**penentuan nilai laju kinetik PERSAMAAN NITRIFIKASI pada model kualitas AIR SUNGAI CIUJUNG KABUPATEN SERANG BANTEN**

**Yonik Meilawati Yustiani\*), Evi Afiatun\*), F. Ardy Leyn\*\*)**

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik – Universitas Pasundan

**Abstrak**: Sungai Ciujung adalah sungai yang terbesar di Banten. Pembuangan limbah domestik maupun industri ke sungai saat ini dapat menimbulkan terjadinya eutrofikasi pada badan sungai. Salah satu penyebab eutrofikasi ini adalah adanya senyawa nitrogen yang berasal dari limbah domestik maupun limbah industri. Senyawa nitrogen yang terdapat di perairan berada dalam bentuk ammonia, nitrit, dan nitrat. Dengan menggunakan persamaan nitrifikasi eksponensial orde satu, maka dapat dilakukan penaksiran untuk mengetahui konsentrasi ammonia, nitrit, dan nitrat di Sungai Ciujung. Data primer berupa data kualitas air dari hasil pemeriksaan sampel air di laboratorium digunakan untuk mendapatkan nilai laju kinetik dalam proses nitrifikasi. Hasil analisis terhadap data sekunder tahun 2005-2008 yang diambil oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Kota Serang menunjukkan bahwa konsentrasi nitrit telah melampaui nilai maksimum baku mutu yang terdapat pada PP No. 82 Tahun 2001, sedangkan nilai konsentrasi nitrat masih memenuhi baku mutu. Hasil analisis data primer yang diambil pada bulan Agustus 2008 menunjukkan bahwa baik konsentrasi nitrit maupun nitrat masih memenuhi baku mutu. Nilai laju kinetik nitrifikasi menunjukkan rentang -1,515~0,560 hari-1 untuk K22/K23, -4,012~2,593 hari-1 untuk K33/K34 dan -7,485~3,622 hari-1 untuk K44. Nilai laju kinetik yang bertanda negatif terjadi pada segmen kedua dan keempat. Hal ini menunjukkan bahwa pada segmen tersebut terjadi proses denitrifikasi. Nilai positif pada laju kinetik terjadi di segmen satu dan tiga, menandai bahwa proses nitrifikasi terjadi untuk segmen tersebut.

**Kata kunci:** ammonium, nitrit, nitrat, laju kinetik nitrifikasi, pemodelan kualitas air sungai

1. **PENDAHULUAN**[[1]](#footnote-1)

Potensi sumber daya alam DAS Ciujung, yang meliputi sumber daya lahan hutan, air, sumber daya mineral dan perikanan merupakan aset pembangunan yang harus dikelola secara baik dan benar. Pembangunan yang dilakukan tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan masyarakat generasi sekarang, melainkan juga harus dapat memenuhi kebutuhan generasi mendatang.

Hingga saat ini telah dirasakan adanya beberapa kerusakan lingkungan DAS Ciujung misalnya akibat kegiatan penambangan pasir yang menimbulkan masalah kerusakan tanah dan tata air, degradasi kawasan hutan dan keanekaragaman hayati, pendangkalan sungai, penimbunan (deposit) sedimen di muara DAS Ciujung, serta pencemaran akibat aktivitas pertanian, domestik.

Pencemaran yang ditimbulkan dari limbah domestik dan limbah industri menyebabkan timbulnya eutrofikasi pada badan air. Salah satu penyebab eutrofikasi ini adalah adanya konsentrasi nitrogen dalam air, dimana konsentrasi nitrogen dalam perairan berada dalam bentuk ammonia, nitrit, dan nitrat.

Nitrat (NO3-) dan nitrit (NO2-) adalah ion-ion anorganik alami berbasis nitrogen, yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Saat kondisi aerobik, aktivitas mikroorganisme di air dan tanah mendegradasi menguraikan limbah yang mengandung nitrogen organik pertama–tama menjadi ammonia, kemudian dioksidasikan menjadi nitrit dan nitrat. Nitrit merupakan komponen intermediate dalam proses nitrifikasi, oleh karena itu nitrit dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi nitrat, dengan demikian nitrat merupakan senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat di permukaan. Pencemaran oleh pupuk nitrogen, termasuk ammonia anhidrat seperti juga sampah organik hewan maupun manusia, dapat meningkatkan kadar nitrat di dalam air. Senyawa yang mengandung nitrat di dalam tanah biasanya larut dan dengan mudah bermigrasi dengan air bawah tanah.

Permasalahan kerusakan lingkungan tersebut akan terus berlanjut atau bahkan akan semakin meningkat besaran dan intensitasnya apabila tidak dilakukan upaya pengelolaan lingkungan yang adil dan berkelanjutan. Untuk merumuskan program, langkah, dan upaya pengelolaan lingkungan hidup tersebut diperlukan dukungan data dan informasi tentang potensi dan masalah sumber daya alam saat ini.

Salah satu upaya pencegahan pencemaran pada badan sungai adalah dengan menggunakan simulasi pemodelan. Proses nitrifikasi merupakan hal yang penting dimasukkan dalam pemodelan nitrogen. Untuk menjalankan model tersebut, perlu dilakukan penentuan laju kinetik untuk proses nitrifikasi terlebih dahulu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai laju kinetik proses transformasi tiap komponen dalam proses nitrifikasi. Selain itu, dilakukan pula analisis terhadap hasil data kualitas air sungai untuk diperkirakan potensi pencemarannya.

1. **METODOLOGI**

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yaitu penelitian yang mengukur/ menggambarkan kondisi objek studi pada saat penelitian dilakukan dan membandingkannya dengan data yang ada. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang diperoleh secara langsung di lapangan. Sedangkan data sekunder diperoleh dari laporan beberapa instansi terkait.

Lokasi penelitian ini dilakukan di wilayah Kabupaten Serang Banten, dimana tempat pengambilan sampel dilakukan di hulu hingga muara Sungai Ciujung. Berikut ini adalah rincian wilayah tempat dilakukannya sampling air Sungai Ciujung dari hulu hingga hilir sungai, yaitu Desa Pamarayan, Desa Nagara, Kragilan, Desa Tegal Maja, dan Kecamatan Tirtayasa.

Pengambilan titik hulu berawal dari Kecamatan Pamarayan dan berakhir di muara Sungai Ciujung yang terletak di Kecamatan Tirtayasa, dimana kedua kecamatan itu terletak di Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Sungai Ciujung dengan panjang saluran dari hulu hingga hilir sepanjang 147,2 km. Pada penelitian ini dibagi menjadi 4 (empat) segmen berdasarkan lokasi pengambilan sampel. Pengambilan sampel didasarkan pada data sekunder yang pernah dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Kota Serang. Titik nomor 1 ditetapkan sebagai titik kilometer 0 untuk keperluan perhitungan dalam penelitian ini. Tabel 1 memperlihatkan titik-titik sampling.

**Tabel 1**

**Titik-titik sampling**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Titik Sampling | Nama wilayah administratif | Jarak pengambilan sampel terhadap titik 1 (Km) |
| 1 | Desa Pamarayan | 0 |
| 2 | Desa Nagara | 13.85 |
| 3 | Desa Kragilan | 21.54 |
| 4 | Desa Tegalamaja | 23.08 |
| 5 | Desa Tirtayasa | 43.85 |

Hasil analisis dan penaksiran konsentrasi komponen nitrogen dibandingkan dengan PP No. 82 Tahun 2001 untuk melihat potensi pencemaran yang terjadi di Sungai Ciujung.

Dalam penentuan nilai laju kinetik pada proses nitrifikasi, persamaan yang digunakan adalah persamaan eksponensial orde pertama atau orde satu (Thomann, 1987) [1], seperti terlihat pada persamaan 1, 2, dan 3.

Nilai laju kinetik yang ditentukan adalah K22, K23, K33, K34, dan K44.

 (1)

 (2)

 (3)

Dimana:

N2 = Nitrogen ammonia

N3 = Nitrogen nitrit (NO2-)

N­4 = Nitrogen nitrat (NO3-)

K22 = koefisien kehilangan ammonia karena transformasi / perubahan ammonia menjadi nitrit

K23 = laju pembentukkan nitrit dari ammonia

K33 = koefisien kehilangan nitrit karena digunakan oleh mikroorganisme di dalam air dan oksidasi dari nitrit menjadi nitrat

K34 = laju pembentukkan nitrat karena oksidasi dari nitrit

K44 = seluruh nitrat yang hilang karena digunakan oleh tumbuhan air atau mengalami denitrifikasingalami denitrifikasi

1. **HASIL PENELITIAN**

Data sekunder mengenai hasil penelitian kualitas air Sungai Ciujung yang dipakai adalah hasil penelitian kualitas air Sungai Ciujung (nitrit dan nitrat) pada tahun 2005 hingga tahun 2008, dimana data tersebut diperoleh secara lengkap dari dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Kota Serang.

Adapun titik – titik sampling yang diambil, yaitu titik 1, titik 2, titik 3, titik 4, dan titik 5 yang masing – masing terletak di Kecamatan Pamarayan (Desa Tirtayasa), Kragilan, Desa Nagara, Kampung Tegalmaja, dan Kecamatan Tirtayasa.

Berdasarkan data sekunder yang didapat dari dinas PSDA Kota Serang, maka dapat dilihat dari Gambar 1. bahwa nitrit terbentuk dalam konsentrasi yang cukup kecil. Nitrit merupakan suatu bentuk peralihan yang terjadi saat ammonia atau ammonium mengalami oksidasi menjadi nitrat. Pembentukkan nitrit dan nitrat ini terjadi saat perairan berada dalam kondisi aerob. Pada Bulan Juni 2007, konsentrasi nitrit untuk tiap titik mengalami kenaikkan yang cukup tinggi apabila dibandingkan dengan konsentrasi nitrit pada tahun 2005 hingga 2008.



**Gambar 1**

**Konsentrasi nitrit Sungai Ciujung**

Tingginya konsentrasi nitrit ini disebabkan oleh adanya perubahan debit yang cukup besar. Pada tahun 2007 debit aliran Sungai Ciujung mengalami penurunan. Pada bulan April 2005 bahwa debit aliran sungai yaitu 200,12 m3/detik di titik hulu, yaitu Kecamatan Pamarayan dan 114,354 m3/detik di titik hilir, yaitu Kecamatan Tirtayasa.

Pada Bulan April 2007 debit di hulu sungai, yaitu di Kecamatan Pamarayan yaitu 21,36 m3/detik dan pada hilir sungai yaitu di Kecamatan Tirtayasa yaitu 39,66 m3/detik. Namun apabila dibandingkan dengan PP no 82 tahun 2001, konsentrasi nitrit pada tahun 2006 - 2007 telah melebihi baku mutu untuk air sungai pada golongan II.

Nitrit merupakan bentuk nitrogen yang tidak disukai setelah amoniak dalam sistem budidaya perairan. Jika nitrit diserap oleh ikan, akan bereaksi dengan haemoglobin membentuk *methemoglobin* (Sachoemar, 1996) [2].

Mengingat methemoglobin tidak dapat berfungsi sebagai pengangkut oksigen, penyerapan nitrit yang terus menerus dapat menyebabkan *hypoxia* dan *cyanosis*. Darah yang mengandung methemoglobin akan berwarna coklat sehingga keracunan nitrit dalam ikan sering disebut darah coklat [2].



**Gambar 2**

**Konsentrasi nitrat Sungai Ciujung**

Berdasarkan data sekunder dapat dilihat bahwa pada Bulan April tahun 2005 konsentrasi nitrat pada titik 1 sampai 5, adalah di bawah 1 mg/L. Fluktuasi konsentrasi nitrat pada titik 1 sampai 5 mengalami nilai tertinggi yaitu yang terjadi pada Bulan Agustus tahun 2007.

Nilai konsentrasi tertinggi yang dicapai pada Bulan Agustus tahun 2007 adalah 8,917 mg/L di titik 3. Konsentrasi nitrat masih di bawah baku mutu yang ditetapkan untuk baku mutu air golongan II dengan batasan 10 mg/L. Dengan kondisi ini, maka air Sungai Ciujung masih memenuhi syarat untuk baku mutu air sungai golongan II.

Tabel 2 memperlihatkan nilai nitrit, nitrat, dan ammonium yang diambil pada bulan Agustus 2008 sebagai data primer penelitian ini.

**Tabel 2**

**Konsentrasi nitrit, nitrat dan ammonium tahun 2008**

| No | Parameter | Baku mutu | Lokasi Pengambilan Sampel (no. Titik) | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Nitrit | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,01 |
| 2. | Nitrat | 10 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,09 |
| 3. | Ammonia | - | 0,10 | 0,05 | 0,73 | 0,51 | 0,72 |

Keterangan: satuan dalam mg/l

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi nitrit, maupun nitrat di Sungai Ciujung tidak melanggar baku mutu. Paramater ammonium tidak termasuk dalam parameter yang distandarkan dalam baku mutu kualitas air.

Terjadinya proses nitrifikasi sangat tergantung pada beberapa faktor, yaitu (Chapra, 1997) [3]:

* Keberadaan bakteri nitrifikasi
* pH (optimum pada kisaran 8)
* Ketersediaan oksigen (lebih dari 1-2 mg/L)

Jenis populasi mikroba yang terlibat dalam proses nitrifikasi di perairan laut ini juga terbagi menjadi dua jenis, yaitu mikroorganisme yang mengoksidasi ammonium menjadi nitrit, yaitu *Nitrosomonas,* serta *Nitrosococcus,* dan mikroorganisme yang mengoksidasi nitrit menjadi nitrat, yaitu *Nitrobacter, Nitrospira, Nitrospina,* serta *Nitrococcus* (Ambarsari, 1999) [4]. Untuk perairan pantai yang dangkal dan daerah permukaan laut, proses nitrifikasi merupakan proses yang mendominasi aktivitas bakteri dalam siklus nitrogen. Hal ini terjadi karena kondisi lingkungan yang mendukung. Karakteristik lingkungan ini mengakibatkan perbedaan laju nitrifikasi yang terjadi di beberapa tempat.

Laju kinetik ditentukan menggunakan data primer yang diambil pada bulan Agustus 2008. Nilai laju tersebut ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3**

**Perhitungan penentuan nilai Konstanta K untuk pembentukkan ammonia, nitrat dan, nitrit**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| segmen | | Jarak (m) | Kecepatan  (m/hari) | t (hari) | K22 | K23 | K33 | K34 | K44 |
| Titik awal | Titik akhir |
| 0 | 13,85 | 13850 | 11194,68 | 1,237 | 0,560 | 0,560 | 1,121 | 1,121 | 1,681 |
| 13,85 | 21,54 | 21540 | 12171,43 | 1,770 | -1,515 | -1,515 | -4,012 | -4,012 | -7,485 |
| 21,54 | 23,08 | 23080 | 12171,43 | 1,896 | 0,189 | 0,189 | 2,593 | 2,593 | 3,622 |
| 23,08 | 43,85 | 43850 | 11855,64 | 3,699 | -0,093 | -0,093 | -1,269 | -1,269 | -1,756 |

Keterangan: nilai K dalam hari-1

Berdasarkan penelitian terdahulu, nilai laju kinetika dalam proses nitrifikasi adalah sebagai berikut (Yakuzhev, 1997) [5]:

K22/ K23 (kehilangan ammonia/ pembentukan nitrit) = 0,001-0,13 hari-1

K33/K34 (kehilangan nitrit/pembentukan nitrat) = 0,01-0,63 hari-1

K44 = 0,16 hari-1

Nilai yang dipergunakan oleh Yakuzhev adalah 1,16x10-6 detik-1, 7,29x10-6 detik-1, dan 1,85x10-6 detik-1. Penelitian lain yang dilakukan oleh United States Geological Survey pada "Modeling Unsteady Transport of Nitrogen, Biochemical Oxygen Demand, and Dissolved Oxygen in the Chattahoochee River Downstream from Atlanta, Geogria (USGS, 1985) [6], K22/K23 adalah 0,40 hari-1, K33/K34=3,3 hari-1.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa nilai K22/K23 berkisar antara -1,515~0,560 hari-1, nilai negatif menandakan pembentukan ammonia, sehingga proses yang terjadi adalah denitrifikasi, hal ini terjadi pada segmen kedua dan keempat. Nilai negatif juga terjadi di segmen dua dan empat untuk K33/K34 (-1,269~-4,012 hari-1), dan K44 (-1,756~-7,485 hari-1). Hal ini menunjukkan bahwa proses yang dominan terjadi pada segmen tersebut adalah denitrifikasi.

Pada air yang jenuh (kondisi anaerob), beberapa spesies bakteri heterotrofik menggunakan nitrat sebagai akseptor elektron pada saat bernafas/menghirup materi organik. Sejumlah nitrat tereduksi secara beruntun menjadi nitrit kemudian menjadi N2. Karena nitrogen hilang pada proses ini, maka disebut denitrifikasi. Bakteri yang berperan dalam proses denitrifikasi ini antara lain *Paracoccus denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans*, dan *pseudomonas*.

Kelebihan nitrit pada lingkungan dapat member dampak buruk pada kesehatan. Penyalahgunaan inhalan nitrit yang mudah menguap dapat menyebabkan methemoglobinemia berat dan kematian. Terpapar nitrit tak sengaja dalam laboratorium kimia dan penghirupan pada usaha bunuh diri pernah terjadi. Tingginya kadar nitrat pada air minum terutama yang berasal dari sungai atau sumur di dekat pertanian juga sering menjadi sumber keracunan nitrat terbesar.

Hal ini sangat berbahaya bila kandungan nitrat ini dikonsumsi oleh anak bayi dan dapat menimbulkan keracunan akut. Bayi yang baru berumur beberapa bulan belum mempunyai keseimbangan yang baik antara usus dan bakteri usus. Sebagai akibatnya, nitrat yang masuk dalam saluran pencernaan akan langsung diubah menjadi nitrit yang kemudian berikatan dengan hemoglobin membentuk methemoglobin. Ketidak mampuan tubuh bayi untuk mentoleransi adanya methemoglobin yang terbentuk dalam tubuh mereka akan mengakibatkan timbulnya sianosis pada bayi. Pada bayi yang telah berumur enam bulan atau lebih, bakteri pengubah nitrat di dalam tetap ada walau dalam jumlah sedikit. Pada anak-anak dan orang dewasa, nitrat diabsorbsi dan di sekresikan sehingga resiko untuk keracunan nitrat jauh lebih kecil.

Pada segmen satu dan segmen tiga, proses nitrifikasi terjadi, ditandai dengan laju kinetik positif. Rentang nilai K22/K23 pada segmen satu dan tiga adalah 0,189~0,560 hari-1, untuk nilai K33/K34 adalah 1,121~1,593 hari-1, sedangkan untuk nilai K44 adalah 1,681~3,622 hari-1.

Nilai laju kinetika nitrifikasi yang besar menunjukkan kondisi aerob atau kaya oksigen pada perairan. Hal ini disebabkan karena proses nitrifikasi memerlukan oksigen dalam transformasi ammonium menjadi nitrit dan nitrat. Sedangkan proses denitrifikasi menunjukkan kondisi anaerob atau miskin oksigen pada perairan.

Dari hasil penentuan nilai laju kinetik ini, diperoleh bahwa pada segmen dua dan empat, kondisi perairan miskin oksigen, dengan tingkat laju denitrifikasi yang relatif tinggi. Sedangkan pada segmen satu dan tiga, perairan kaya oksigen sehingga proses nitrifikasi terjadi.

Kondisi mengindikasikan keberadaan bakteri nitrifikasi serta konsentrasi oksigen yang memadai untuk terjadinya proses oksidasi ammonium menjadi nitrit dan nitrat. Suhu serta pH juga berkisar di antara kondisi yang mendukung terjadinya proses nitrifikasi, yaitu temperatur sekitar 20 derajat Celcius, dan pH normal agak basa.

1. **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa hal yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

* Hasil analisis terhadap data sekunder tahun 2005-2008 yang diambil oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Kota Serang menunjukkan bahwa konsentrasi nitrit telah melampaui nilai maksimum baku mutu yang terdapat pada PP No. 82 Tahun 2001, sedangkan nilai konsentrasi nitrat masih memenuhi baku mutu.
* Hasil analisis data primer yang diambil pada bulan Agustus 2008 menunjukkan bahwa baik konsentrasi nitrit maupun nitrat masih memenuhi baku mutu.
* Nilai laju kinetik nitrifikasi menunjukkan rentang -1,515~0,560 hari-1 untuk K22/K23, -4,012~2,593 hari-1 untuk K33/K34 dan -7,485~3,622 hari-1 untuk K44. Nilai laju kinetik yang bertanda negatif terjadi pada segmen kedua dan keempat. Hal ini menunjukkan bahwa pada segmen tersebut terjadi proses denitrifikasi. Nilai positif pada laju kinetik terjadi di segmen satu dan tiga, menandai bahwa proses nitrifikasi terjadi untuk segmen tersebut.

1. **DAFTAR RUJUKAN**

[1] Thomann, Robert V,,John A, (1987), Principles Of Surface Water Quality Modelling And Control, New York, USA: Harper & Row, Publishers, Inc.

[2] Sachoemar, S.I., Aliah, R.S., 1996. "Evaluasi Kualitas Lingkungan Perairan Wilayah Pesisir Utara Karawang Berdasarkan Tinjauan Beberapa Parameter Fisika-Kimia", Oceanica no. 2 Tahun II, 1996. BPPT. Jakarta.

[3] Chapra, S.C. 1997. "Surface Water-Quality Modeling", McGraw-Hill International Editions. Singapore.

[4] Ambarsari, H, Ridlo, A. 1999. "The Nutrient Cycling in Marine Environment by Marine Microbial Communities", Oceanica 05, 5ft, 1999. BBPT. Jakarta.

[5] Yakuzhev, W.V, 1997. "Modelling of Anoxic Condition Formation as an Example of The Black Sea". Internet Homepage

[6] United States Geological Survey (USGS). 1985. "Modeling Unsteady Transport of Nitrogen, Biogeochemical Oxygen Demand, and Dissolved Oxygen in the Chattahoochee River Downstream from Atlanta, Georgia".

1. \*) yonik@unpas.ac.id

   \*\*) Alumni Prodi Teknik Lingkungan FT-Unpas [↑](#footnote-ref-1)