

# POTENSI NITRIFIKASI OLEH BAKTERI YANG TERDAPAT DI LAUT ALIRAN KALI PLUMBON, LAUT ALIRAN KALI BANJIR KANAL BARAT DAN LAUT ALIRAN KALI BANJIR KANAL TIMUR

Harsanti Nurlita dan Sudarno Utomo

Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik UNDIP, Jl. Prof H. Sudarto SH Tembalang Semarang  
Email: sudarno\_utomo@undip.ac.id

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan kandungan nitrat, nitrit dan ammonium dalam penentuan kandungan nitrogen air pada hilir laut daerah permukiman, industri dan tambak. Hipotesis dinyatakan bahwa lokasi yang berbeda memiliki karakteristik air yang juga berbeda. Metode analisis dilakukan dengan uji amonium, nitrit dan nitrat sesuai Standard Methods. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini Laut Aliran Kali Plumbon, Kali Banjir Kanal Barat dan Kali Banjir Kanal Timur memiliki potensi nitrifikasi, serta memiliki bakteri yang mampu beradaptasi pada air yang memiliki salinitas dan mendegradasi amonium menjadi nitrit dengan baik.

**Kata Kunci:** *ammonium, nitrit, nitrat*, Laut Aliran Kali Plumbon, Kali Banjir Kanal Barat, Kali Banjir Kanal Timur

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Banyak industri yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan Nitrogen, BOD dan Salinitas yang cukup tinggi, contohnya industri pengalangan ikan, semen, batu bara dan sebagainya. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tersebut banyak yang dibuang ke badan air dengan jumlah yang melebihi baku mutu dari unsur-unsur tersebut yang telah ditetapkan. Kadar N dan BOD serta salinitas tinggi yang telah dibuang ke badan air dapat mengalir hingga ke perairan laut.

Unsur – unsur Nitrogen seperti  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{NO}_2^-$  dapat menyebabkan eutrofikasi. Dimana eutrofikasi ini dapat menyebabkan suatu kondisi yang disebut dengan *Alga blooming* dikarenakan terlalu banyaknya unsur hara untuk menghasilkan Alga tersebut. Eutrofikasi ini dapat dikatakan merusak ekosistem sekitarnya karena *supply* oksigen yang berada di perairan tersebut berkurang atau bahkan dapat dikatakan tidak ada, yang mana pada akhirnya dapat mengganggu proses kehidupan di sekitar air laut tersebut.

Kali Banjir Kanal Barat, Kali Banjir Kanal Timur dan Kali Plumbon merupakan aliran sungai di wilayah Semarang yang bermuara pada Laut Jawa. Namun pemanfaatan wilayah di sekitar sungai tersebut berbeda-beda, yaitu wilayah permukiman, tambak dan wilayah

industri. Sehingga karakteristik kandungan air di ketiga sungai tersebut juga berbeda-beda.

### Tujuan

1. Mengetahui tingkat parameter kimia nitrit, nitrat dan ammonium di perairan akhir muara Sungai Banjir Kanal Barat, akhir muara Sungai Banjir Kanal Timur dan akhir muara Sungai Kali Plumbon Semarang.
2. Untuk membandingkan proses nitrifikasi di ketiga lokasi yang berbeda dengan karakteristik air yang juga berbeda.

### Ruang Lingkup Masalah

1. Untuk mengetahui karakteristik kandungan nitrogen di perairan laut akhir muara Sungai Banjir Kanal Barat, akhir muara Sungai Banjir Kanal Timur dan akhir muara Sungai Kali Plumbon Semarang.
2. Untuk mengetahui apa yang membedakan kandungan nitrat, nitrit dan ammonium pada hilir laut daerah permukiman, industri dan tambak.

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Uji Amonium

Air sampel sebanyak yang telah disaring sebanyak 2 ml di tambahkan dengan aquades hingga 10 ml. Lalu ditambahkan NaOH 6 N sebanyak 5 tetes dan EDTA 5

tetes. Ditunggu 15 sampai 30 menit. Jika ada endapan, diambil larutan tersebut sebanyak 5 ml tanpa endapan. 5 ml sampel tersebut ditambahkan 1 hingga 2 tetes garam seignette dan 0,5 ml pereaksi Nessler. Diamkan selama 10 menit. Lalu diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 420 nm.

**2. Uji Nitrit**

Air sampel 10 ml yang sudah disaring ditambahkan 0,5 ml Asam Sulfanilat dan 0,5 ml NEDA. Larutan tersebut dikocok dan diamkan hingga 15 menit. Warna ungu yang terjadi diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 520 nm.

**3. Uji Nitrat**

Air sampel 10 ml yang sudah disaring ditambahkan HCl 1 N sebanyak 1 ml. Lalu air sampel tersebut diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 220 nm dan 275 nm.

karakteristik yang berbeda-beda. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji karakteristik awal dan pemanfaatan sekitar daerah aliran sungai (DAS) yang bermuara pada ketiga titik laut tersebut. Wilayah sekitar DAS Kali Plumbon dimanfaatkan sebagai kawasan industri, perumahan, tambak dan hutan mangrove. Pada wilayah sekitar DAS Kali Banjir Kanal Barat dimanfaatkan untuk perumahan. Sedangkan pada wilayah DAS Banjir Kanal Timur dimanfaatkan untuk perumahan dan tambak.

Waktu pengambilan air sampel di ketiga lokasi berbeda-beda. Perbedaan waktu tersebut dapat menyebabkan perbedaan suhu pada ketiga lokasi tersebut. Suhu tidak hanya dipengaruhi oleh waktu, tetapi lokasi laut tersebut. Menurut Nybakken (1988) berdasarkan penyebaran suhu permukaan laut, laut dibedakan dalam empat zona, yaitu kutub, tropic, beriklim sedang-panas dan beriklim sedang-dingin. Massa air permukaan di wilayah tropic, panas sepanjang tahun, yaitu 20 sampai 30°C. Ketiga titik lokasi sampling berada di Laut Jawa, yang berada dalam jenis laut wilayah tropik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga laut tersebut merupakan jenis laut tropik berdasarkan suhunya.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Karakteristik Air Laut**

Laut muara Kali Plumbon, Banjir Kanal Barat dan Banjir Kanal Timur memiliki

**Tabel 1.** Nilai Awal Beberapa Parameter di Laut Aliran Kali Plumbon, Laut Aliran Banjir Kanal Barat dan Laut Aliran Banjir Kanal Timur

Lokasi Titik Sampling / Parameter	Laut Aliran Kali Plumbon (Laut A)	Laut Aliran Banjir Kanal Barat (Laut B)	Laut Aliran Banjir Kanal Timur (Laut C)
Suhu	29,7	31,4	31,76
pH	8,37	8,43	8,66
Salinitas (ppt)	25,5	27,53	30,7
Kekeruhan (NTU)	91,4	10,87	19,77
DO (mg/l)	5,03	4,33	4,84
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	8,37	8,15	7,93

Sumber: Analisis Pribadi, 2012

Nilai pH bekisar antara 8,3 sampai 8,7. Hal ini sesuai dengan karakteristik air laut yang dikatakan Nybakken dalam Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis bahwa pH air laut bekisar antara 7,5 hingga 8,5. Hal ini dikarenakan adanya kandungan CO<sub>2</sub> dan sifat basa yang kuat dari ion natrium, kalium, dan kalsium dalam air laut cenderung mengubah air laut menjadi sedikit lebih basa. Huesemann dkk dalam jurnalnya yang berjudul *The Effects of CO<sub>2</sub> Disposal on Marine Nitrification*

*Processes* mengatakan bahwa untuk nilai pH air laut adalah 8.

Perbedaan juga terdapat pada nilai salinitas, yang mana masing-masing nilainya adalah 25,5 ppt pada laut Plumbon, 27,53 pada laut Banjir Kanal Barat dan 30,7 pada Laut Banjir Kanal Timur. Salinitas ini dipengaruhi oleh curah hujan (Rajkumar dkk., 2008) yang mana jika curah hujan tinggi, maka kadar salinitas akan turun begitu pula sebaliknya, jika air laut sedang mengalami

surut, kemungkinan kadar salinitas akan meningkat. Pada dasarnya, nilai salinitas di ketiga laut yang pada dasarnya adalah laut tropis, berbeda dengan nilai salinitas pada laut di lautan yang beriklim sedang, menurut Nybakken (1988), salinitas di lautan daerah tersebut rendah karena evaporasinya juga terbilang rendah. Sedangkan di Laut Merah dan Teluk Persia, salinitasnya bisa mencapai hingga 40‰.

Kadar ammonium yang terbanyak berada di Laut Plumbon dengan kadarnya sebesar 8,37 mg/l. Jika dilihat dari Daerah Aliran Sungai (DAS) ketiga laut tersebut, pemanfaatan wilayah di sekitar sungai tersebut berbeda-beda. Limbah yang menghasilkan Nitrogen diantaranya adalah berasal dari limbah domestik dari perumahan, persawahan, tambak. Sedangkan industri yang menghasilkan limbah Nitrogen di antaranya adalah pupuk, pulp & kertas (Effendi, 2003), industri agar-agar, penyamakan kulit dan pengilangan besi (Utomo, 2009).

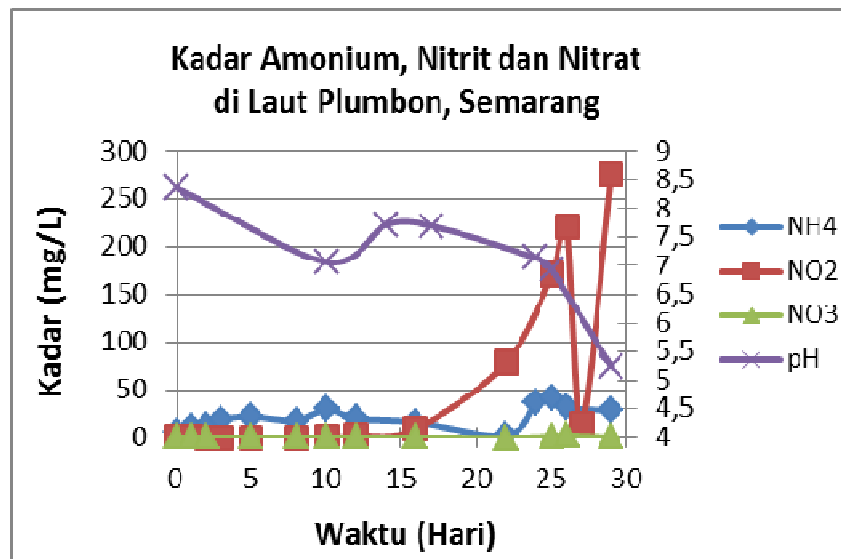
Nitrogen diperairan tidak berupa gas, melainkan dalam bentuk organik dan anorganik (Effendi, 2003). Nitrogen anorganik terdiri atas Amonia ( $\text{NH}_3$ ), ammonium ( $\text{NH}_4$ ), Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) dan Nitrat ( $\text{NO}_3$ ). Nitrogen organik berupa asam amino, protein dan urea. Nitrogen – nitrogen tersebut mengalami transformasi yang mana diantaranya melibatkan mikrobiologi. Salah satu contohnya adalah proses nitrifikasi. Nitrifikasi merupakan proses ammonium menjadi nitrit dan nitrit menjadi nitrat. Pada penelitian pendahuluan ini

juga dilakukan uji nitrit dan nitrat guna melihat adanya indikasi bakteri yang masih bekerja.

## 2. Pengaruh Salinitas terhadap Nitrifikasi

Air laut merupakan air yang memiliki salinitas yang tinggi dibandingkan dengan air payau. Salinitas juga menunjukkan adanya kadar garam yang terkandung di dalam air tersebut. Menurut Hendrawati (2007), salinitas akan mempengaruhi kadar oksigen yang ada di dalam air tersebut. Jika kadar salinitas rendah, maka kadar oksigen juga akan rendah. Penelitian lain serupa oleh Duc, P.T.H, dkk (2010) juga menyatakan bahwa mikroorganisme nitrifikasi dapat beradaptasi pada salinitas tertentu. Secara umum mikroorganisme dapat beradaptasi pada salinitas yang sangat tinggi.

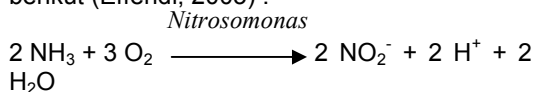
Nitrifikasi adalah transformasi ammonium menjadi nitrit dan nitrit menjadi nitrat yang pada dasarnya adalah proses biologis, dibantu oleh bakteri dan berlangsung pada kondisi aerob (Effendi, 2003). Mekanisme bakteri untuk hidup pada salinitas tinggi adalah dengan cara mengadaptasikan tekanan osmotik ekstraselnya. Selain itu bakteri harus memiliki konsentrasi garam yang rendah dalam sitoplasmanya (Oren 1999 dalam Tresnawati 2006). Berdasarkan penelitiannya, Tresnawati (2006) mengatakan bahwa semakin tinggi salinitas, maka semakin tinggi pula tingkat oksidasi ammonium walaupun kenaikannya tidak terlalu signifikan.



Gambar 1. Grafik Kadar Amonium, Nitrit, Nitrat dan pH pada Laut Plumbon

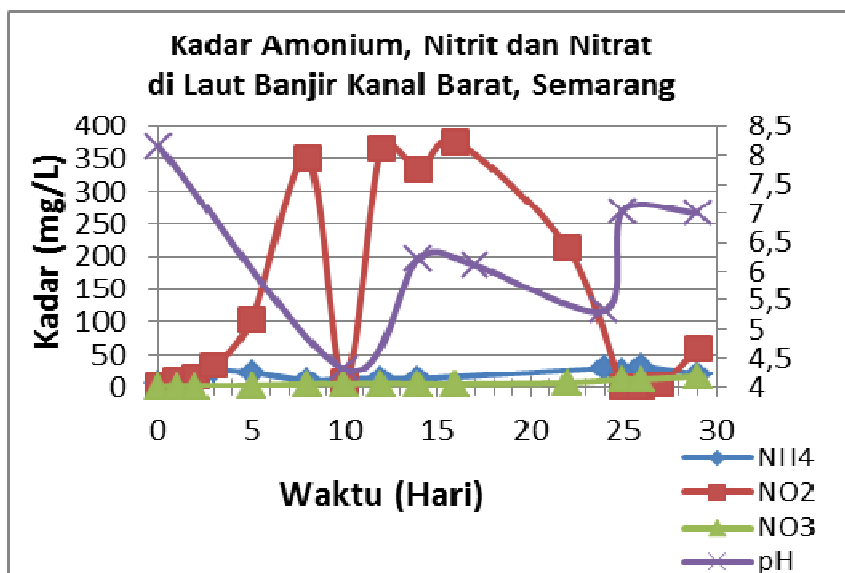
Kadar amonium pada hingga hari ke 5 belum mengalami kestabilan. Hal ini dikarenakan terlihat dari data yang mana kadar amonium terlihat menaik pada grafik. Namun sudah mulai mengalami penurunan pada hari ke 8. Sedangkan untuk nitrit, sudah terlihat ada perubahan adalah ketika berada pada hari ke 10. Nilai pH pun ikut menurun seiring dengan penurunan ammonium hingga hari ke 10. Tetapi mengalami kenaikan sedikit pada hari ke 15.

Penurunan pH disebabkan oleh adanya proses nitritasi. Reaksi nitritasi adalah sebagai berikut (Effendi, 2003) :



Amonium dioksidasi menjadi nitrit dengan oksigen dan bakteri *Nitrosomonas*. Selain menghasilkan  $\text{NO}_2^-$ , proses nitritasi juga menghasilkan  $\text{H}^+$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .  $\text{H}^+$  inilah yang menyebabkan penurunan pH. Hal ini dikarenakan ion  $\text{H}^+$  bersifat asam. Pada hari ke 24, kadar ammonium jumlahnya semakin sedikit sedangkan kadar nitrit terus meningkat tajam.

Kadar nitrat yang jika dilihat dari data dan grafik terlihat sangat kecil. Hal ini dapat membuktikan bahwa adanya perbedaan aktivitas bakteri nitritasi dan bakteri nitratasi. Aktivitas bakteri nitratasi bisa dikatakan lebih lambat dibandingkan dengan aktivitas bakteri nitritasi.



**Gambar 2.** Grafik Kadar Amonium, Nitrit, Nitrat dan pH pada Laut Aliran Kali Banjir Kanal Barat

Dari data dan grafik di atas dapat dianalisa bahwa kadar amonium yang telah ditambahkan sebanyak 25 mg/l pada hari ke-1 hingga ke tiga masih mengalami kenaikan. Kadar amonium mulai menurun setelah hari ke tiga hingga hari ke delapan. Namun setelah hari ke delapan, berdasarkan data terlihat meningkat dan kembali menurun pada hari ke empat belas.

Kadar nitrit pada grafik terlihat terus meningkat, terutama dimulai hari ke-5 hingga hari ke enam belas yang meningkat sangat tajam. Hal ini sebanding dengan pengenceran yang dilakukan saat pengujian laboratorium. Pengenceran dimulai pada hari ke tiga dengan pengenceran 10 kali. Setelah hari kelima, pengenceran nitrit menjadi 20 kali hingga 100 kali. Berbeda dengan hari ke 10, yang mana

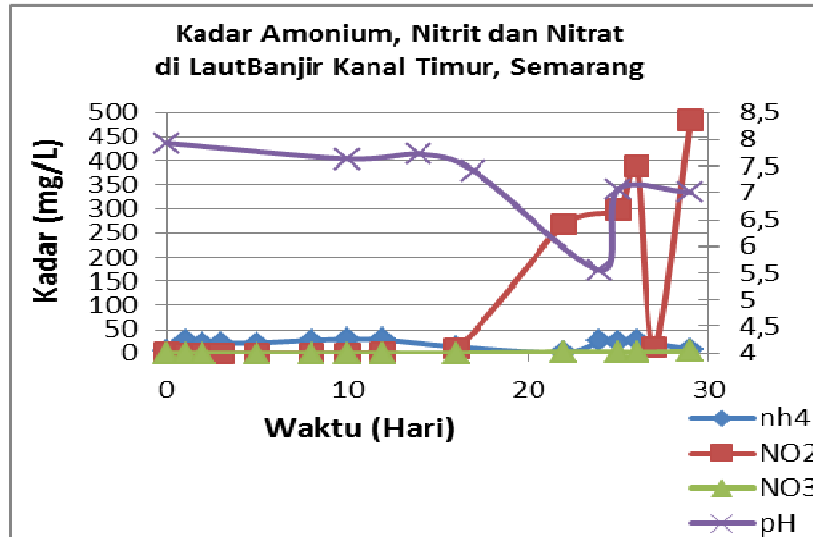
jika dilihat dari grafik kadar nitrit di lokasi ini menurun sangat signifikan. Hal ini juga dipengaruhi oleh perlakuan laboratorium yang tidak dilakukan pengenceran. Namun hal ini bisa saja adanya kesalahan dari penulis dalam melakukan pengujian kadar nitrit di hari ke 10. Kadar nitrit mulai mengalami penurunan setelah hari ke-16.

Penurunan nitrit yang sangat signifikan ternyata berbanding terbalik seiring dengan kenaikan kadar nitrat yang juga meningkat cukup signifikan. Yang mana pada hari ke 22 kadar nitrat sejumlah 5,98 mg/l meningkat menjadi 11,35 mg/l pada hari ke 25. Berbeda dengan peningkatan kadar nitrat yang tidak signifikan pada hari ke 1 hingga ke 22. Peningkatan kadar nitrat hanya 0,1 %.

Sedangkan dari hari ke 22 hingga ke 25 peningkatan meningkat hingga hampir 100%.

Hal ini juga seiring dengan penambahan  $\text{CaCO}_3$  pada hari ke 24. Penambahan  $\text{CaCO}_3$  ini bertujuan untuk meningkatkan kadar pH yang sudah turun hingga mencapai angka

5,31. Dengan penambahan  $\text{CaCO}_3$  ini, kadar pH menjadi 7,04 pada hari ke 25. Hal ini berbeda dengan sampel laut A, yang tidak ditambahkan  $\text{CaCO}_3$  karena pada hari ke 24 kadar pH masih dirasa cukup untuk proses nitrifikasi.



Gambar 3. Grafik Kadar Amonium, Nitrit, Nitrat dan pH pada Laut Aliran Kali Banjir Kanal Timur

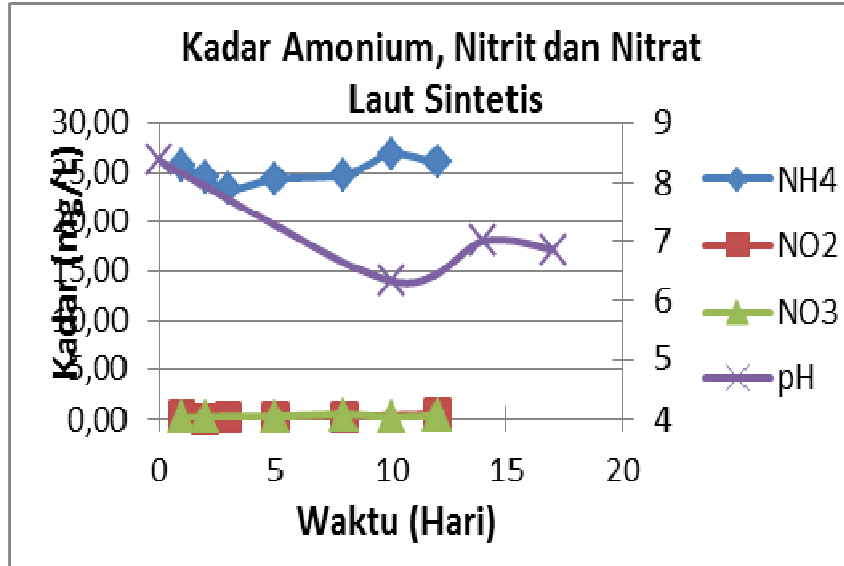
Dari hasil data di atas menunjukkan bahwa kadar amonium bersifat fluktuatif dari hari pertama hingga hari ke 10. Setelah hari ke 10, kadar amonium mulai berkurang hingga mencapai 0,90 mg/l pada hari ke 22. Penambahan amonium dilakukan pada hari ke 24, sama seperti sampel air laut lainnya. Setelah terhidrodriilis, baru dapat dilakukan uji amonium, nitrit dan nitratnya. Pada hari ke 24 setelah penambahan amonium, kadar amonium yang terdapat dalam air sampel adalah sebesar 26,09 mg/l. Hingga hari ke 26 masih bersifat fluktuatif. Pada hari ke 29 terlihat penurunan yang sangat signifikan. Dari kadar amonium yang semula 25,65 mg/l pada hari ke 26, menjadi 8,76 mg/l pada hari ke 29 tersebut.

Sedangkan proses nitritasi pada air sampel ini pada tahap *running* pertama berjalan sangat lambat. Hal ini dapat dilihat berdasarkan data perhitungan dan grafik di atas. Perubahan kadar hampir tidak terjadi. Hal ini terjadi hingga hari ke 12. Pada hari ke 12 mulai ada peningkatan kadar nitrit, yang semula pada hari ke 10 sejumlah 0,59 mg/l menjadi 3,08 mg/l pada hari ke 12. Kemudian terus meningkat signifikan hingga hari ke 26

dengan pengenceran hingga 100 kali. Dimana pada hari ke 26, kadar nitrit yang terkandung dalam air sampel tersebut adalah sejumlah 388,94 mg/l. Kemudian pada hari ke-27, kadar nitrit menjadi 13,40 mg/l tanpa perlakuan pengenceran dan hari terakhir kembali dilakukan pengenceran 50 kali sehingga didapatkan kadar nitrit sebesar 483,74 mg/l. Penurunan dan kenaikan kadar nitri yang sangat signifikan dalam waktu singkat dapat terjadi dikarenakan adanya kesalahan perlakuan laboratorium pada hari itu.

Tidak hanya proses nitritasi yang tergolong lambat, tetapi proses nitratasi pada Laut C juga tergolong lambat. Hal ini dapat terjadi dikarenakan kadar nitrit yang akan dioksidasi pun berjumlah sangat sedikit. Kenaikan kadar nitrat sudah mulai terlihat pada hari ke 22. Yang mana semula pada hari ke 16 sejumlah 0,65 mg/l menjadi 3,18 mg/l.

Dari proses nitritasi dan nitratasi yang terjadi di laut Banjir Kanal Barat, dapat disimpulkan bahwa proses adaptasi bakteri tersebut dikategorikan lambat dikarenakan penurunan amonium yang tidak begitu mencolok seperti laut Banjir Kanal Barat.



Gambar 4. Grafik Kadar Amonium, Nitrit, Nitrat dan pH pada Laut Sintetis

Air sampel ini berbeda dengan ketiga air sampel lainnya. Air sampel ini dibuat dengan menggunakan NaCl yang kadar salinitasnya adalah kadar salinitas rata-rata dari ketiga sampel air laut. Sehingga didapatkan NaCl yang harus dimasukkan ke dalam 2 Liter air aquades adalah 27,9 gram/l NaCl. Setelah itu ditambahkan amonium sebanyak 25 mg/l ke dalam air laut sintetis tadi. Pembuatan air sintetis ini bertujuan untuk dijadikan sebagai acuan penambahan amonium ke dalam masing-masing sampel.

Proses nitrifikasi pada air sampel ini pun berbeda. Hal ini dilihat dari penurunan kadar amonium yang sangat kecil dan tidak ada bakteri yang mampu membantu mengurai amonium menjadi nitrit dan nitrit menjadi nitrat. Pengoksidasian amonium hanya dibantu oleh oksigen yang berasal dari aerator yang berada di dalam reaktor tersebut.

Kadar pH yang terkandung pada air sampel bersifat fluktuatif. Hal ini dikarenakan kurangnya keakuratan pH meter yang digunakan untuk pengukuran kadar pH. Penelitian terhadap air sampel sintetis dilakukan hanya 17 hari dikarenakan tidak ditemukannya indikasi nitrifikasi.

Dari ketiga sampel laut, yaitu Laut aliran Kali Plumbon, Laut Aliran Banjir Kanal Barat dan Laut Aliran Banjir Kanal Timur dapat diketahui bakteri yang dapat berkembang dengan baik pada air yang memiliki salinitas tinggi adalah bakteri nitrifikasi di Laut aliran Kali Banjir Kanal Barat. Hal ini dilihat dari kecepatan proses nitritasi yang mengoksidasi

amonium menjadi nitrit pada *running* yang pertama.

#### KESIMPULAN

1. Laut Aliran Kali Plumbon, Kali Banjir Kanal Barat dan Kali Banjir Kanal Timur memiliki potensi nitrifikasi.
2. Laut Aliran Kali Banjir Kanal Barat memiliki bakteri yang mampu beradaptasi pada air yang memiliki salinitas dan mendegradasi amonium menjadi nitrit dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.2009. *Petunjuk Praktikum Laboratorium Teknik Lingkungan*.Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro : Semarang
- Blackburn T. Henry and Sorensen Jan. 1985. *Nitrogen Cycling in Coastal Marine Environments*. SCOPE
- Chan E.C.S and J Pelczar Michael. 1986. *Dasar-dasar Mikrobiologi Jilid 2*. Jakarta : UI Press
- Duc, P.T.H. dkk.2010.*Modelisation of Nitrification under Inhibited Environment by Moving Bed Bio-Film Reactor Technique*. Vietnam: Laboratory of Environmental Chemistry, Institute of Chemistry, Vietnamese Academy for Science and Technology
- Effendi Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan*

- Lingkungan Perairan*. Kanisius : Yogyakarta
- Hendrawati, dkk. 2007. *Analisis Kadar Fosfat dan N-Nitrogen (Amonia, Nitrat, Nitrit) pada Tambak Air Payau akibat Rembesan Lumpur Lapindo, Jawa Timur*. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- Huesemann, MH, dkk. *The Effects of CO<sub>2</sub> Disposal on Marine Nitrification Processes*. Pacific Northwest National Laboratory
- Hutabarat Sahala dan Stewart M. Evans. 2006. *Pengantar Oseanografi*. UI-Press : Jakarta
- Lampiran III Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004
- Rajkumar A. 2008. *Studies on The Nutrient Distribution in The Southern Ocean Waters Along The 45°E Transect*. Department of Geology, University of Delhi : India
- Romimohtarto Kasijan, Sri Juwana. 2009. *Biologi Laut Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut, Edisi Revisi, Cetakan ke 4*. Djambatan : Jakarta
- of Wastewater, Univesity of Karslsruhe
- Salle, A.J. 1973. *Fundamental Principles of Bacteriology*. McGraw-Hill : Singapore.
- Setiani Onny dkk. 2002. *Motivasi Peran Serta Masyarakat dan Penerapan Sistem Pemantauan Lingkungan Berkala Terpadu dalam Pengendalian Pencemaran Sungai Akibat Industri dan Pemukiman*. JKLI Vol.1 No.1 Januari 2002
- Suwignyo Sugiarti, dkk. 2005. *Avertebrata Air Jilid 1*. Penebar Swadaya : Depok
- Tresnawati, Tika. 2006. *Aktivitas Bakteri Pengoksidasi Amonium Isolat ASR1 dan ASR2 Asal Tambak Udang pada Sumber Karbon dan Salinitas yang Berbeda*. Bogor : Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor
- Utomo, Sudarno., dkk. 2009. *Nitrification in Fixed-bed Reactors Treating Saline Wastewater*. Germany : Institute of Biology for Engineers and Biotechnology