

NUTRIEN PEMBATAS DI EAST RIVER, KOREA

Aditya Rahman KN

Program Studi Biologi Fakultas MIPA, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. A. Yani Km 36 Banjarbaru Kalimantan Selatan

Email : Aditya_unlam@yahoo.co.id

ABSTRACT

This study presents information on physico-chemical and nutrients that limit the water of East River, Korea. Collected water samples from 16 main streams and 7 branches in May-November 2008 were measured for their heavy metal and nutrients concentration. Nutrient enrichment bioassay tests with the use of *Nitzschia pungens* was also conducted. This three-season study indicated that the phosphorus was the limiting factor for algal growth.

Keywords : *Limiting nutrients, nutrients enrichment bioassay*

PENDAHULUAN

Dalam ekosistem, pertumbuhan phytoplankton biasanya dibatasi oleh satu nutrisi pembatas. Biomassa yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan nutrisi pembatas dan laju pertumbuhan akan berbanding lurus dengan suplai nutrisi pembatas. Dengan menggunakan hubungan kuantitatif antara konsentrasi nutrisi pembatas dan potensi biomassa alga yang dihasilkan, dapat dievaluasi resiko meningkatnya biomassa alga dan ditentukan nutrisi mana yang harus dikurangi serta dikontrol dalam input

antropogenik untuk mengurangi dampak eutrofikasi (Jie, 2007).

Tidak ada metode tunggal yang digunakan untuk menentukan nutrisi pembatas. Selama beberapa dekade, rasio perbandingan nutrisi telah digunakan untuk memprediksi nutrisi pembatas (Jie, 2007). Perbandingan rasio nutrisi yang ada di lingkungan hanya menunjukkan potensi dan belum dapat menunjukkan pembatasan sesungguhnya oleh nutrisi, karena konsentrasi nutrisinya mungkin saja tidak cukup rendah untuk membatasi pertumbuhan fitoplankton (Justic *et al.*, 1995). Nutrient Enrichment Bioassay merupakan hal

yang penting untuk lebih memahami hubungan antara konsentrasi nutrisi dengan plankton (Persic *et al.*, 2005). Bioassay ini adalah salah satu metode paling umum yang secara luas digunakan untuk menentukan nutrisi pembatas (Graneli, 1984). Tujuan penelitian ini adalah (1) untuk menyajikan informasi kondisi fisikokimia serta nutrisi di East River, Korea (2) untuk mengidentifikasi potensi nutrisi pembatas di East River, Korea berdasarkan perbandingan rasio nutrisi dan metode Nutrient Enrichment Bioassay.

BAHAN DAN METODE

Daerah Penelitian

East River adalah bagian dari sistem Sungai Han yang mengalir di bagian timur. Sungai ini bercabang ke beberapa aliran sungai antara lain:

Nutrient Enrichment Bioassays (NEBs)

Satu set bioassay yang dilakukan; kontrol (tanpa nutrisi tambahan), +P, +N, +Si, +Fe, +Al, P+Si, N+ Si, Fe+Si, Al+Si, P+N+Si. Laju pertumbuhan (μ : day⁻¹) pada setiap rangkaian kondisi perlakuan dihitung dengan menggunakan persamaan dari APHA (1995), sebagai berikut :

Bongsan, Golji, Odae, Uh, Youngtan, Dongnam, dan Seokhang. Sampel air dikumpulkan dari 16 titik di sungai utama dan 7 titik pada cabangnya pada bulan Mei, Agustus, dan November 2008 (Gbr.1)

Parameter Fisikokimia

Sampel air untuk analisis nutrisi diambil dari pertengahan kedalaman sungai sebanyak 5 liter dan dimasukkan ke dalam tempat sampel air. Adapun parameter yang diukur adalah temperatur (T), pH, konduktivitas, oksigen terlarut (DO), transmisi cahaya (LT), solid tersuspensi (SS), total nitrogen (TN), nitrogen anorganik terlarut (DIN), nitrat (NO₃), nitrit (NO₂), ammonia (NH₄), total fosfat (TP), ortofosfat (PO₄), klorofil *a* (Chl *a*), Silika (SiO₂). Semua parameter diukur dari semua site di tahun 2008.

$$\mu \text{ (day}^{-1}\text{)} = \ln (X_2/X_1)/(T_2 - T_1)$$

where, X_1 = the concentration of Chl *a* at the initial incubation stage (T_1 h);

X_2 = the concentration T_2 h

Alga yang ada diberi perlakuan dengan tujuh konsentrasi nutrisi yang berbeda (0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10 ppm). Untuk setiap percobaan pengkayaan nutrisi,

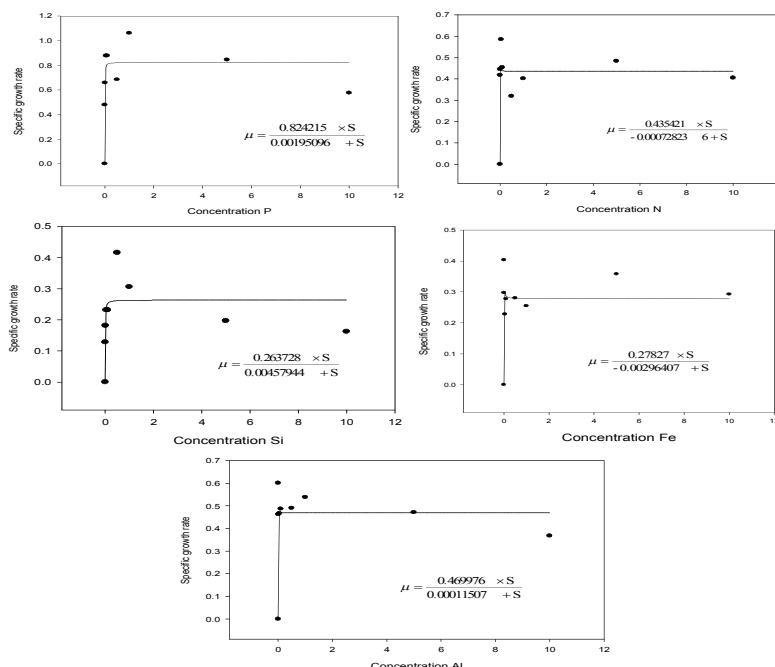
efek perlakuan yang signifikan akan ditentukan dengan one-way ANOVA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

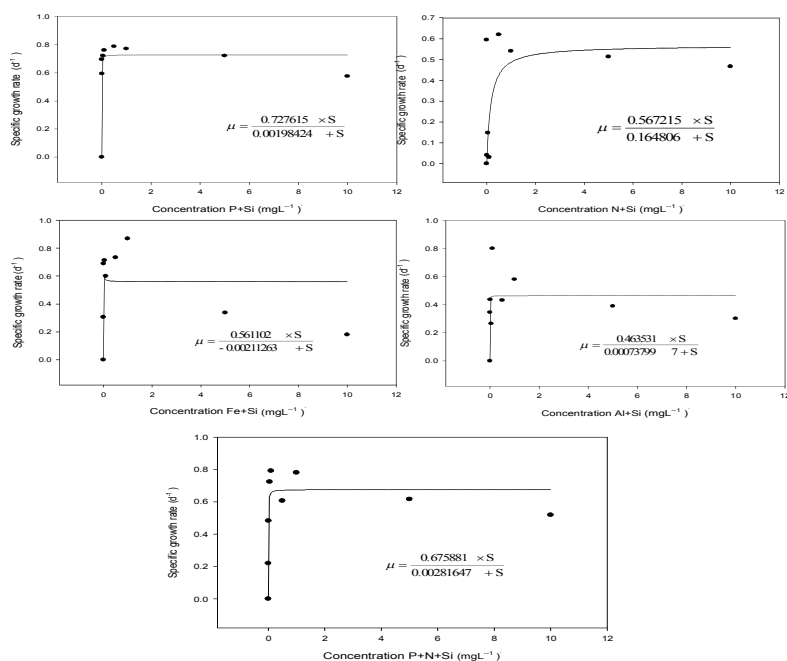
Nilai rata-rata rasio TN:TP pada tiga musim (musim semi, panas dan gugur) cukup tinggi (.8 mgL⁻¹, 278.7 mgL⁻¹, dan 353.8). Rasio Si:TP pada ketiga musim adalah 29.5– 337 mgL⁻¹, 81.8–293 mgL⁻¹, dan 28.5–730 mgL⁻¹. Rasio DIN:P untuk musim semi; 37–260 mgL⁻¹, musim panas; 28–304 mgL⁻¹, dan musim gugur; 41.3–490 mgL⁻¹. Rasio Si:DIN pada musim semi, panas dan gugur adalah 0.3–3.7 mgL⁻¹, 0.5–6.7

mgL⁻¹, dan 0.26–7.7 mgL⁻¹. Sedangkan, rasio Si:N adalah 0.06 – 0.9 mgL⁻¹, 0.2 – 1.2 mgL⁻¹, dan 0.1 – 1.3 mgL⁻¹ untuk masing-masing musim.

Nilai Maximum Specific Growth Rate (MSGR) *N. pungens* (dipresentasikan dalam Gbr.2) dihitung dari perlakuan menggunakan P, N, Si, Al, dan Fe (0.82, 0.44, 0.26, 0.28 and 0.47). Nilai MSGR yang didapat dari perlakuan menggunakan kombinasi nutrisi (P+Si, N+Si, Si+Fe, Al+Si and P+N+Si) ditunjukkan dalam Gbr.3. Grafik-grafik tersebut menunjukkan nilai MSGR sebagai berikut: 0.77, 0.51, 0.56, 0.48, dan 0.68.



Gambar 1. Grafik-grafik MSGR *Nitzschia pungens* dengan perlakuan menggunakan P, N, Si, Al dan Fe



Gambar 2. Grafik-grafik MSGR *Nitzschia pungens* dengan perlakuan menggunakan nutrisi kombinasi: P,N, Si, Al and Fe of P+Si, N+Si, Si+Fe, Al+Si dan P+N+Si

Konsentrasi nutrisi yang tertinggi ditunjukkan di musim panas. Pada musim ini, curah hujan yang cukup tinggi menyebabkan masuknya nutrisi dari daratan. Jie (2007) menyatakan bahwa di musim panas, selama periode curah hujan tertinggi, air tawar akan membawa masukan nutrisi dalam jumlah besar yang berasal dari aktivitas antropogenik dan sumber-sumber alamiah (Jie, 2007).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada musim semi, selama masa transisi antara musim hujan dan kering, lingkungan

sekitar sungai mulai mengganggu ke dalam perairan, tetapi nilai rata-rata dari NO_3 dan SiO_2 masih rendah (1.82 mg/L and 1.79 mg/L). Nilai rata-rata DO adalah 10.34 mg/L yang berarti konsentrasi oksigen dalam air cukup tinggi, suhu mulai menghangat dengan kisaran antara 13–21⁰C. Penetrasi cahaya ke dalam air sungai cukup memadai bagi alga untuk melakukan fotosintesis (nilai rata-rata transparansi cahaya di air 81.79%). Sementara itu, hasil menunjukkan bahwa rata-rata nilai dari SS adalah 3.01 mg/L, yang mana menurut Kementerian Lingkungan Hidup Korea

Selatan, masih dalam katagori sangat baik dan merupakan ekosistem sungai yang sehat. Pada musim ini, laju pertumbuhan biomassa alga mulai meningkat karena dukungan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan alga.

Pada musim panas, kloropil *a* menunjukkan korelasi yang signifikan antara TP dan PO₄ di lingkungan perairan. Nilai Pearson dari TP dan kloropil *a* di musim semi dan musim panas adalah 0.526 (dengan nilai *p* 0.020) dan 0.563 (dengan nilai *p* 0.004). Adapun korelasi yang signifikan antara kloropil *a* dan PO₄ hanya terjadi dimusim panas dengan nilai pearson 0.601 dan nilai *p* 0.005. Hal ini berarti peningkatan konsentrasi dari klorofil *a* di dalam perairan dipengaruhi oleh keberadaan pospat (P). Meskipun jumlah konsentrasi pospat lebih kecil dibandingkan nitrogen. Situasi ini konsisten dengan Stanley *et al.*, (1990) yang menyatakan bahwa peningkatan secara cepat klorofil biasanya akan diikuti dengan level nutrien yang rendah di lingkungan. Hasil statistik dari konduktivitas pada musim panas juga mengindikasikan korelasi yang negatif terhadap TP

(nilai pearson 0.426, nilai *p* 0.038). Hal ini relevan dengan pernyataan Biggs (1996), bahwa konduktansi spesifik (biasa diukur sebagai konduktivitas) juga telah digunakan sebagai indikator *nutrient enrichment*. Konduktansi mencerminkan konsentrasi ion-ion makro, sehingga nutrien-nutrien terlarut dari bebatuan diasumsikan meningkat secara proporsional dengan peningkatan total ion. Pada musim panas, nutrien terlarut yang rendah disebabkan karena tingginya permintaan oleh alga sehingga berdampak pada rendahnya nilai konduktivitas di sungai (May *et al.*, 1997). Kemungkinan masalah di atas juga mengakibatkan penurunan konsentrasi oksigen di air, hal ini ditunjukkan dengan penurunan DO (nilai rata-rata 9.21 mg/L) dimusim ini, dibandingkan dengan yang ada di musim semi dimana nilai rata-rata DO 10.34 mg/L.

Dari hasil statistik, tampak bahwa ada hubungan signifikan antara DIN dan TP di kedua musim, musim semi (Pearson value 0.604, *p* 0.002) dan gugur (Pearson value 0.455, *p* 0.026). Hal ini terkait dengan penggunaan lahan yang mengelilingi sungai akibat aktivitas

pertanian. Seperti yang dinyatakan oleh Ludwig *et al.* (2008) bahwa pada umumnya pertambahan aktivitas pertanian di sekitar air sungai akan meningkatnya input level konsentrasi DIN dan TP ke dalam sungai. Pada musim panas, absennya korelasi antara DIN dan TP kemungkinan timbul karena luasnya dilusi yang terjadi pada musim ini.

Menurut Fujiki *et al.* (2004), ketersediaan P didalam sistem digunakan dengan cepat oleh fitoplankton dengan banyaknya ketersediaan N dan Si yang disuplai oleh aliran sungai. Maiestrini *et al.* (1997) juga menyatakan bahwa kecepatan daur ulang (recycling) bervariasi dengan perbedaan elemen fosfor, contohnya, lebih cepat dari nitrogen dan silika. Hal ini mungkin saja terjadi, khususnya karena konsentrasi nitrogen dalam badan air lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi fosfor, yang dikarenakan konsumsi P oleh fitoplankton dan organisme lain untuk bertahan hidup.

Pada musim gugur, temperatur di aliran air rendah (8–12°C), dan persentase cahaya dalam air juga mengalami penurunan yaitu 71.31%, masa transisi musim dari

musim panas ke musim dingin. Rata-rata curah hujan cukup rendah 21.3 mm (KMA, 2009), menyebabkan terjadinya penurunan volume air di dalam sungai. Pada musim gugur, tidak ada hubungan yang signifikan antara klorofil dengan parameter fisikokimia kecuali dengan konduktivitas dan konsentrasi SiO₂. Parameter konduktivitas adalah parameter yang menggambarkan konsentrasi ion makro dalam perairan (EPA, 2000). Nutrien yang tingkat kelarutannya tinggi akan berpengaruh terhadap peningkatan ion total yang akan berdampak pada peningkatan nilai konduktivitas air. Keberadaan korelasi negatif antara klorofil dengan konduktivitas dapat terjadi karena di musim ini ion makro nutrien telah berkurang akibat konsumsi alga. Korelasi positif antara klorofil dan konsentrasi SiO₂ mungkin berhubungan dengan keberadaan dari perifiton yang banyak ditemukan di air yang mengalir. Menurut Stanley *et al.*, (1990), air mengalir biasanya didominasi oleh perifiton. SiO₂ biasanya dikonsumsi oleh perifiton untuk membentuk dinding sel. Selain itu, Hauer and Lamberti (2007), menyiratkan bahwa dinding sel

terbentuk dari SiO_2 dan terdiri dari dua bagian yang saling tumpang tindih, sementara SiO_2 telah digunakan untuk alga bertahan, tetapi tetap tersisa didalam air. Hal tersebut dikarenakan silika lebih tahan lama dan lambat untuk di daur ulang.

Konsentrasi logam berat dalam kolom air pada tiga musim (semi, panas dan musim gugur) masih berada dibawah ambang batas yang seharusnya berada pada kolom air. Namun, logam berat untuk besi (Fe), aluminium (Al) dan mangan (Mn) menunjukkan konsentrasi yang tinggi jika dibandingkan logam berat lainnya di setiap musim.

Besi dan mangan adalah unsur logam yang umumnya ditemukan di kerak bumi. Aliran air melalui tanah dan bebatuan dapat melarutkan mineral-mineral besi dan mangan serta menahan mereka dalam larutan (Dvorak *et al.*, 2007). Mangan merupakan mikronutrien yang penting untuk tanaman dan hewan. Ini adalah komponen fungsional dari asimilasi nitrat dan katalis penting bagi berbagai sistem enzim pada hewan, tanaman dan bakteri. Kebanyakan besi yang berada pada perairan dengan oksigen tinggi akan

membentuk hidroksida besi dalam partikel dan bentuk koloid serta kompleks dengan senyawa organik, terutama senyawa humat. Garam besi yang terlarut dalam air yang teroksidasi biasanya menyebabkan konsentrasi besi rendah di dalam kolom air (Anon, 1996). Aksi air tawar terhadap aluminium tergantung pada beberapa faktor yang melekat pada komposisi kimia air, sifat fisik kimianya dan kondisi tertentu seperti temperatur, garam anorganik, dan kecepatan aliran (Vargel, 2004). Konsentrasi rata-rata dari tiga logam berat (Fe, Al and Mn) masih sesuai dengan standar air minum, kecuali konsentrasi aluminium di musim panas. Selain itu, jika dibandingkan dengan standar air minum dari EPA, Fe and Mg masih sesuai standar (<0.3 mg/L dan <0.05 mg/L), sementara Al melebihi standar (> 0.05 mg / L). Di musim panas, ketiga logam berat menunjukkan peningkatan konsentrasi jika dibandingkan dengan musim lainnya, hal tersebut disebabkan oleh peningkatan volume air dan curah hujan yang relatif tinggi. Selama curah hujan tinggi, limpasan aktivitas tambang (point source pollution) dan limpasan

kegiatan pertanian (non point source pollution) mungkin melebihi kapasitas, sehingga masuk ke permukaan air yang berada di sekitarnya dan menjadi sumber polutan. Erosi sungai terjadi karena kecepatan arus cukup tinggi pada saat puncak (Ma, 2005).

Daerah titik sampling mengalir melalui area Jeongson dan Yeongwol, dimana banyak terdapat bekas pertambangan yang telah ditutup pada kedua area tersebut. Mengacu pada data pemerintah Jeongseon; ada 23 perusahaan bekas tambang, sementara 1 di area Yeongwol. Aktivitas tambang dicurigai sebagai sumber kontaminan logam berat. Seperti pernyataan Dudka and Adriano (1997) bahwa keberadaan proses penambangan (penambangan logam, peleburan dan penambangan lainnya) akan memperkenalkan kontaminan logam ke lingkungan. Meskipun aktivitas tambang telah di tutup pada kedua kota tersebut pada beberapa tahun yang lalu, namun dampak dari aktivitas penambangan sangat mungkin masih mempengaruhi ekosistem. Aktivitas penambangan (point source pollution) menyebabkan

beberapa logam berat terekspos permukaan akan tercuci oleh air hujan yang pada akhirnya masuk ke perairan. Melalui jalur ini, logam berat dibebaskan dan terangkut dari tanah yang terkontaminasi ke sungai (Selim and Sparks, 2001). Tiga logam berat (Fe, Al, and Mn) diduga mengkontaminasi sungai pada area studi melalui proses ini.

Selain itu, mayoritas masyarakatnya adalah petani. Konsekuensinya, ter dapat banyak aktivitas pertanian di kedua daerah tersebut. Dari seluruh total area, 9% digunakan untuk lahan pertanian, 85% hutan, dan 6% untuk aktivitas lainnya (Jeonseon and Yeongwol government, 2004). Dari pengamatan di lapangan, kegiatan pertanian biasanya dilakukan disekitar lingkungan DAS. Diduga, sumber utama kontaminasi merupakan ketiga logam berat (Fe, Al, and Mg) yang berasal dari non-point source (aktivitas pertanian). Sumber utama dari pertanian adalah pupuk yang mengandung nutrisi yang berlebihan seperti nitrogen, pospat, dan beberapa logam berat (Withers & Lord, 2002). Pupuk adalah campuran bahan garam anorganik yang tentunya dapat

mengikat Al (Vargel, 2004), Fe, dan Mn, kompleks atau terner pupuk, yang terdiri dari proporsi variabel garam dari tiga elemen dasar yaitu N (nitrogen), P (pospat), K (potasium). Elemen P terserap oleh fraksi tanah yang paling rentan terhadap erosi (tanah liat, mengoksidasi Fe dan Al) dan penting untuk mengurangi erosi tanah sehingga dapat menjadi kontrol terhadap kehilangan partikulat P. Pospat sering tertumpuk beberapa sentimeter di atas tanah, terutama pada daerah yang minim pengolahan. Oleh karena itu, tingkat pospat terlarut dapat menjadi cukup tinggi beberapa sentimeter di atas tanah yang paling interaktif terhadap limpasan aliran permukaan (Ritter and Shirmohammadi, 2001).

Saat pupuk hewan dan pupuk sintetis yang diaplikasikan berdasarkan N yang dibutuhkan, level P dapat meningkat secara cepat di tanah. Peningkatan permintaan nutrisi tentunya akan diikuti dengan peningkatan ketiga logam berat (Fe, Al, and Mg), dan akan meningkatkan konsentrasi logam berat di badan air yang berasal dari proses leaching dari tanah oleh hujan. Di bidang pertanian, polusi limpasan nutrisi

tinggi terjadi dari banyaknya praktek-praktek pertanian yang terdampas masuk ke dalam sungai (Haskins *et al.*, 2000). Jika tidak dikelola dengan hati-hati, di masa depan kualitas air sungai mungkin akan mengalami perubahan dan akan membahayakan seluruh ekosistem serta akan berpengaruh secara tidak langsung bagi kehidupan manusia.

Ratio perbandingan nutrisi ratio and Nutrient Enrichment Bioassay

Perubahan dalam pemasukan nutrisi antropogenik ke ekosistem perairan cenderung mempengaruhi struktur dan fungsi komunitas fitoplankton di perairan tersebut (Piehler *et al.*, 2002). Beberapa efek lebih mudah untuk diprediksi (misalnya laju yang lebih tinggi dari produktivitas primer yang mengikuti penambahan nutrisi pembatas), sementara yang lain seperti pergeseran bentuk komposisi komunitas dan perubahan laju dari proses-proses spesifik (misal fiksasi N₂) semakin sulit untuk diperkirakan. Strategi-strategi manajemen yang didesain untuk memperbaiki penurunan kualitas air antropogenik harus mempertimbangkan efek-efek tak terduga.

Konsep pembatasan nutrien tidaklah mudah untuk didefinisikan secara jelas. Ada perbedaan penting antara pembatasan produksi biomasa dan laju pertumbuhan. Pembatasan biomasa termasuk dalam kategori “ecological” dan tergantung pada konsentrasi nutrien pembatas yang mempengaruhi biomasa alga. Pembatasan laju pertumbuhan termasuk dalam kategori “physiological” dan tergantung pada laju suplai nutrien pembatas yang mempengaruhi laju pertumbuhan alga (Paasche dan Erga, 1988). Jumlah biomasa fitoplankton yang diproduksi dapat dibatasi oleh konsentrasi nutrien lingkungan, bahkan saat laju pertumbuhannya tidak terpengaruh (Howarth, 1988). Sementara menurut University of Florida dalam “Beginner’s Guide to Water Management Nutrients (2000), konsep nutrien pembatas merupakan kebutuhan kimiawi untuk pertumbuhan tanaman, tetapi tersedia dalam jumlah yang lebih kecil daripada yang dibutuhkan alga untuk memperbanyak diri.

Dari pemeriksaan parameter fisikokimia sungai dalam studi ini, fosfor dalam fosfor terlarut (PO_4) dari

sebagian besar pengambilan sampel tidak terdeteksi, dikarenakan konsentrasinya yang sangat kecil dalam sampel air. Oleh karena rendahnya konsentrasi fosfor dan nitrogen terlarut, banyak peneliti yang terbiasa menggunakan total P dan total N untuk mengestimasi jumlah P dan N dalam sebuah sistem (UF, 2000). Hasil analisis fisikokimia dalam lingkungan air di ketiga musim menunjukkan bahwa level TP (0.01-0.07 mg/L) jauh lebih kecil dari level TN (2.08 to 19.48 mg/L), yang berarti bahwa TP merupakan nutrien pembatas untuk pertumbuhan alga. Hal ini relevan dengan pernyataan Jie (2007) bahwa nutrien yang tersedia dalam level yang sangat rendah bila dibandingkan dengan nutrien lain, diduga sebagai nutrien pembatas.

Menurut Fujiki *et al.* (2004), bila $PO_4 < 0.2$; $Si/P > 20$; $N/P > 20$, berarti P sebagai nutrien pembatas. Jika dibandingkan dengan standar University of Florida yang menyatakan bahwa suatu ekosistem air dianggap N-limited jika rasio TN/TPnya kurang dari 10, dianggap N atau P-limited jika rasio 10-17, dan jika lebih dari 17 dianggap sebagai P-

limited. Dengan begitu, berdasarkan standar University of Florida, rasio TN/TP dalam studi ini menunjukkan bahwa P merupakan nutrisi pembatas. Menurut Dzalowski dkk (2005), N-limited mempunyai kolom air dengan rasio TN/TP ,18; co-limited oleh N dan P mempunyai kolom air dengan rasio TN/TP antara 20 dan 46, dan P-limited jika rasio TN/TP lebih besar dari 65. Sedikit perbedaan terlihat bila dibandingkan dengan Justic *et al.* (1995), yang memberikan kriteria: (a) Pembatasan oleh N terjadi jika $DIN:P < 10$ dan $Si:DIN > 1$; (b) Pembatasan oleh P terjadi bila $Si:P > 22$ dan $DIN:P > 22$; (c) Pembatasan oleh Si terjadi bila $Si:P < 10$ dan $Si:DIN < 1$. Dari semua referensi diatas, sebagai hasil dari studi ini, dapat ditentukan bahwa P merupakan nutrisi pembatas dalam lingkungan air ini dengan rasio Si:P dan DIN:P di semua musim diatas 22.

Rasio perbandingan nutrisi di lingkungan hanya mengindikasikan potensi dan belum memastikan nutrisi pembatas sebenarnya, karena konsentrasi nutrisi di lingkungan yang sebenarnya tidak cukup rendah untuk membatasi pertumbuhan fitoplankton (Justic *et al.*, 1995).

Metode bioassay adalah metode yang penting untuk lebih memahami hubungan antara konsentrasi nutrisi dan plankton (Persic *et al.*, 2005). Media buatan berbeda dari media pertumbuhan alami, yang mana umumnya terlindung dari proses pemangsaan dan dapat menyediakan nutrisi yang cukup melalui difusi pasif (Ludwig *et al.*, 2008).

Namun aspek praktis dari Nutrient Enrichment umumnya terfokus pada total biomassa dari fitoplankton yang diproduksi, dan bukan pada produksi spesies tunggal, meskipun gangguan blooming sering mendekati monospesifik. Konsekuensinya, pertanyaan yang relevan adalah: dapatkah pertumbuhan komunitas fitoplankton di alam meningkat atau menurun secara signifikan oleh adanya penambahan atau pengurangan satu atau lebih nutrisi? Nutrien mana yang terbaik pengaruhnya? Pertanyaan-pertanyaan ini menarik untuk diperhatikan pada variabel agregat seperti produksi primer dan biomassa alga (atau pengganti seperti konsentrasi klorofil) dan respon terhadap Nutrient Enrichment (Hecky and Kilham, 1988).

Bioassay pada penelitian ini terdiri dari dua bagian; yang pertama adalah penambahan nutrisi tunggal-logam berat (Al and Fe). Yang kedua adalah penambahan nutrisi-logam berat + silika (Si). Sebagai hasil penambahan nutrisi-logam berat dan nutrisi-logam berat + Si pada penelitian ini semua menunjukkan penurunan biomassa alga pada konsentrasi di atas 1 ppm (mg/L). Menurut Bothwell (1989), peningkatan produksi klorofil hanya akan terjadi jika tingkat nutrisi di lingkungan sangat rendah dan peningkatan klorofil akan lebih moderat ketika tingkat nutrisi di lingkungan lebih tinggi. Dari hasil diketahui bahwa konsentrasi di atas 1 ppm menghambat laju pertumbuhan alga ditunjukkan oleh penurunan biomassa melalui penurunan konsentrasi klorofil. Ini sejalan dengan pernyataan Richmond (2004) bahwa suplai nutrisi yang berlebih akan menjadi pembatas, mengakibatkan stress serta dapat mengurangi laju pertumbuhan.

Grafik hiperbola dari pospat; P, P+Si, and P+N+Si menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan biomassa alga akan lebih tinggi di bandingkan

dengan perlakuan tanpa keberadaan pospat (P). Meskipun pada penambahan nutrisi lain tetap terjadi pertumbuhan, tetapi grafik juga menunjukkan bahwa pengaruh terbesar terlihat pada penambahan nutrisi pospat. Selain itu, hasil analisis statistik yang menggunakan one way ANOVA menunjukkan pengaruh yang signifikan setiap terjadi penambahan pospat di berbagai konsentrasi.

Biomassa yang tinggi dapat dihasilkan dari produksi yang tinggi atau agregasi mekanik dari fitoplankton, sementara biomassa yang rendah mungkin dikarenakan produksi yang rendah, atau dispersi mekanik dari biomassa atau pemangsaan oleh predator (Ragueneau *et al.*, 1996). Pertumbuhan fitoplankton pada akhirnya akan dibatasi oleh satu nutrisi kunci dalam satu ekosistem tertentu. Biomassa fitoplankton berbanding lurus dengan konsentrasi dari nutrisi pembatas pertumbuhan. Sangat penting bagi kita untuk memahami hubungan kuantitatif antara nutrisi dan potensi biomassa yang dihasilkan. Hubungan ini dapat menolong kita untuk mengevaluasi

resiko peningkatan biomassa alga, dan memutuskan nutrisi mana yang harus dikurangi dari proses pemasukan untuk menghindari efek eutrofikasi.

Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa kedua metode mengindikasikan bahwa P berpotensi sebagai nutrisi pembatas. Prediksi dari perbandingan rasio nutrisi memperlihatkan hasil yang sama dengan hasil NEB yang mana laju pertumbuhan dibatasi oleh nutrisi P. Nitrogen secara tradisional dilihat sebagai nutrisi yang membatasi produktivitas di perairan daerah pesisir (Oviatt *et al.*, 1995). Akhir-akhir ini, P sebagai pembatas sering terlihat pada daerah pesisir yang dipengaruhi sungai selama periode limpahan sungai tinggi, dengan tingginya masukan rasio perbandingan N:P (Harrison *et al.*, 1990). Hasil penelitian ini sama dengan Scheffer (2001), yang menyatakan produksi primer dari sistem air tawar biasanya dibatasi oleh Fosfor. Oleh karena itu potensi P sebagai nutrisi pembatas selalu hadir pada perairan tawar sampai area perairan dengan salinitas rendah pada permukaannya, dimana stratifikasi termohalin terjadi pada kolom air

khususnya selama curah hujan tinggi di musim panas (Jie, 2007).

Nutrien yang masuk ke badan air melalui proses alamiah dan juga karena aktivitas manusia yang berada di sekitar badan air, khususnya aktivitas pertanian, akan mempengaruhi perairan tersebut. Hal ini didukung oleh UF (2000) yang mana menyatakan P, N dan nutrisi lainnya dapat masuk ke badan air secara tidak sengaja sebagai hasil kegiatan manusia (pemupukan lahan, pemupukan tanaman pertanian, pembuangan limbah air, dan limpahan dari hasil buangan limbah rumah tangga serta area komersil lainnya). Namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang dari mana sumber pemasukan nutrisi terbesar ke badan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Anon. b (1996) South African water quality guidelines. 2nd Edition, Domestic Use 1, Department of Water Affairs and Forestry, South African.
- Biggs, B. J. F. 1996. Patterns in benthic algae of streams. In: *Algal Ecology*.
- Stevenson, J., M. L. Bothwell, and R. L. Lowe (eds.). Academic Press, San Diego, CA. pp. 31-51.

- Department Of Water Affairs and Forestry .1995. *South African Water Quality Guidelines for Marine Coastal Waters*. Vol. 1: the Natural environment.
- Dudka, S. and D.C. Adriano. 1997. Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review. *J. Environ. Qual.* 26:590-602.
- Dvorak, B. I; Prasai, G.; Skipton, S.O.; Woldt, W. 2007. Drinking water : Iron and Manganese. University of Nebraska-Lincoln Extension. US.
- Dzialowski, A. R., S.H Wang; N. C Lim; W. W. Spotts and D. G.Huggins. 2005. Nutrient limitation of phytoplankton growth in central plains reservoirs,USA . *Journal of Plankton Research* 2005 27(6):587-595
- Edwards, A.C., Twist, H., Codd, G.A.2000. Assessing the impact of terrestrially derived phosphorus on flowing water systems. *Journal of Environmental Quality* 29:117–124.
- EPA. 2000. Nutrient Criteria Technical Guidance Manual Rivers and Streams. United State Environment Protection Agency. Washington DC.
- Francoeur, S.N .2001. Meta-analysis of lotic nutrient amendment experiments: detecting and quantifying subtle responses. *Journal of the North American Benthological Society* 20:358–368.
- Fujiki,T., Toda, T., Kikuchi, T., Aono, H., Taguchi, S. (2004). Phosphorus limitation of primary productivity during the spring-summer blooms in Sagami Bay, Japan. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 283: 29–38.
- Garratt, R. 2006. *Lake and River*. Chelsea House Publishers. New York. pp : 21
- Haskins CA, van Driel D & Siebritz R . 2000. An assessment of the condition of the Bottelaty River based on SASS4 and IHAS methodologies. Scientific Services, Cape Metropolitan Council
- Hauer, F.R and G A. Lamberti. 2007. *Methods in Stream Ecology*. Academic Press is an imprint of Elsevier. USA
- Hecky, R. E and Kilham, P. 1988. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environment: A riviewof recent evidence on the effects of enrichment. *Limnol. Oceanogr.*, 33 : 796 – 822.
- Harrison PJ, Hu MH, Yang YP, LU, X. 1990. Phosphate limitation in estuarine and coastal waters of China. *J Exp Mar Biol Ecol* 140:7987
- Howarth RW (1988) Nutrient limitation of net primary production in marine systems. *Anu Rev Ecol* 19: 89-110.
- Hudson, J. J., W. D. Taylor, and D. W. Schindler. 2000. Phosphate concentrations in lakes. *Nature* 406:54–56
- Jie, XU. (2007). Nutrient Limitation in the Pearl River Estuary, Hong Kong waters and Adjacent South China sea waters. Thesis. The Hong Kong University of Science and Technology.
- Jong FD (2006) *Marine Eutrophication in perspective*. Springer, p 88-94.

- Justic D, Rabalais NN, Turner RE, Dortch Q . 1995. Change in nutrient structure of river-dominated coastal waters: stoichiometric nutrient balance and its consequences. *Estuar Coast Shelf Sci* 40:339-356.
- Ludwig, A., Matlock, M., Haggard, B. E., Cummings, E. 2008. Identification and evaluation of nutrient limitation on periphyton growth in head water streams in the Pawnee Nation, Oklahoma. *Science Direct* 32: 178 – 186
- Ma, Y. 2005. Monitoring of Heavy Metals in the Bottelary River Using *Typha capensis* and *Phragmites australis*. Thesis. University of the Western Cape.
- May, C. W., E. B. Welch, R. R. Horner, J. R. Karr, and B. W. Mar. 1997. *Quality Indices for Urbanization Effects in Puget Sound Lowland Streams*. Department of Civil Engineering, University of Washington, Water Res. Series Tech. Rep. No. 154.
- Oviatt C, Doering P, Nowicki B, Reed L, Cole J, Frithsen J. 1995. An ecosystem level experiment on nutrient limitation in temperate coastal marine environments. *Mar Ecol Prog Ser* 116: 171-179.
- Paasche E, Erga SR (1988) Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplankton in the inner Oslofjord (Norway). *Sarsia* 73: 229-243.
- Persic, V., J. Horvatic & M. Mihaljevic, 2005. Bioassay method in the trophic evaluation of wetland area-a case study in the Danubian region (1426 1388 r. KM). *Periodicum Biologorum* 107: 299 – 304
- Piehler, M.F., Dyble, J., Moisander, P. H., Pinckney, L. J., Paerl, H. W. 2002. Effects of modified nutrient concentration and ratios on the structure and function of native phytoplankton community in the Neuse River Estuary, North Carolina, USA. *Aquatic Ecology* 36: 371 – 385.
- Ragueneau O, Quéguiner B, Tréguer P. 1996. Contrast in Biological Responses to tidally-induced vertical mixing for two macrotidal ecosystems of western Europe. *Coast Estuar Shelf Sci* 42: 645-665.
- Richmond, A. 2004. *Handbook of Micro algal Culture : Biotechnology and Applied Phycology*. Black'well Science. Australia.
- Sandgren, C.D.. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Carnbridge.
- Schindler, D.W. 1978. Factors regulating phytoplankton production and standing crop in the world's freshwaters. *Limnol. Oceanogr.* 23 : 478-486.
- Smith VH, Tilman GD, Nekola JC .1999. Eutrophication: impacts of excessnutrient input on freshwater marine and terrestrial ecosystems. *EnvironPoll* 100: 179-196.
- Stanley, H.E., Short, A. R., Harrison, W. J., Hall, R. Weidenfeld , C.R., 1990. Variation in

- nutrient limitation of lotic and lentic algal communities in a Texas (USA) river. *Hydrobiologia* 206: 61-71.
- Tank, J.L and Dodds, W.K.2003. Nutrient limitation of epilithic and epixylic biofilms in ten North American streams. *Freshwater Biology* 48:1031-1049.
- Tett, P., Hydes, D., and Sanders, R. 2003. Influence of nutrient biogeochemistry on the ecology of northwest European shelf seas. In: Black KD and Shimmiel GB (eds.) *Biogeochemistry of Marine systems*. Blackwell Publishing Ltd. pp. 293-363.
- UF/IFAS. 2000. A Beginner's Guide to Water Management Nutrients. Department of Fisheries and Aquatic Sciences University of Florida. USA.
- Van Donk, E., Veen, A., and J. Ringelberg. 1983. Natural community bioassays to determine the abiotic factors that control phytoplankton growth and succession. *Freshwater Biology*. 20 : 199-210.
- Vargel, C. 2004. *Corrosion of Aluminium*. Elsevier. Netherland.
- Withers PJA & Lord EI .2002. Agricultural nutrient inputs to rivers and groundwaters in the UK: policy, environmental management and research needs. *The Science of the Total Environment* 282–283: pp 9–24.
- Yin, K .2002 Monsoonal influence on seasonal variations in nutrients and phytoplankton biomass in coastal waters of Hong Kong in the vicinity of the Pearl River estuary. *Mar Ecol Prog Ser* 245: 111-122.