

PENURUNAN KANDUNGAN NITRAT DAN POSPAT OLEH ALGAE HIJAU (*Chlorella sp.*)

NITRATE AND PHOSPHATE REMOVAL BY GREEN ALGAE (*Chlorella sp.*)

Susi Agustina Wilujeng¹⁾ dan Ellina S. Pandebesie¹⁾
¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS
email: ellina@its.ac.id dan jengsusie@yahoo.com

Abstrak

Pengolahan air limbah dengan memanfaatkan algae dengan kombinasi nutrisi, pH dan oksigen terlarut tinggi, aman secara ekologi. Pengolahan ini juga lebih murah dan lebih efisien untuk mereduksi nutrisi dan logam daripada pengolahan tersier konvensional. Penelitian dilakukan dengan menggunakan algae hijau (*Chlorella sp.*) sebagai biota uji. Biota uji dikulturkan di laboratorium dalam media Bold's Basal Medium. Percobaan kontinyu dilakukan dengan variasi waktu tinggal 12 jam dan 36 jam. Variasi campuran Nitrat dan Pospat dibuat sebagai berikut C₁ = 20 mg/l N dan 4 mg/l P; C₂ = 4 mg/l N dan mg/l P; C₃ = 80 mg/l N dan 6 mg/l P. Hasil penelitian menunjukkan pada kedua variasi waktu kontak, terjadi penyerapan terhadap nitrat dan pospat. Penyerapan ini menghasilkan efisiensi penurunan kandungan nitrat 75% dengan waktu kontak 12 jam dan 70% pada waktu kontak 36 jam. Efisiensi penurunan kandungan pospat 70% dengan waktu kontak 12 jam dan 55% pada waktu kontak 36 jam.

Kata kunci : algae hijau, Bold's Basal Medium, pengolahan air limbah, nitrat dan pospat

Abstract

Waste water treatment use algae with nutrient combination, pH, high dissolved oxygen is an environmentally friendly technology. This treatment is cheap and more efficient to reduce nutrient and metal than the conventional tertiary treatment. This research was conducted by using green algae (*Chlorella sp.*). Biota test culture in laboratory in media of Bold's of Medium. Continually research conducted with the variation of detention time 12 hour and 36 hour. Variation of composition of Nitrate and Phosphate made as follows C₁ = 20 mg/l N and 4 mg/l P; C₂ = 4 mg/l N and mg/l P; C₃ = 80 mg/l N and 6 mg/l P. The results showed variation of contact time, can absorb to nitrate and phosphate. This absorbtion yield removal efficiency of nitrate 75% with the contact time 12 hour and 70% removal of nitrat at contact time 36 hour. Removal efficiency of phosphate 70% with the contact time 12 hour and 55% at contact time 36 hour.

Keywords : Bold's Basal Medium, green algae, nitrate and phosphate, waste water treatment

1. PENDAHULUAN

Penelitian secara batch untuk menentukan kapasitas biosorpsi algae hijau terhadap penurunan nitrat dan pospat dalam air limbah telah banyak dilakukan. Penelitian ini terutama dilakukan pada kolam pengolahan limbah domestik secara aerobik maupun fakultatif (Metcalf dan Eddy, 1993). Akhir-akhir ini mulai dikembangkan metoda pengolahan limbah secara alamiah yang lebih sederhana dengan memanfaatkan tanaman air atau organisme air. Penggunaan algae untuk mengolah air limbah diteliti oleh Soeder (1980) dalam Hoffmann (1998). Sebagian besar penelitian dilakukan pada mikroalga tersuspensi yang tumbuh pada kolam dangkal. Kemudian penelitian dikembangkan dengan menggunakan *nonsuspended* algae, seperti kultur algae

melekat atau *attached* algae (*biofilm/periphyton*) yang tumbuh pada kolam dangkal dan *rotating biological contactors* (RBC/biodiscs).

Pengolahan air limbah dengan memanfaatkan algae dengan kombinasi nutrisi, pH dan oksigen terlarut tinggi, aman secara ekologi. Pengolahan ini juga lebih murah dan lebih efisien untuk mereduksi nutrisi dan logam daripada pengolahan tersier konvensional. Keuntungan penggunaan pengolahan ini, sedikit atau tanpa penambahan bahan kimia dan kemungkinannya untuk didaurulang.

Menurut hasil penelitian toksisitas nitrat dan pospat terhadap algae hijau, menunjukkan pada konsentrasi nitrat sebesar 0,236 gr/l NO₃ dan pospat sebesar 0,189 gr/l PO₄ tidak memberi pengaruh pa-

da pertumbuhan algae hijau. Hasil uji biosorpsi juga menunjukkan kemampuan algae hijau sebesar 0,42 gr nitrat/gr berat kering algae dan 0,1 gr pospat/gr berat kering algae (Pandebesie dan Agustina, 2004). Besarnya kandungan nutrien (nitrat dan pospat) pada air limbah domestik pada umumnya, yaitu 20–70 mg/l N dan 6–10 mg/l P. Jika limbah langsung dibuang ke badan air akan menyebabkan pengayaan dalam badan air sehingga tumbuhan air akan berkembang sangat pesat. Karena algae hijau mampu menurunkan kandungan nitrat dan pospat dan pada umumnya kandungan nitrat dan pospat dalam air limbah masih di bawah batas toksik terhadap algae hijau, maka dilakukan percobaan untuk menurunkan kandungannya dengan memanfaatkan algae hijau.

High Rate Algal Ponds (HRAP) adalah kolam oksidasi dangkal agar mikroalga tersuspensi dapat tumbuh dengan baik. Sistem ini ada yang dibangun melingkar agar mikroalga tercampur dan telah digunakan sebagai pengolahan air limbah di beberapa tempat dalam beberapa tahun ini. HRAP dapat mencapai efisiensi tinggi pada penurunan kandungan BOD, TSS, nitrogen, pospor dan logam. Keragaman algae pada pengoperasian HARP cenderung rendah, pada umumnya 12 taxa, yang didominasi oleh *Chlorella* dan *Scenedesmus*.

Kerugian penggunaan HRAP adalah kesulitan mengambil mikroalga tersuspensi. Beberapa metoda yang telah diteliti adalah filtrasi, flotasi, sedimentasi, sentrifugasi dan *microstraining*. Meskipun teknik ini dapat menghilangkan partikel algae, tetapi teknologinya tidak mudah dan mahal. Untuk mengatasi kesulitan pengambilan mikroalga dari larutan, maka *trickling filter* diintegrasikan ke dalam system HARP (Meiring, 1993 dalam Hoffmann, 1998). Algae akan terperangkap di dalam biofilm sehingga algae mudah diambil. Kerugian lainnya, jika digunakan di daerah perkotaan, adalah kebutuhan lahan yang luas.

Epilitic, filamentous cyanobacterium, Phormidium bahneri yang dikulturkan dalam efluen pengolahan sekunder air limbah dapat menurunkan nutrien sama dengan kemampuan mikroalga tersuspensi (Talbot dan de la Noue, 1993 dalam Hoffmann, 1998). Keuntungan penggunaan algae tak tersuspensi adalah kecenderungannya untuk beraglomerasi dan mengendap, sehingga memudahkan pengambilannya dari larutan. Kontaminasi dari mikroalga yang pertumbuhannya sangat cepat dalam

sistem ini, menyulitkan kontrol spesies pada skala besar. Untuk menjaga agar spesies dominan tetap sama, maka harus dilakukan resuspensi algae taktersuspensi ke dalam kolam.

Penurunan kandungan logam kadmium dan seng dengan menggunakan sistem algae taktersuspensi hampir 100% (Da Costa dan Leite, 1991 dalam Hoffmann, 1998) dan penurunan merkuri, termasuk penguapan merkuri >99% (Wilkinson, 1989 dalam Hoffmann, 1998). Pengolahan tersier yang menggunakan kolam dangkal sepanjang 3 km dan lebar 50 cm dapat menurunkan pospat dan nitrogen sebesar >90%, termasuk penguapan dan presipitasi (Hemens dan Mason, 1968 dalam Hoffmann, 1998). Adey (dalam Hoffmann, 1998) menggunakan *attached algae*, yang dikenal sebagai *algal turf scrubber (ATSTM)*, untuk pengolahan limbah pertanian dan domestik. ATSTM dikembangkan untuk mempertahankan kualitas air di dalam reaktor. Sistem ini menunjukkan produksi periphyton sebesar 25–35 g berat kering/m²/hari, di mana produksi ini sama dengan tipikal pertumbuhan alga pada HRAP (Hoffmann, 1998).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kemampuan biosorpsi algae hijau (*Chlorella sp.*) terhadap nitrat dan pospat yang terkandung dalam air limbah dan penentuan efisiensi penurunan nitrat dan pospat pada percobaan secara kontinyu

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan menggunakan algae hijau (*Chlorella sp.*) sebagai biota uji. Biota uji didapat dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P3O) LIPI Jakarta. Biota uji dikulturkan di laboratorium dalam media Bold's Basal Medium di mana media ini biasanya digunakan untuk pertumbuhan algae hijau air tawar.

Media diperbaharui dengan cara membuang 80% media lama dan diganti dengan media baru paling sedikit seminggu sekali. Kultur diinkubasi dalam reaktor berkapasitas 7,5 liter dengan kapasitas terpakai 4 liter. Kultur diaerasi dan diaduk sekali sehari untuk mencegah terjadinya pengendapan algae di dasar reaktor.

Kondisi pertumbuhan dilakukan dengan pencahayaan lampu neon 40. Kultur ditumbuhkan dalam pencahayaan penuh dan dilakukan pada suhu ruangan. Suhu media bervariasi dari 26,5–28,5°C.

Setelah dikulturkan selama 6 hari, biota dapat digunakan untuk pengujian. Percobaan kontinyu dilakukan dengan variasi waktu tinggal 12 jam dan 36 jam. Variasi campuran Nitrat dan Pospat dibuat sebagai berikut: C₁ = 20 mg/l N dan 4 mg/l P; C₂ = 4 mg/l N dan 8 mg/l P; C₃ = 80 mg/l N dan 16 mg/l P.

Seluruh bahan kimia yang digunakan adalah *pro analisis*. Stok larutan nitrat (1000 mg/l) disiapkan dengan cara melarutkan KNO₃ dengan akuades sedangkan stok larutan pospat (1000 mg/l) disiapkan dengan cara melarutkan KH₂PO₄ dengan akuades. Larutan stok dikocok dengan shaker pada putaran 110 rpm paling sedikit 24 jam. Seluruh larutan yang digunakan untuk percobaan ini, disiapkan dengan mengencerkan larutan stok ini dengan akuades. Larutan stok yang digunakan untuk uji segar diencerkan dengan media.

Sebagai larutan pengencer untuk percobaan kontinyu digunakan air PDAM. Parameter kualitas larutan pengencer yang diperiksa adalah alkalinitas, kesadahan, kandungan bahan organik, pH, suhu dan DO.

Pengujian dilakukan pada konsentrasi campuran nitrat sebesar 20 mg/l dan pospat sebesar 4 mg/l. Konsentrasi ini dipilih untuk menyesuaikan besarnya kandungan nutrisi (nitrat dan pospat) pada air limbah domestik pada umumnya, yaitu 20–70 mg/l N dan 6–10 mg/l P. Percobaan dilakukan pada 2 reaktor, di mana masing-masing reaktor menghasilkan waktu tinggal 12 dan 36 jam, di mana penyerapan terbesar oleh algae terjadi pada jam ke 20–24. Percobaan dilakukan sekaligus untuk waktu tinggal 12 dan 36 jam dan satu kontrol untuk masing-masing waktu tinggal.

Sampel algae dari kultur sebanyak 6 liter disaring, kemudian disuspensikan kembali ke dalam media percobaan. Larutan campuran nitrat dan pospat dipompakan ke dalam reaktor dengan menggunakan pompa peristaltik pada debit 1,5 ml/menit.

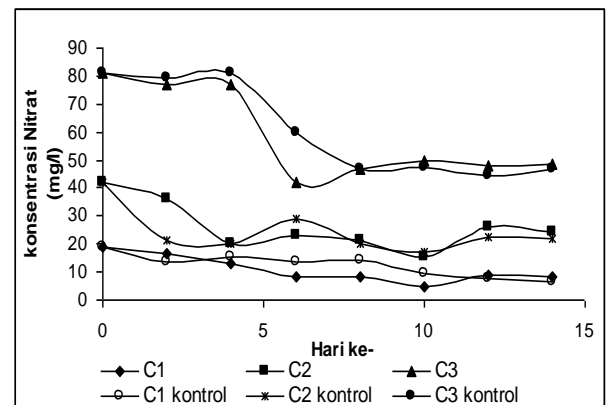
Percobaan dilakukan dengan penyinaran penuh dengan menggunakan lampu neon 40 watt. Kultur dikocok sekali sehari untuk mencegah terjadinya endapan algae dan untuk memastikan terjadi kontak antara toksikan dan algae. Pengukuran kandungan nitrat dan pospat efluen dilakukan setiap hari sampai hari ke 15 (Wong dkk, 1995).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dengan waktu kontak 12 jam dan konsentrasi limbah nitrat 20 mg/l dan pospat 4 mg/l (C₁), 40 mg/l dan 8 mg/l (C₂) serta 80 mg/l dan 16 mg/l (C₃) di mana konsentrasi ini dibuat mendekati konsentrasi limbah domestik. Hasil pengamatan penurunan kandungan nitrat dapat dilihat pada Tabel 1, Gambar 1 dan Gambar 2.

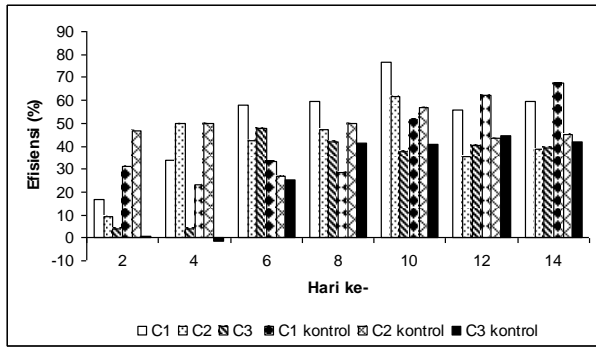
Tabel 1. Kandungan Nitrat dalam Efluen pada Waktu Tinggal 12 Jam

Hari ke	dengan Alga			Kontrol (Tanpa Alga)		
	C1 (mg/l)	C2 (mg/l)	C3 (mg/l)	C1 (mg/l)	C2 (mg/l)	C3 (mg/l)
0	18,685	41,959	81,068	18,685	41,959	81,068
2	16,611	36,399	76,876	13,786	21,395	79,303
4	13,257	19,982	76,876	15,375	19,982	81,068
6	8,447	23,071	41,792	13,345	29,250	59,665
8	8,049	21,218	46,646	14,272	19,982	45,763
10	4,651	15,305	49,735	9,682	17,158	47,529
12	8,888	25,808	47,970	7,520	22,542	44,440
14	8,049	24,484	48,632	6,505	22,012	46,646



Gambar 1. Kandungan Nitrat pada Waktu Tinggal 12 Jam

Dari Tabel 1 dan Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada sistem kontinyu dengan waktu tinggal 12 jam tetap terjadi penyerapan terhadap nitrat untuk ketiga variasi konsentrasi yang diujikan. Konsentrasi nitrat pada efluen untuk ketiga variasi terlihat menurun sampai hari ke enam. Kemudian penurunan kandungan nitrat menunjukkan hasil yang cenderung konstan, meskipun masih terjadi sedikit fluktuasi. Penurunan pospat dapat mencapai 0,8–2 mg/l. Hasil perhitungan efisiensi penurunan kandungan nitrat untuk waktu tinggal 12 jam dapat dilihat pada Gambar 2.

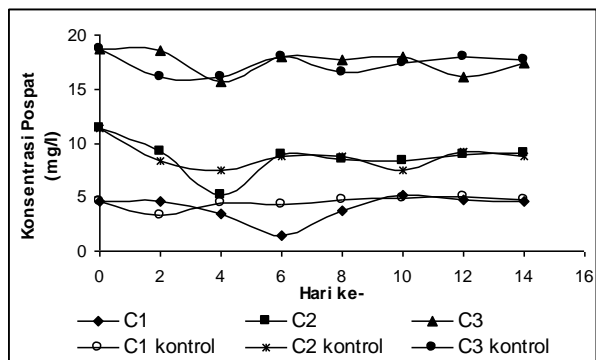


Gambar 2. Efisiensi Penurunan Kandungan Nitrat pada Waktu Tenggat 12 Jam

Efisiensi penurunan kandungan nitrat meningkat sampai kemudian mencapai kondisi rata-rata pada hari ke enam. Hasil pengamatan sampai hari ke 14 menunjukkan efisiensi rata-rata dari hari ke 6 sekitar 55%, di mana efisiensi tertinggi tercapai pada hari ke-10 sekitar 75%. Hasil percobaan tanpa menggunakan algae menunjukkan kecenderungan yang sama dengan percobaan dengan menggunakan algae, hanya efisiensi penurunan kandungan nitratnya di bawah penurunan algae. Pengukuran terhadap penurunan kandungan pospat dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

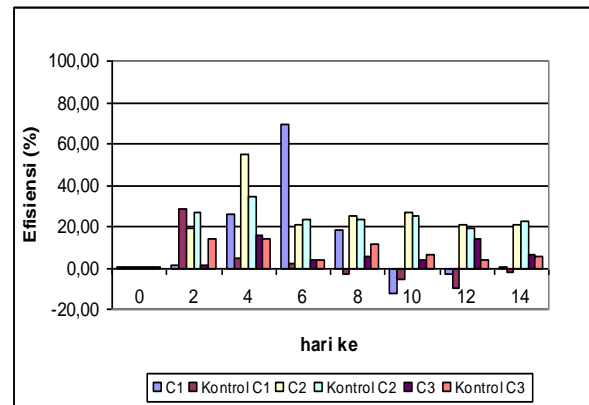
Tabel 2. Kandungan Pospat dalam Efluen pada Waktu Tenggat 12 Jam

Hari Ke	Dengan Alga			Kontrol (Tanpa Alga)		
	C1 (mg/l)	C2 (mg/l)	C3 (mg/l)	C1 (mg/l)	C2 (mg/l)	C3 (mg/l)
0	4,632	11,365	18,702	4,632	11,365	18,702
2	4,563	9,222	18,530	3,312	8,365	16,131
4	3,440	5,109	15,703	4,417	7,444	16,045
6	1,427	8,965	17,931	4,529	8,730	17,931
8	3,800	8,515	17,631	4,777	8,730	16,560
10	5,216	8,280	18,016	4,874	8,515	17,459
12	4,788	8,965	16,131	5,066	9,201	17,931
14	4,595	9,030	17,459	4,745	8,837	17,631



Gambar 3. Kandungan Pospat pada Waktu Tenggat 12 Jam

Dari Tabel 2 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa tidak ada penurunan konsentrasi pospat yang signifikan sebagaimana terjadi pada konsentrasi nitrat. Penurunan kandungan pospat terbesar terjadi pada hari ke enam, kemudian cenderung konstan. Dari Gambar 3 juga terlihat adanya kenaikan konsentrasi pospat sampai melebihi batas konsentrasi awal. Fenomena ini terjadi karena pospat yang terserap oleh algae hijau terakumulasi dalam bentuk polypospat di dalam sel yang akhirnya dapat menyebabkan pecahnya sel algae hijau. Akibatnya, konsentrasi pospat dalam algae ikut terukur dalam larutan. Hasil perhitungan efisiensi penurunan kandungan pospat untuk waktu tinggal 12 jam dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Efisiensi Penyisihan Pospat pada Waktu Tenggat 12 Jam

Dari Gambar 4 dapat dilihat efisiensi penurunan kandungan pospat meningkat sampai pada hari ke enam kemudian cenderung turun. Hasil pengamatan sampai hari ke 14 menunjukkan efisiensi pada hari ke 6 sekitar 70%. Algae menunjukkan hasil yang baik untuk menurunkan pospat dari air limbah domestik. Pengolahan dengan metoda lain akan meningkatkan pH yang menyebabkan terjadinya endapan nutrisi sehingga lumpur yang dihasilkan banyak dan perlu pengolahan lebih lanjut.

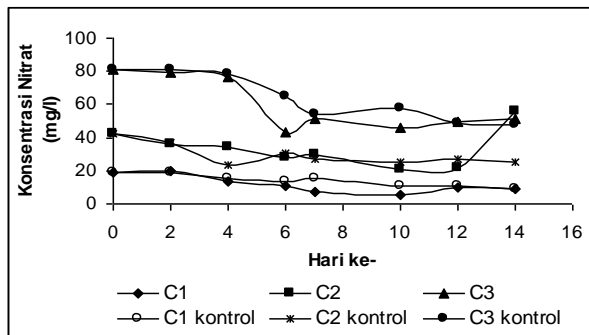
Hasil percobaan tanpa menggunakan algae menunjukkan efisiensi penurunan kandungan pospat meningkat sampai pada hari ke tiga kemudian cenderung turun. Hasil pengamatan sampai hari ke 14 menunjukkan efisiensi pada hari ke 3 sekitar 30%.

Percobaan dengan waktu kontak 36 jam diuji dengan konsentrasi limbah yang sama dengan waktu kontak 12 jam, yaitu nitrat 20 mg/l dan pospat 4 mg/l (C₁), 40 mg/l dan 8 mg/l (C₂) serta 80 mg/l

dan 16 mg/l (C₃). Hasil pengamatan penurunan kandungan nitrat dapat dilihat pada Tabel 3, Gambar 5 dan Gambar 6.

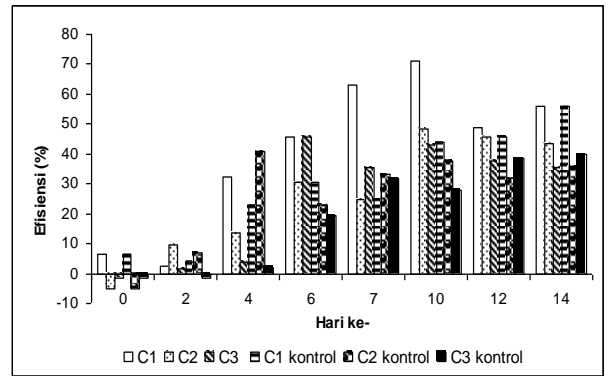
Tabel 3. Kandungan Nitrat dalam Efluen pada Waktu Tenggat 36 Jam

Hari ke	dengan Alga			Kontrol (Tanpa Alga)		
	C1 (mg/l)	C2 (mg/l)	C3 (mg/l)	C1 (mg/l)	C2 (mg/l)	C3 (mg/l)
0	18,685	41,959	81,068	18,685	41,959	81,068
2	19,479	36,134	78,861	19,170	37,193	81,068
4	13,522	35,605	76,876	15,375	23,689	78,199
6	10,874	27,838	43,336	13,919	30,838	64,519
8	7,373	30,044	51,500	15,022	26,778	54,369
10	5,799	20,600	45,543	11,227	25,013	57,679
12	10,212	21,748	49,956	10,874	27,220	47,087
14	8,844	22,542	51,500	8,844	25,631	47,970



Gambar 5. Kandungan Nitrat pada Waktu Tenggat 36 Jam

Waktu kontak yang lebih lama, menyebabkan kesempatan algae untuk tumbuh lebih banyak. Jika algae mati, kandungan organiknya didekomposisi oleh bakteri saprobik. Kematian dan dekomposisi dalam jumlah yang besar pada satu ketika menyebabkan gangguan dalam reaktor pengolahan. Karena itu, perlu dilakukan kontrol agar terjadi keseimbangan antara pertumbuhan algae dan ke luarnya algae dari kolam. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah agar *Chlorella sp.* tetap dominan di dalam reaktor. Menurut pengamatan yang terjadi di Afrika, *Chlorella sp.* dominan pada tahap awal, kemudian berganti menjadi *Spirulina* lebih dominan. Resuspensi *Chlorella sp.* penting dilakukan, karena *Chlorella sp.* selain menurunkan kandungan nitrat dan pospat, juga penting sebagai indikator yang menunjukkan bahwa reaktor berjalan sesuai unjuk kerjanya. Jika *Chlorella sp.* Dominan, berarti kinerja reaktor baik dan jika jenis lain yang dominan menunjukkan beban organik yang masuk ke dalam reaktor terlalu tinggi. Efisiensi penurunan kandungan nitrat dapat dilihat pada Gambar 7.

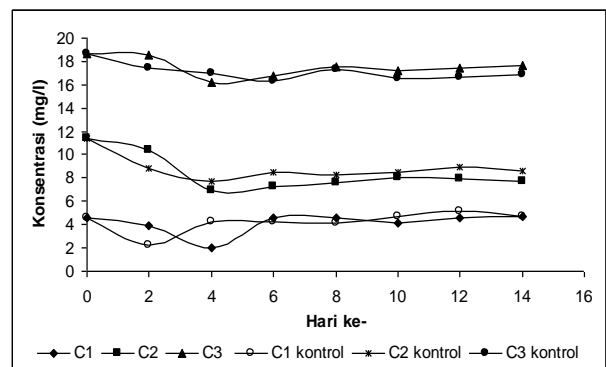


Gambar 6. Efisiensi Penurunan Kandungan Nitrat pada Waktu Tenggat 36 Jam

Dari Gambar 6 dapat dilihat efisiensi penurunan kandungan nitrat meningkat di mana efisiensi tertinggi tercapai pada hari ke 10 sekitar 70%. Hasil percobaan tanpa menggunakan algae menunjukkan kecenderungan yang sama dengan percobaan dengan menggunakan algae, hanya efisiensi penurunan kandungan nitratnya di bawah penurunan oleh algae, pada hari ke 10 sebesar 40%. Hasil pengamatan penurunan kandungan pospat dapat dilihat pada Tabel 4, Gambar 7 dan Gambar 8.

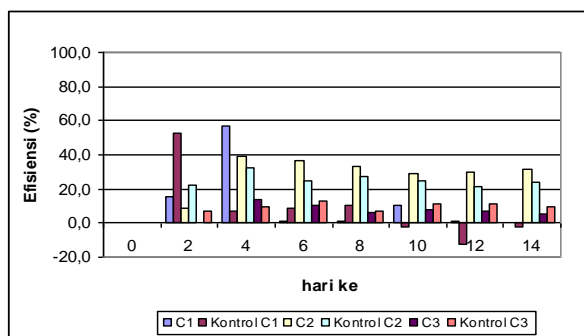
Tabel 4. Kandungan Pospat dalam Efluen pada Waktu Tenggat 36 Jam

Hari ke	dengan Alga			Kontrol (Tanpa Alga)		
	C1 (mg/l)	C2 (mg/l)	C3 (mg/l)	C1 (mg/l)	C2 (mg/l)	C3 (mg/l)
0	4,632	11,365	18,702	4,632	11,365	18,702
2	3,929	10,336	18,573	2,207	8,794	17,459
4	2,001	6,909	16,174	4,297	7,659	16,988
6	4,572	7,209	16,774	4,229	8,515	16,345
8	4,597	7,594	17,588	4,135	8,301	17,331
10	4,167	8,066	17,245	4,745	8,515	16,560
12	4,574	7,958	17,416	5,195	8,965	16,645
14	4,638	7,744	17,631	4,745	8,623	16,902



Gambar 7. Kandungan Pospat pada Waktu Tenggat 36 Jam

Dari Tabel 4 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa penurunan kandungan pospat terjadi sampai hari ke empat. Selanjutnya penurunan kandungan pospat cenderung konstan. Pada hari ke 12, kandungan pospat sedikit naik. Hal ini dapat terjadi karena telah terjadi kematian algae. Untuk penurunan kandungan pospat, harus dijaga agar konsentrasi algae yang ada dalam reaktor sebanding dengan pospat yang masuk, sehingga tidak terjadi *over loading*, sehingga menyebabkan kematian algae lebih cepat dari pertumbuhannya. Hasil perhitungan efisiensi penurunan kandungan pospat untuk waktu tinggal 36 jam dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Efisiensi Penurunan Kandungan Pospat pada Waktu Tinggal 36 Jam

Efisiensi penurunan kandungan pospat meningkat sampai pada hari ke enam kemudian cenderung turun. Hasil pengamatan sampai hari ke 14 menunjukkan efisiensi pada hari ke 5 sekitar 55%. Hasil percobaan tanpa menggunakan algae menunjukkan efisiensi penurunan kandungan pospat meningkat sampai pada hari ke tiga kemudian cenderung turun. Hasil pengamatan sampai hari ke 14 menunjukkan efisiensi pada hari ke 3 sekitar 50%.

Dari kedua percobaan untuk waktu tinggal yang berbeda tersebut dapat disimpulkan bahwa algae dan mikroorganisma secara bersama-sama (bersimbiose) menurunkan kandungan nitrat dan pospat dalam air limbah. Hasil ini sesuai dengan teori yang terjadi pada pengolahan kolam stabilisasi aerobik dan fakultatif (Metcalf dan Eddy, 1993).

Efisiensi hasil percobaan secara kontinyu masih di bawah pengolahan dengan menggunakan HARP,

yang menghasilkan efisiensi penurunan kandungan nitrat dan pospat sampai 90% (Hoffman, 1998). Hal ini dapat disebabkan pada sistem tanpa resirkulasi tidak ada penambahan biomassa secara kontinyu ke dalam reaktor, maka konsentrasi biomassa dalam reaktor semakin menurun, karena terbawa aliran. Pada percobaan selanjutnya perlu dilakukan resuspensi algae hijau secara berkala ke dalam reaktor.

4. KESIMPULAN

Pada percobaan kontinyu, pada kedua variasi waktu kontak, terjadi penyerapan terhadap nitrat dan pospat. Penyerapan ini menghasilkan efisiensi penurunan kandungan nitrat terbesar 75% dengan waktu kontak 12 jam dan 70% pada waktu kontak 36 jam. Efisiensi penurunan kandungan pospat terbesar 70% dengan waktu kontak 12 jam dan 55% pada waktu kontak 36 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Hoffmann, J.P. (1998). **Wastewater Treatment with Suspended and Nonsuspended Algae.** *Journal of Phycology*, Vol. 34, 757-763
- Metcalf dan Eddy (1993). **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse.** McGraw-Hill International Edition, Singapore
- Pandebesie, E.S dan Agustina, S.W. (2004). **Inhibisi Nitrat Terhadap Pertumbuhan Algae Hijau (*Chlorella Sp.*)** Proseeding Seminar Nasional Rekayasa Perencanaan I, Jurusan Teknik Lingkungan, UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya
- Wong, S.Y., Wainwright J.F. dan Pimenta J. (1995). **Quantification of Total and Metal Toxicity in Wastewater using Algal Bioassays.** *Aquatic Toxicology*. Vol. 31. 57-75