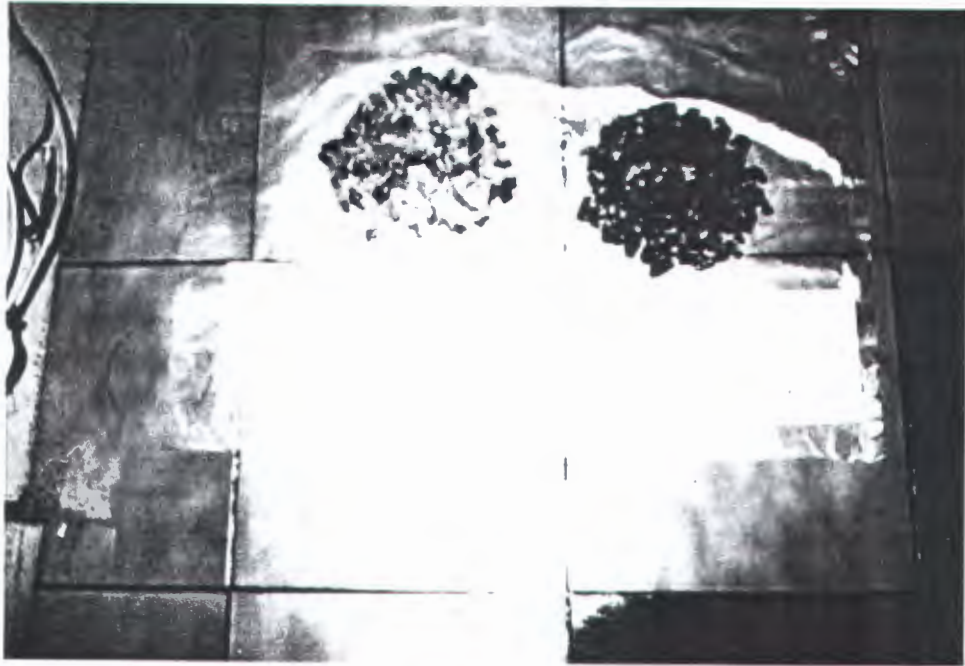


Foto 2. Batu Pecah



Foto 3. Reaktor Roughing Biofilter Horizontal



Foto 4. Bak Influen, Bak Overflow, dan Bak Penampung Overflow

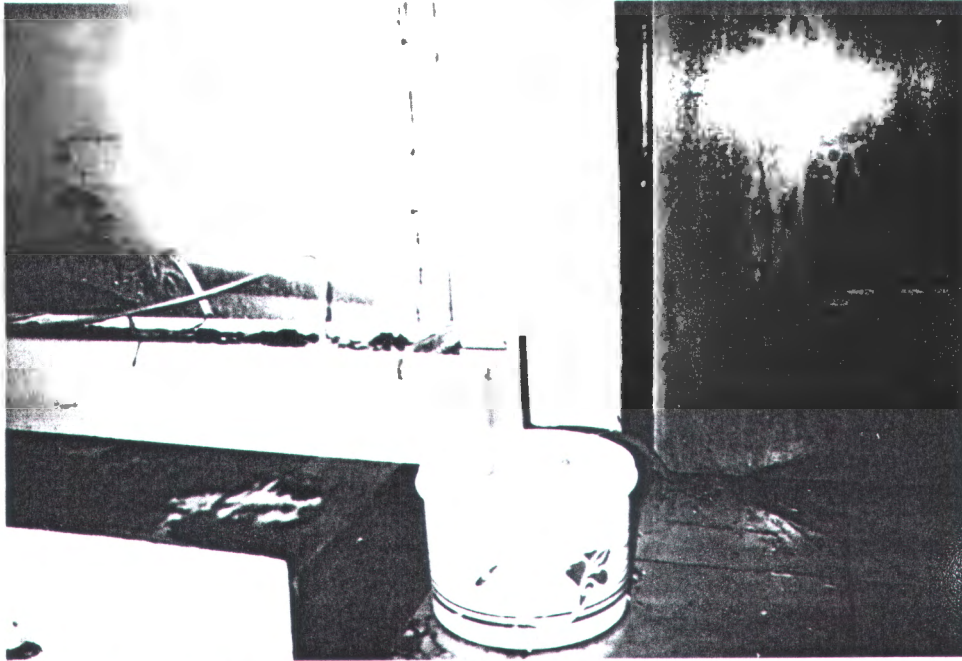


Foto 5. Weir pada Effluen dan Bak Penampung Effluen

FORMULIR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / Nrp.

Harmin / 2394.100026

Bidang Studi

Judul Tugas Akhir

Studi penduan Nitrogen
Ammonium

Yang perlu diperbaiki :

- nomor tabel, gbr di pembahasan dilengkapi
- kesimpulan → perlu diperjelas dg angka / nilai yg diperoleh
- Ruang lingkup perlu diperjelas
- Pd. pembahasan perlu menambahkan batasan angka yg ditulis
- Pd. Kesimpulan perlu dipertajam

Surabaya, 29-01-1999

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing,

Team Penguji :

1. Ir. Niska K. M... MK
2. Ir. Susi A... RT
3.
4.
5.

FORMULIR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / Nrp. : Harwin I / 3549.LB.026
Bidang Studi :
Judul Tugas Akhir : Pengukuran Nitrogen Ammonium
di RBF

Yang perlu diperbaiki :

- kesimpulan diperbaiki redaksinya
- Ulasan DO tolong dipertajam
- Ting. Pust → betan hidrogen? hub. ny. Bar IV (IV-1)
- Abstrak Uls. dijabarkan w/ td nya. sly. dr. hub. ny. % remove
- P.A.B. 3

- Tambahkan lutng dimensi untuk
buaya tambak

Surabaya ,

Mengetahui / Menyetujui :
Dosen Pembimbing ,

Team Penguji :

1. I.R. Han'wko I, MEng
2. U.R. Nistek, MSc
3. U.R. ATISK M, Mkes
- 4.
- 5.