

## PENGARUH RASIO COD/NO<sub>3</sub> PADA PARAMETER BOKINETIKA PROSES DENITRIFIKASI LIMBAH CAIR INDUSTRI PERIKANAN DENGAN LUMPUR AKTIF

Influence of COD/NO<sub>3</sub> Ratio Toward Denitrification Biokinetic Parameter of Fishery Industries Liquid Waste Using Activated Sludge

BUSTAMI IBRAHIM, ANNA C. ERUNGAN, NONI DWI SARI

### Abstract

Indonesia's Fishery Industries has been developed very rapidly. This can cause negative effect such as increase in wastewater that involved highly organic substrates that will danger the environment. This effluent must be treated before flow it to environment and usually treated by biological wastewater treatment through nitrification and denitrification process simultaneously using activated sludge. This study doing denitrification process using activated sludge with KNO<sub>3</sub> added, the treatment using different COD/NO<sub>3</sub> ratios which are 3,04, 4,24 and 6,8, and monitoring do in *Hydraulic Retention Time* (HRT) 4,5; 3,5; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0; 0,75; 0,5 and 0,25 day. Results shows for increasing MLVSS, Efficiency decreasingly COD, Efficiency decreasingly NO<sub>3</sub> and denitrification rate for ratio COD/NO<sub>3</sub> 3,04 are 52,02%, 32,25%, 16,25% and 0,000759 mgNO<sub>3</sub>/mgVSS.day and for ratio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 are 30,6%, 24,46%, 41,80% and 0,001 mgNO<sub>3</sub>/mgVSS.day also for ratio COD/NO<sub>3</sub> 6,8 are 44,7%, 23,88%, 15,95% dan 0,01 mgNO<sub>3</sub>/mgVSS.day. This efficiency result use for determine the biokinetic parameter. Biokinetic parameter such as  $Y$  (yield),  $K_s$  and  $K_{nh}$  (Monod Constant saturatated),  $K_d$  (endogenous decay) also  $\mu_m$  results for rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04 are 0,212mgVSS/mgCOD, 6,76 mg/lCOD, 1,54 mg/lNO<sub>3</sub>, 0,105 day<sup>-1</sup>, dan 0,29 day<sup>-1</sup> for rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 are 0,267mgVSS/mgCOD, 16,77 mg/lCOD, 1,44 mg/lNO<sub>3</sub>, 0,024 day<sup>-1</sup>, dan 0,95 day<sup>-1</sup> also for rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8 have results 0,2495mgVSS/mgCOD, 24,37 mg/lCOD, 1,58 mg/lNO<sub>3</sub>, 0,177 day<sup>-1</sup>, dan 0,89 day<sup>-1</sup>. This biokinetic parameter can be used to improved the wastewater treatment plant.

*Keywords: Denitrification, Activated Sludge, biokinetic parameter*

### PENDAHULUAN

Industri perikanan di Indonesia semakin berkembang yang mengkonsumsi air lebih dari 20 m<sup>3</sup>/ton produk yang berasal dari proses, pencucian bahan dan pembersihan peralatan untuk memperoleh tingkat sanitasi dan higienis yang tinggi dalam rangka menghasilkan produk ekspor yang bermutu. Limbah cair dari proses produksi memiliki karakteristik tertentu tergantung jenis kandungan nutrisi, bahan baku dan teknologi yang digunakan. Limbah cair perikanan banyak mengandung nutrisi organik yang biasanya berupa nitrogen. Kandungan organik ini dapat menurunkan *oxygen demand* pada air penerima, merangsang terjadinya eutrofikasi, memunculkan toksisitas terhadap kehidupan air, bahaya bagi kesehatan masyarakat, dan menurunkan nilai kelayakan kemanfaatan air. Umumnya pengolahan limbah cair untuk penyisihan nitrogen yang efektif dilakukan secara biologis melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi menggunakan lumpur aktif.

Proses denitrifikasi merupakan kunci keberhasilan penyisihan nitrogen dengan mengkonversi nitrogen dalam senyawa nitrat menjadi bentuk gas nitrogen bebas.

Menurut Metcalf dan Eddy (1991) hampir semua jenis limbah cair dapat ditangani secara biologis dengan pengendalian lingkungan yang sesuai. Untuk menghasilkan effluen yang aman bagi lingkungan diperlukan perancangan proses bioreaktor yang tepat. Oleh sebab itu, perlu diketahui dahulu nilai parameter kinetika karena nilai parameter kinetika berlaku spesifik bagi suatu proses yang diterapkan dan limbah cair yang digunakan. Penerapan penanganan limbah secara biologis dengan menggunakan lumpur aktif dan proses denitrifikasi dicoba diterapkan pada limbah cair industri

perikanan yang hasilnya diharapkan dapat digunakan untuk menentukan parameter kinetikanya.

### METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biokimia Hasil Perikanan Departemen Teknologi Hasil Perairan, Laboratorium Lingkungan Departemen Budidaya Perikanan dan Laboratorium Limnologi Departemen Manajemen Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

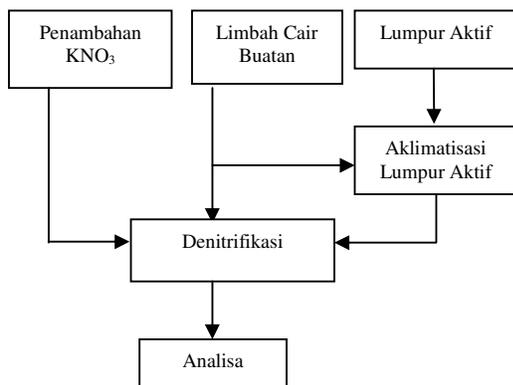
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor *batch*, aerator, motor listrik, pengaduk dan alat-alat untuk pengujian analisa COD, pH, Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), Amoniak dan Nitrat serta MLVSS (*Mixed Liquor Volatile Suspended solid*).

Bahan yang digunakan yaitu limbah cair buatan, KNO<sub>3</sub>, lumpur aktif, dan bahan-bahan kimia untuk pengujian analisa COD, pH, TKN, amoniak (NH<sub>3</sub>-N) dan Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) serta MLVSS.

Proses penelitian dilakukan dua tahap yakni pendahuluan dan penelitian utama. Pada penelitian pendahuluan dilakukan proses : pembuatan limbah cair dengan menggunakan limbah padat pengolahan ikan (isi perut, kulit dan insang). Hal ini dilakukan untuk menjaga konsistensi karakteristik limbah cair yang digunakan untuk percobaan. Tahap pembuatan limbah cair dilakukan menurut Fauzie *et al* (2003) yakni limbah cair buatan ini dibuat dengan memanfaatkan limbah potongan-potongan daging dan kulit ikan yang diperoleh dari proses pemotongan fillet ikan. Kemudian potongan-potongan daging tersebut dicincang, dan selanjutnya direbus pada air mendidih selama 10 menit dengan perbandingan berat ikan (kg) dan volume air (liter) adalah 1 : 5. Setelah itu air rebusan disaring untuk memisahkannya dari padatan dan

sisanya untuk digunakan setelah didinginkan, dengan perbandingan ini maka komposisi yang diperoleh mendekati karakteristik limbah cair pengolahan ikan. Selain itu juga dilakukan proses aklimatisasi yang dilakukan terhadap lumpur aktif yang diambil dari unit pengolahan limbah PT Unitex, Bogor. Hal ini dilakukan agar mikroorganisme yang ada didalamnya dapat beradaptasi dengan substrat limbah cair yang digunakan di laboratorium. Aklimatisasi lumpur aktif dilakukan dalam reaktor aerobik dengan cara memberikan aerasi, setelah lumpur diberikan limbah cair yang akan digunakan. Proses dilakukan pada suhu ruang (29-31<sup>0</sup> C), dan pada kisaran pH 6,6-7,6. Pertumbuhan bakteri ditandai dengan perubahan warna suspensi coklat kehitaman menjadi coklat dan terjadi peningkatan MLVSS dan MLSS.

Penelitian utama dilakukan tahap-tahap, seperti berikut :



**Penambahan KNO<sub>3</sub>.** Penambahan KNO<sub>3</sub> dilakukan dengan berdasarkan pada rasio COD/NO<sub>3</sub> dimana pada penelitian ini rasio COD/NO<sub>3</sub> diadaptasi berdasarkan Wisnuprpto *et al*(1984) yang dibagi menjadi 3 bagian; 6,08 dan 4,24 serta 3,04. Nilai COD influen digunakan sebagai nilai COD untuk menentukan rasio diatas, kemudian KNO<sub>3</sub> ditambahkan kedalam reaktor sesuai dengan rasio yang telah ditentukan. Analisa dilakukan sesuai dengan perlakuan *Hydraulic Retention Time* (HRT).

**Proses Denitrifikasi.** Proses denitrifikasi dilakukan pada kondisi anoksik. Kondisi anoksik dicapai dengan cara membuat reaktor tertutup yang dilengkapi dengan sistem pengaduk berkecepatan rendah untuk mencegah terjadinya transfer molekul udara ke dalam cairan suspensi dan menjaga penyebaran suspensi lebih merata. Parameter penentu kondisi anoksik adalah kadar oksigen terlarut (DO) yang harus dijaga kurang dari 0.2 mg/l. Pada proses ini diberi perlakuan *Hydraulic Retention Time* (HRT), yaitu 4,5 ; 3,5; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0; 0,75; 0,5 dan 0,25 hari

Penentuan parameter kinetik dilakukan dengan cara; hasil analisa yang telah didapatkan selanjutnya digunakan untuk menentukan parameter kinetik dari hasil proses denitrifikasi, parameter yang digunakan yaitu COD, MLVSS dan NO<sub>3</sub>

Data yang diperoleh dari hasil analisa selanjutnya diolah untuk menentukan parameter kinetika nilai Y, μ<sub>m</sub>, K<sub>s</sub>, K<sub>d</sub> dan k yakni :

- Nilai K<sub>s</sub> dan k

Nilai k dan K<sub>s</sub> dapat dianalisa dengan menggunakan persamaan :

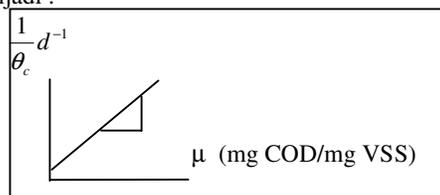
$$\frac{X\theta}{S_0 - S} = \frac{K_s}{k} \frac{1}{S} + \frac{1}{k}$$

Plotkan nilai (Xθ/S<sub>0</sub> - S) terhadap (1/S) dan buat garis regresinya nilai intercept merupakan 1/k dan nilai slope merupakan nilai K<sub>s</sub>/k. nilai K<sub>s</sub> dan k pada penelitian ini ditentukan dengan menggunakan substrat COD dan NO<sub>3</sub>.

- Nilai Y dan K<sub>d</sub>  
Nilai Y dan K<sub>d</sub> dapat dianalisa dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \frac{S_0 - S}{X\theta} - K_d$$

Pada penelitian ini menggunakan metode *batch* tanpa sirkulasi sehingga plot data merupakan modifikasi menurut Pala (2004) dan Wisnuprpto (1984), plot data menjadi :



Plotkan nilai (1/θ<sub>c</sub>) terhadap (μ) dan buat garis regresinya nilai intercept merupakan K<sub>d</sub> dan slope merupakan nilai Y

- Nilai μ<sub>m</sub>  
Nilai μ<sub>m</sub> dapat dianalisa dengan menggunakan persamaan :

$$\mu_m = kY$$

- Laju denitrifikasi  
Laju denitrifikasi dapat diketahui dengan menggunakan parameter substrat nitrat yang tereduksi selama HRT diterapkan dan nilai peningkatan MLVSS, atau dengan menggunakan rumus (Pala, 2004):

$$q_{dn} = \frac{S_0 - S}{X\theta}$$

Keterangan :

- K<sub>s</sub> : Konsentrasi substrat pada separuh nilai laju pertumbuhan maksimum, massa/unit volume
- k : Konstanta laju reaksi atau laju maksimum penggunaan substrat per unit massa organisme
- X : Konsentrasi Biomassa, mg/l
- θ : Waktu tinggal, d<sup>1</sup>
- S<sub>0</sub> : Konsentrasi substrat influen, mg/l
- S : Konsentrasi substrat, mg/l
- Y : Kofisien Yield
- K<sub>d</sub> : Koefisien perombakan endogenous, d<sup>1</sup>
- θ<sub>c</sub> : Waktu Tinggal, d<sup>1</sup>

$\mu_m$  : Laju maksimum penggunaan substrat, mg/l

karakteristik yang lebih stabil dan mudah dikendalikan, nisbah yang diperoleh lebih terantau sehingga untuk dilakukan pengolahan limbah cair skala laboratorium akan lebih seragam.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

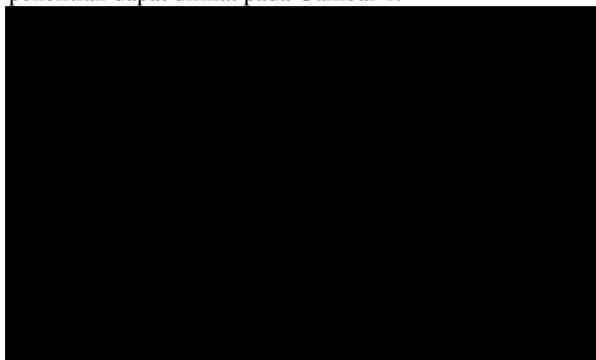
**Karakteristik Limbah Cair.** Limbah cair buatan digunakan sebagai influen dalam sistem karena memiliki

**Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Buatan**

Karakteristik	Satuan	Baku Mutu Limbah Cair Industri	Karakteristik	Satuan	Baku Mutu Limbah Cair Industri
Warna	Coklat Keruh	-	COD	1382,4 mg/l	100-300 mg/l
DO	0,86	-	TSS	1836 mg/l	200-400 mg/l
pH	6,95	6 - 9	Amoniak	206 mg/l	1-5 mg/l
Kekeruhan	540	-	NO <sub>3</sub>	TD	20-30 mg/l
BOD	467 mg/l	50-150 mg/l	TKN	218 mg/l	-

Dari hasil pengamatan karakteristik limbah cair buatan diketahui bahwa nisbah COD/TKN sebesar 6,34, menurut Sendic (1995) pada limbah industri pemotongan hewan nilai COD/N sebesar 25-40 sedangkan limbah cair industri perikanan memiliki nilai nisbah COD/TKN berkisar 1,1-11,3.

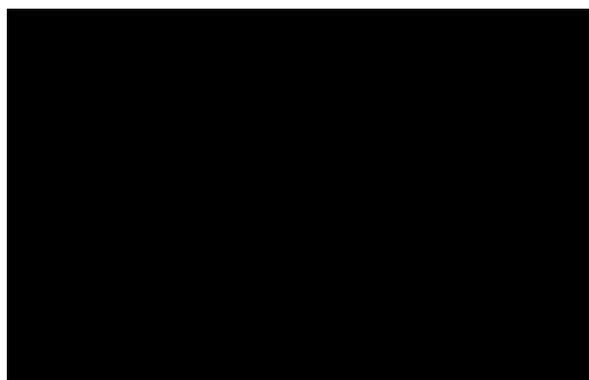
**Peningkatan MLVSS.** Pertumbuhan MLVSS selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Nilai MLVSS pada ketiga Rasio**

Pada umumnya ketiga rasio memperlihatkan trend yang naik yang mengindikasikan meningkatnya populasi mikroorganisme namun peningkatan MLVSS tidak terlalu tinggi hal ini dapat memperlihatkan bahwa komponen organik yang terdapat dalam limbah tidak didegradasi dengan baik.

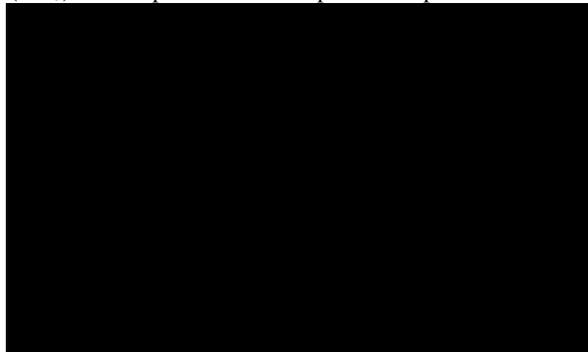
**Effisiensi Penurunan COD.** Sejalan dengan pertumbuhan MLVSS, COD yang terkandung dalam limbah cair industri perikanan selama percobaan mengalami penurunan. Tingkat efisiensi penurunan COD dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Efisiensi Penurunan COD**

Pada gambar 2 terlihat adanya peningkatan efisiensi penurunan COD pada ketiga rasio dan diakhir pengamatan pada HRT 4,5 hari, nilai efisiensi yang dapat dicapai pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04 sebesar 32,25% dan pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 sebesar 24,46% serta pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8 sebesar 23,88%. dari hasil diatas terlihat efisiensi penurunan COD kecil (<50%) hal ini menunjukkan tingkat degradasi yang rendah yang sejalan dengan peningkatan nilai MLVSS yang tidak terlalu tinggi.

**Effisiensi Penurunan NO<sub>3</sub>.** Efisiensi penurunan nitrat (NO<sub>3</sub>) selama percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 3.



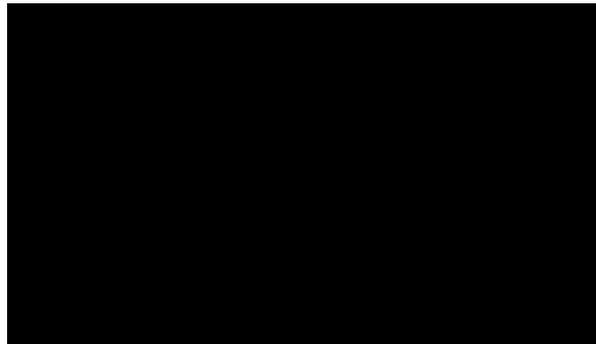
**Gambar 3. Efisiensi Penurunan NO<sub>3</sub>**

Dari hasil pengamatan terlihat efisiensi penurunan nitrat semakin tinggi dengan bertambahnya HRT dan pada akhir pengamatan yakni pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04 sebesar 46,25% dan pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 sebesar 41,80% sedangkan pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8 sebesar 45,95%. Hal

ini terlihat bahwa nilai efisiensi penurunan nitrat tertinggi pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04 namun efisiensi penurunan nitrat tidak terlalu tinggi sebanding dengan nilai efisiensi penurunan COD hal ini dapat disebabkan mikroorganisme tidak menggunakan NO<sub>3</sub> sebagai substrat dengan optimal.

**Laju Denitrifikasi**

Proses penurunan NO<sub>3</sub> merupakan gambaran adanya proses denitrifikasi dalam system lumpur aktif. Proses penurunan NO<sub>3</sub> selama percobaan dapat dilihat pada Gambar 4.

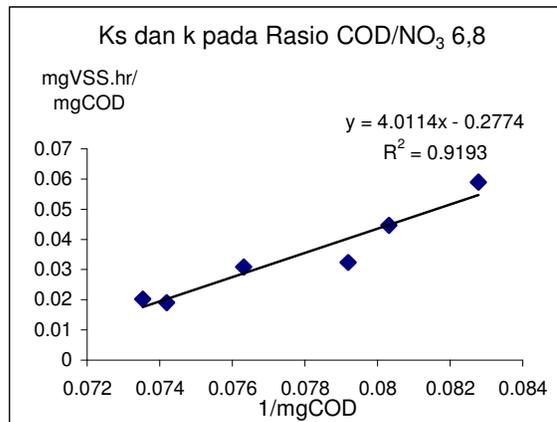
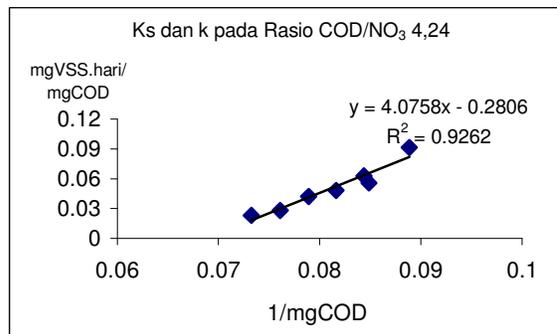
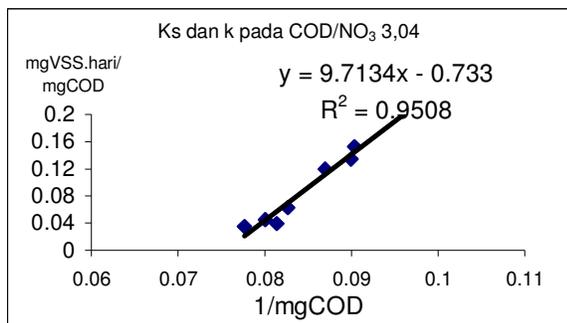


Gambar 4. Laju denitrifikasi

Proses denitrifikasi pada Gambar 4 memperlihatkan penurunan yang tajam sampai hari pertama. Selanjutnya proses penurunan denitrifikasi dengan laju penurunan yang relative konstan.

**Parameter Kinetik.** Hasil dari penentuan parameter-parameter tersebut kemudian digunakan untuk menentukan parameter kinetika dari proses denitrifikasi yang dilakukan.

**Penentuan parameter K<sub>s</sub> dan K<sub>nh</sub>.** K<sub>s</sub> merupakan besarnya konsentrasi substrat COD pada saat laju pertumbuhan spesifik sama dengan separuh laju pertumbuhan maksimum sedangkan K<sub>nh</sub> menggunakan substrat nitrat (Barnes, 1983). Menurut Grady dan Lim (1980) dalam Sulinda (2004) menyatakan bahwa variabel K<sub>s</sub> menunjukkan kepekaan konsentrasi substrat yang peka terhadap pertumbuhan biomassa.



Gambar 5. Grafik Penentuan K<sub>s</sub>

Tabel 2. Rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04

Slope (K <sub>s</sub> /k)	9,7134 mg sel.hari/l
K <sub>s</sub>	6,76 mg/l COD
Intercept (1/k)	0,733 mg sel.hari/l
k	1,36 mg COD/mg sel.hari

Tabel 3. Rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24

Slope (K <sub>s</sub> /k)	4,075 mg sel.hari/l
K <sub>s</sub>	16,77 mg/l COD
Intercept (1/k)	0,28 mg sel.hari/l
k	3,56 mg COD/mg sel.hari

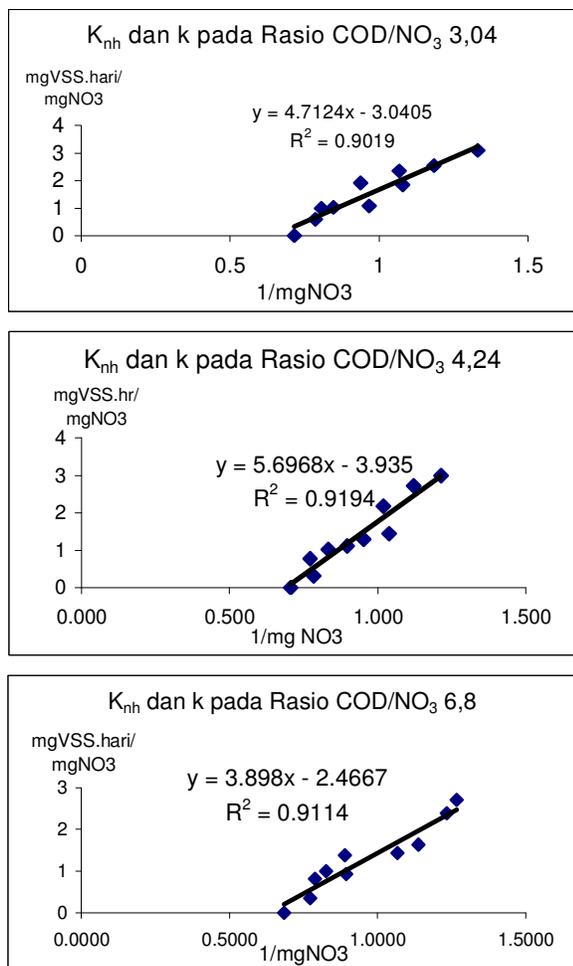
Tabel 4. Rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8

Slope (K <sub>s</sub> /k)	4,01 mg sel.hari/l
K <sub>s</sub>	24,37 mg/l COD
Intercept (1/k)	0,27 mg sel.hari/l
k	3,61 mg COD/mg sel.hari

Hasil pengamatan terhadap substrat COD didapatkan nilai K<sub>s</sub> sebesar 6,76 mg/l COD untuk rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04, 16,77 mg/l COD untuk rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 dan 24,37 mg/l COD untuk rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8. Dari hasil pengamatan terlihat nilai K<sub>s</sub> pada ketiga rasio cenderung meningkat pada rasio yang lebih tinggi hal ini sesuai dengan Wisnuprpto *et al.* (1984) yang menyatakan nilai K<sub>s</sub> meningkat dengan meningkatnya rasio C/Nox, nilai K<sub>s</sub> yang didapatkan memperlihatkan banyaknya substrat COD yang sulit terdegradasi dan dapat pula dipengaruhi oleh karakteristik lumpur yang digunakan. Namun nilai K<sub>s</sub> yang diperoleh masih sesuai dengan kisaran nilai yang telah dilakukan peneliti-peneliti lain yaitu kisaran nilai K<sub>s</sub> untuk proses denitrifikasi dengan metode *batch* yakni 10-20 mg/l COD (Naidoo,1999). Menurut Metcalf dan Eddy (1991) kisaran

nilai K<sub>s</sub> untuk proses lumpur aktif dalam limbah domestik yakni 15-70 mg/l COD.

Sedangkan K<sub>nh</sub> merupakan konstanta paruh dengan menggunakan substrat NO<sub>3</sub>, penentuan parameter ini juga menggunakan metode grafik sama seperti parameter K<sub>s</sub> hanya substrat yang digunakan NO<sub>3</sub> yakni :



Gambar 6. Penentuan Parameter Knh

Tabel 5. Rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04

Slope (K <sub>nh</sub> /k)	4,712 mg sel.hari/l
K <sub>nh</sub>	1,54 mg/l NO <sub>3</sub>
Intercept (1/k)	3,045 mg sel.hari/l
k	0,328 mg NO <sub>3</sub> /mg sel.hari

Tabel 6. Rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24

Slope (K <sub>nh</sub> /k)	5,698 mg sel.hari/l
K <sub>nh</sub>	1,44 mg/l NO <sub>3</sub>
Intercept (1/k)	3,93 mg sel.hari/l
k	0,25 mg NO <sub>3</sub> /mg sel.hari

Tabel 7. Rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8

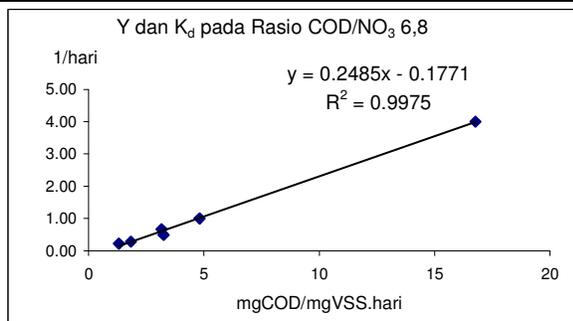
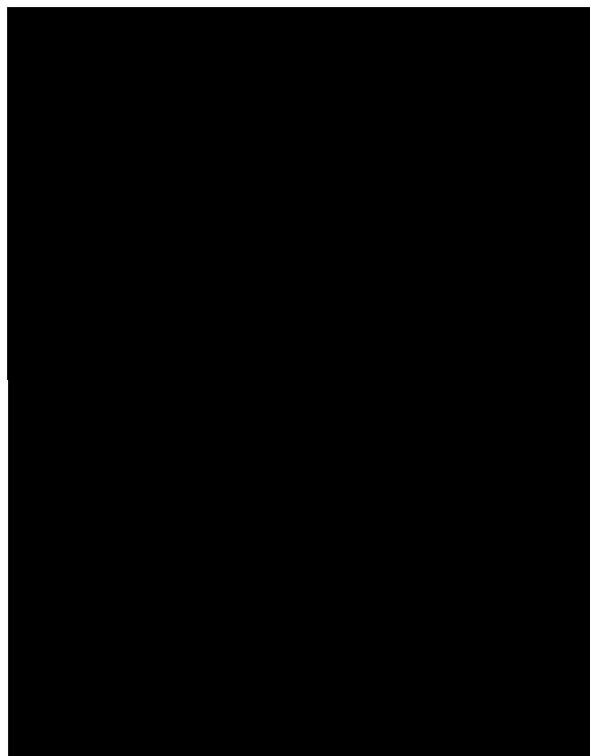
Slope (K <sub>nh</sub> /k)	3,898 mg sel.hari/l
K <sub>nh</sub>	1,58 mg/l NO <sub>3</sub>
Intercept (1/k)	2,46 mg sel.hari/l
k	0,41 mg NO <sub>3</sub> /mg sel.hari

Hasil pengamatan K<sub>nh</sub> pada ketiga rasio didapatkan nilai sebesar 1,54 mgNO<sub>3</sub>/l untuk rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04 dan 1,44 mgNO<sub>3</sub>/l untuk rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 serta 1,58

mgNO<sub>3</sub>/l pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8. Menurut Naidoo (1999) kisaran nilai K<sub>nh</sub> untuk proses denitrifikasi dengan metode *batch* yakni 0,2 – 0,5 mg/l NO<sub>3</sub>. Hasil pengamatan pada ketiga rasio terlihat lebih tinggi dari literatur, menurut Grady dan Lim (1980) Konsentrasi K<sub>nh</sub> diatas rentang menunjukkan kecenderungan yang kurang peka terhadap pertumbuhan biomassa.

**Penentuan parameter Y dan K<sub>d</sub>.** K<sub>d</sub> merupakan suatu koefisien yang mewakili beberapa faktor seperti kematian mikroorganisme, energi yang diperlukan untuk pemeliharaan sel dan respirasi endogenous (Wisnuprpto *et al.*, 1984). Sedangkan nilai Y menunjukkan banyaknya bahan organik yang dikonversi menjadi sel-sel baru, menurut Naidoo (1999) koefisien yield didefinisikan sebagai rasio penggunaan karbon organik untuk sintesis terhadap total organik karbon yang dikonsumsi.

Konstanta K<sub>d</sub> dapat ditentukan dengan menggunakan cara grafik dan dapat ditentukan sekaligus nilai Y. Penentuan nilai Y dan K<sub>d</sub> pada penelitian ini didasarkan hanya pada substrat COD karena pada berbagai penelitian terdapat asumsi pertumbuhan mikroorganisme heterotrop dan akumulasi organisme fosfat digambarkan sebagai produksi biomassa dan bakteri autotrop dapat diabaikan (Ouyang, 1998)



Gambar 7. Penentuan Parameter Y dan Kd

Tabel 8. Rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04

Slope (Y)	0,212 mg MLVSS/mg COD
Intercept (K <sub>d</sub> )	0,105 hari <sup>-1</sup>

Tabel 9. Rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24

Slope (Y)	0,267 mg MLVSS/mg COD
Intercept (K <sub>d</sub> )	0,024 hari <sup>-1</sup>

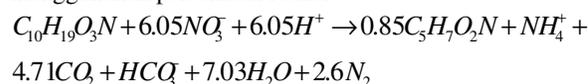
Tabel 10. Rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8

Slope (Y)	0,2495 mg MLVSS/mg COD
Intercept (K <sub>d</sub> )	0,177 hari <sup>-1</sup>

Hasil pengamatan pada substrat COD menunjukkan nilai K<sub>d</sub> pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04 sebesar 0,105 d<sup>-1</sup> dan pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 sebesar 0,024 d<sup>-1</sup> serta pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8 sebesar 0,177 d<sup>-1</sup>. Nilai K<sub>d</sub> pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 terlihat lebih rendah daripada nilai K<sub>d</sub> pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04 dan COD/NO<sub>3</sub> 6,8 hal ini dapat memperlihatkan bahwa energi yang digunakan untuk endogenous pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 lebih rendah dibandingkan pada kedua rasio lainnya. Menurut Naidoo (1999) kisaran nilai K<sub>d</sub> yakni 0,05-0,4 d<sup>-1</sup>, nilai K<sub>d</sub> lebih kecil dari literatur dapat memperlihatkan penggunaan

energi untuk endogenous mikroorganisme rendah sehingga kemampuan untuk mengkonsumsi substrat rendah dan dapat pula disebabkan karena pengukuran tidak sepenuhnya dilakukan pada fase perombakan endogenous.

Untuk nilai Y dengan COD sebagai substrat pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04 sebesar 0,212 mg VSS/mg COD dan rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 sebesar 0,267 mg VSS/mg COD serta pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8 sebesar 0,2495 mg VSS/mg COD terlihat nilai yield meningkat dengan meningkatnya rasio dan nilai yield tertinggi yakni pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 hal ini dapat memperlihatkan dengan meningkatnya rasio COD/NO<sub>3</sub> kesetimbangan substrat dapat lebih optimal. Pala (2004) mengutip kisaran nilai Y pada berbagai referensi yakni 0,31-0,7 mg VSS/mg COD. Nilai hasil pengamatan pada substrat COD terlihat lebih rendah dibandingkan dengan nilai literatur hal ini dapat disebabkan oleh kurang seimbangannya penggunaan organik karbon terhadap jumlah organik karbon yang dihasilkan serta kurang tepatnya analisa yang dilakukan. Berdasarkan stoikiometri, nilai yield dapat diduga dengan menggunakan persamaan reaksi :



Dimana C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>N merupakan produksi biomassa (yield) dan substrat karbon digambarkan dalam rumus kimia C<sub>10</sub>H<sub>19</sub>O<sub>3</sub>N serta substrat nitrat digambarkan dalam rumus kimia NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Hasil perhitungan kimia memperlihatkan 1 gr karbon akan menghasilkan 0,47 gr biomassa dan 1 gr nitrat menghasilkan 0,25 gr biomassa.

**Penentuan parameter μ<sub>m</sub>.** Koefisien laju pertumbuhan maksimum merupakan nilai maksimum laju pertumbuhan spesifik mikroorganisme yang terdapat dalam sistem pada saat konsentrasi substrat bukan lagi sebagai faktor pembatas (Barnes, 1983).

Dalam sistem bakteri denitrifikasi terdapat alternatif penggunaan substrat yakni oksigen (COD) sebagai terminal electron akseptor dimana bakteri ini termasuk bakteri heterotrop dan penggunaan nitrat sebagai terminal elektron akseptor dan termasuk bakteri autotrop (Kornaros, 1998), pada berbagai penelitian terdapat asumsi pertumbuhan mikroorganisme heterotrop dan akumulasi organisme phospat digambarkan sebagai produksi biomassa dan bakteri autotrop dapat diabaikan (Ouyang, 1998)

Parameter μ<sub>m</sub> didapatkan dari hasil perkalian antara k sebagai konstanta laju reaksi dengan Y dan didapatkan hasil pada ketiga reaksi :

Rasio COD/NO <sub>3</sub>	k (mg COD/mg sel.hari)	Y (mg MLVSS/mg COD)	μ <sub>m</sub> (hari <sup>-1</sup> )
3,04	1,36	0,212	0,29
4,24	3,56	0,267	0,95
6,8	3,61	0,2495	0,89

Nilai μ<sub>m</sub> yang didapatkan dari substrat COD pada penelitian ini yakni pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 3,04 sebesar 0,29 d<sup>-1</sup> dan pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 sebesar 0,95 d<sup>-1</sup> serta pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 6,8 sebesar 0,89 d<sup>-1</sup>. Nilai μ<sub>m</sub> pada rasio COD/NO<sub>3</sub> 4,24 lebih besar dibandingkan nilai pada kedua rasio lainnya yang memperlihatkan pertumbuhan maksimum biomassa lebih besar, selain itu

dapat pula disebabkan oleh nilai yield yang dihasilkan pada rasio 4,24 lebih tinggi serta penggunaan energi pada rasio C/NO<sub>3</sub> 4,24 lebih rendah sehingga laju pertumbuhan maksimum lebih besar. Menurut Metcalf dan Eddy (1991) kisaran nilai  $\mu_m$  pada proses denitrifikasi adalah 0,3-0,6 d<sup>-1</sup>. Hasil penentuan parameter kinetik dapat dilihat pada Tabel 11..

**Tabel 11. Rekapitulasi Nilai Parameter Kinetik**

Parameter	Rasio C/N			Kisaran
	3,04	4,24	6,8	
Ks (mg/l COD)	6,76	16,77	24,37	10-20 <sup>a</sup>
Kno (mg/l NO <sub>3</sub> )	1,54	1,44	1,58	0,2-0,5 <sup>b</sup>
Kd (d <sup>-1</sup> ) substrat COD	0,105	0,024	0,177	0,05-0,4 <sup>b</sup>
Y (mg VSS/mg COD)	0,212	0,267	0,2495	0,31-0,7 <sup>b</sup>
$\mu_m$ (d <sup>-1</sup> ) pd substrat COD	0,29	0,95	0,89	0,3-0,6 <sup>c</sup>

Keterangan :

- Metcalf dan Eddy (1991)
- Naidoo (1999)
- Pala (2004)
- Karnaros (1998)

Hasil analisa parameter kinetik memperlihatkan nilai yang tidak berbeda jauh pada tiap rasio C/NO<sub>3</sub> yang digunakan. Menurut Wisnuprpto *et al* (1984) perbandingan nilai C/Nox didalam influent merupakan faktor yang menentukan proses denitrifikasi dalam penelitian yang dilakukannya rasio C/Nox 4,24 merupakan rasio yang mempengaruhi denitrifikasi namun selain nilai C/Nox umur lumpur yang digunakan juga mempengaruhi proses denitrifikasi. Dalam penelitian ini juga terlihat nilai parameter kinetik pada rasio C/NO<sub>3</sub> 4,24 memiliki hasil yang berbeda dibandingkan dengan rasio C/NO<sub>3</sub> 3,04 dan rasio C/NO<sub>3</sub> 6,8.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Penyelenggara Penelitian Fundamental

Dikti yang telah mendanai penelitian ini dan beberapa bagian lain dari penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- APHA. 1992. *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18<sup>th</sup> edition.* American Public Health Association. New York
- Alaerts, G.A. dan Santika SS. 1984. *Metode Penelitian Air.* Usaha Nasional. Surabaya.
- Barnes, D dan P.J Bliss. 1983. *Biological Control of Nitrogen in Wastewater Treatment.* E.&F.N SPON. London.
- Grady, C.P.L, Jr; dan Lim,H. 1980. *Biological Wastewater Treatment.* Theory and Applications. Marcel Dekker Inc, New York
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse 3<sup>rd</sup> ed.* Singapore. McGraw Hill. Inc.
- Naidoo, V. 1999. *Municipal Wastewater Characterization, Application of Denitrification Batch Tests.* Paper. Departement of Chemical Engineering. University of Natal. Durban
- Ouyang, Chaio-Fuei, Shun-Hsing Chuang, and Jau-Lang Su. 1999. *Nitrogen and Phosphorus Removal in a Combined Activated Sludge - RBC Process.* Review paper. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A). Vol. 23, No. 2. pp. 181-204. Taiwan
- Pala, A dan Bolukbas, O. 2004. *Evaluation of Kinetic Parameters for Biological CNP Removal from a Municipal Wastewater trough Batch Tests.* Didalam Process Biochemistry. 2005. No 40. pp 629-635.
- Wisnuprpto, Chatib B dan Nugroho L. 1984. *Studi Kinetika dari Proses Denitrifikasi (Bagian I).* Laporan Penelitian. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.