

ISSN 1411-2337

JURNAL MANAJEMEN dan KUALITAS LINGKUNGAN

VOL. 1 NO. 4 MARET 2001



PUSAT STUDI LINGKUNGAN
LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS LAMPUNG

DAFTAR ISI

| | |
|--|---------|
| PENGANTAR REDAKSI | 1 |
| PENANGANAN LIMBAH CAIR INDUSTRI MAKANAN KALENG DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS <i>(Harun Al Rasyid dan Suryono)</i> | 6 |
| INSEKTISIDA ALAMI YANG RAMAH LINGKUNGAN :KEEFEKTIFANNYA TERHADAP SERANGAN HAMA PENGOROK DAUN <i>Liriomyza huldobrensis</i> (BLANCHARD) (DIPTERA: AGROMYZIDAE) PADA TANAMAN BUNGA TEROMPET (<i>Petunia</i> sp.) <i>(Hamikani)</i> | 7 - 14 |
| ASPEK HUKUM PENGELOLAAN WILAYAH PESISIR(Studi di Pantai Timur Lampung) <i>(Muhammad Akib dan Hertandi)</i> | 15 - 19 |
| PERANAN PENUTUPAN TAJUK TANAMAN KENTANG DAN TINDAKAN KONSERVASI TANAH TERHADAP ALIRAN PERMUKAAN DAN EROSI <i>(Irwani Sukri Bambara)</i> | 20 - 24 |
| DEGRADASI NITRAT MENGGUNAKAN PROSES REDOKS ELEKTROKIMIA <i>(Lilis Hermida)</i> | 25 - 30 |
| KAJIAN PROSES PENYISIHAN NUTRIEN DARI LIMBAH CAIR PABRIK KARET MENGGUNAKAN REAKTOR TIGA TAHAP <i>(Tanto Pratondo Utomo, M. Romli, A.M. Fauzi, dan A. Ismayana)</i> | 31 - 40 |
| PRODUKSI BAHAN BAKU BIOPLASTIK DARI PATI TAPIOKA (<i>Bioplastic Material Production from Starch of Cassava</i>) <i>(Neti Yuliana dan Erdi Suroso)</i> | 41 - 46 |
| PERAN SURAT KABAR SEBAGAI SUMBER INFORMASI TENTANG ISU LINGKUNGAN GLOBAL BAGI PENDUDUK KOTA BANDARLAMPUNG <i>(Ida Farida Rivai)</i> | 47 - 52 |
| BIODATA PENULIS | |

KAJIAN PROSES PENYISIHAN NUTRIEN DARI LIMBAH CAIR PABRIK KARET MENGUNAKAN REAKTOR TIGA TAHAP

Tanto Pratondo Utomo, M. Romli, A.M. Fauzi, dan A. Ismayana

ABSTRACT

The effluent of rubber factory is rich in organic materials, especially organic carbon and nutrient. In this research, the performance of a three-stage reactor system which was designed into three stages namely anaerobic, aerobic, and anoxic stage in different reactor configurations and the effect of internal recycle were studied. The effluent of ribbed smoked sheet (RSS) factory contained 4000 ± 1000 mg/l of COD; 2500 ± 200 mg/l of BOD; 300 ± 100 mg/l of total nitrogen which consisted of 200 ± 100 mg/l of $\text{NH}_3\text{-N}$ and 6 ± 2 mg/l of $\text{NO}_3\text{-N}$; and 30 ± 10 mg/l of $\text{PO}_4\text{-P}$. Under steady state conditions, the three-stage reactor in different reactor configurations removed 95 - 97% of COD; 45 - 76% of total nitrogen and 81 - 99% of $\text{PO}_4\text{-P}$. The reactor configuration of anaerobic-anoxic-aerobic employing 200% recycle of effluent from aerobic reactor back into anoxic reactor resulted better effluent quality which contained 250 ± 100 mg/l of COD 100 ± 15 mg/l of total nitroge which consisted of 8 ± 7 mg/l of $\text{NH}_3\text{-N}$ and 75.0 ± 10.0 mg/l of $\text{NO}_3\text{-N}$; and 0.20 ± 0.30 mg/l of $\text{PO}_4\text{-P}$. This result still indicated that the denitrification process was not optimum yet therefore required the improvement of operating conditons in the anoxic reactor such as dissolved oxygen (DO) and oxidation-reduction potential (ORP) control.

PENDAHULUAN

Industri karet alam merupakan salah satu agroindustri Indonesia yang potensial sebagai penghasil devisa yaitu sebesar 1,5 milyar dollar AS pada tahun 1997 dengan areal tanam seluas 3,5 juta hektar, pabrik berjumlah 500 buah dan produksi sebanyak 1,5 juta ton (Dirjen Perkebunan, 1997; Biro Pusat Statistik, 1998). Konsumsi karet dunia diperkirakan akan meningkat terus karena sifat karet alam yang belum dapat digantikan oleh karet sintetis sehingga produk akhir tertentu masih sangat tergantung dari karet alam. Namun demikian, industri karet menimbulkan masalah lingkungan akibat limbah yang dihasilkan terutama limbah cairnya. Lateks kebun mengandung 25-40% bahan mentah yang mengandung 90-95% karet murni, 2-3%

protein, 1-2% asam lemak, 0,2% gula, 0,5% garam Na, Mg, K, P, Ca, Cu, Mn, dan Fe dan 60-70% serum yang terdiri dari air dan zat terlarut (Goutara, Djatmiko, dan Tjiptadi, 1976; Setjamidjaja, 1993); sedangkan amonia yang digunakan untuk pengawetan lateks setelah disadap adalah sebanyak 5 - 10 ml larutan amonia 2 - 2,5% per liter lateks (Setjamidjaja, 1993). Berdasarkan sifat dari lateks kebun dan proses pengolahan yang dilakukan maka diduga limbah cair yang dihasilkan dari pabrik karet alam mengandung senyawa nitrogen yang berasal dari protein, nitrogen amonia dan fosfat. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah volume limbah cair pabrik karet yang dihasilkan cukup besar yaitu sebanyak 25 m³/ton karet kering (Dirjen Perkebunan, 1991; Tampubolon, dan Abudardak, 1990)

Penanganan limbah cair pabrik pengolahan karet alam di Indonesia umumnya menggunakan kolam anaerobik dan fakultatif yang belum memadai untuk menurunkan tingkat pencemaran limbah karena hanya menurunkan kandungan karbon saja, sedangkan senyawa nitrogen dan fosfor masih relatif tinggi (Metcalf dan Eddy, 1991). Selain itu, limbah cair pabrik karet di Indonesia pada umumnya belum menggunakan proses deamonifikasi untuk menghilangkan nitrogen amonia (Dirjen Perkebunan, 1991) sehingga kandungan amonium limbah yang telah diolah masih relatif tinggi. Kandungan senyawa fosfor dalam bentuk ortofosfat dapat meningkat karena pada proses anaerobik secara biologis menyebabkan terjadi proses pelepasan ortofosfat ke dalam cairan oleh mikroorganisme (Kuba, Murnleitner, van Lossdrecht, dan Heijnen, 1996). Senyawa nitrogen nitrat dan ortofosfat pada limbah cair menimbulkan dampak berupa pengkayaan badan air (eutrofikasi) yang ditandai dengan pertumbuhan ganggang secara pesat, rendahnya oksigen terlarut pada sistem perairan tersebut, selain itu nitrat dapat menyebabkan gangguan pada halita (*blue babbies*); sedangkan nitrogen dalam bentuk amonia bersifat racun terhadap mamalia dengan konsentrasi 0,2 mg/l dan juga berbahaya terhadap berbagai jenis organisme akuatik (Sawyer, McCarty, dan Parkin, 1994; Barber dan Stuckey, 2000).

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan perbaikan penanganan limbah cair pabrik karet menggunakan proses nitrifikasi-denitrifikasi untuk menyisihkan nitrogen dan dikombinasikan dengan penisihan fosfat secara biologis menggunakan proses nitrifikasi-denitrifikasi dan proses penisihan fosfor secara biologis menggunakan reaktor tiga tahap yang terdiri dari proses anaerobik, anoksik, dan aerobik. Kinerja dari reaktor tiga tahap tergantung pada pengaturan susunan atau

konfigurasi dan jumlah tahapan anaerobik-anoksik-aerobik serta jumlah dan tujuan dari aliran *recycle* (Bungaard, Andersen, dan Petersen, 1988; Lemke, 1992; Henze, 1995; Nathanson, 1997; dan Rustrian, Delgenes, Bernet, dan Moletta, 1998).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konfigurasi reaktor tiga tahap yang mampu menyisihkan nutrisi yang optimal dan mengetahui pengaruh *recycle* dari reaktor aerobik ke reaktor anoksik.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dibagi menjadi tiga tahap yaitu penelitian

1. Desain proses dan pembuatan reaktor tiga tahap yang terdiri dari reaktor anaerobik, anoksik, dan aerobik.

Reaktor anaerobik-aerobik, dan anoksik yang digunakan terbuat dari *plexiglass* dengan kapasitas operasi masing-masing 5,6; 5; dan 5 liter, pasir kuarsa yang digunakan pada reaktor anaerobik berdiameter 0,2 - 0,5 mm sebagai media pembawa, sedangkan pada reaktor aerobik dan anoksik digunakan sistem pertumbuhan tersuspensi. Proses penyisihan nutrisi dilakukan secara biologis menggunakan lumpur aktif yang diperoleh dari sekitar pabrik.

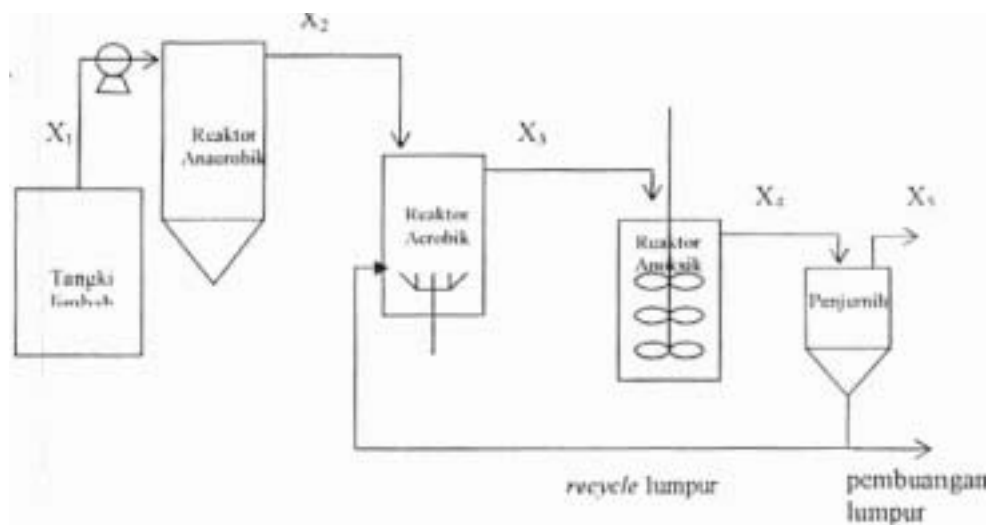
2. Karakterisasi kimiawi limbah cair pabrik pengolahan karet alam jenis *ribbed smoked sheet* (RSS). Karakterisasi kimiawi limbah dilakukan sebelum limbah tersebut digunakan untuk penelitian yang meliputi pH, COD, BOD, total nitrogen, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ (APHA, 1992). Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair pabrik pengolahan karet RSS Kebun Cikasungka PTP. Nusantara VIII.
3. Perbandingan kinerja reaktor tiga tahap yang digunakan dengan konfigurasi yang berbeda yaitu konfigurasi

anaerobik-aerobik-anoksik, konfigurasi anaerobik-anoksik-aerobik tanpa *recycle*, dan konfigurasi anaerobik-anoksik-aerobik dengan *recycle* sebanyak 200 persen dari debit influen sehingga dihasilkan keluaran dengan kondisi yang relatif konstan pada waktu tinggal hidrolis tertentu. Waktu tinggal awal pada reaktor anaerobik, anoksik, dan aerobik masing-masing adalah 24; 12; dan 12 jam. Pengamatan terhadap parameter kinerja dari masing masing reaktor yang meliputi pH, COD,

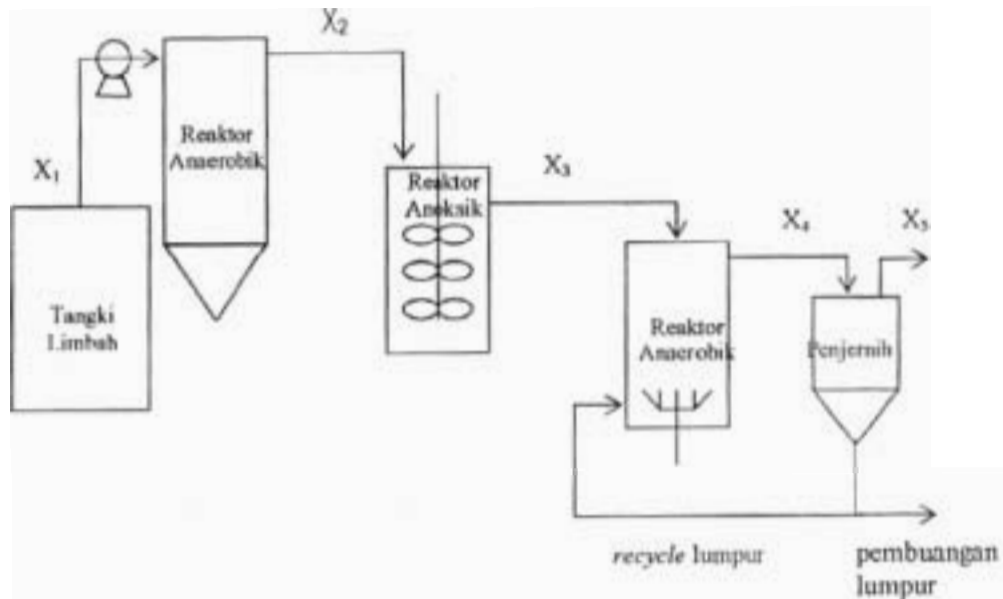
MLVSS, total nitrogen, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ (APHA, 1992) dilakukan pada daerah X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , dan X_5 . Data dianalisis secara deskriptif dengan merata-ratakan beberapa nilai pengamatan terakhir untuk masing-masing parameter pengamatan pada kondisi tunak. Dilakukan analisis efisiensi penyisihan COD, total nitrogen, dan ortofosfat menurut Verstraete dan Vaerenbergh (1986) dengan rumus sebagai berikut

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100\%$$

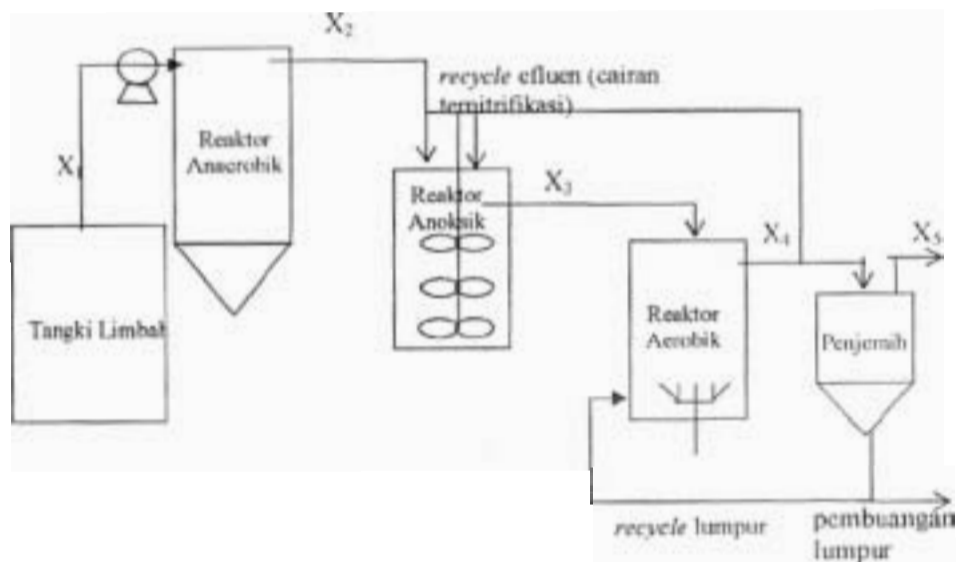
dengan C_0 = nilai sebelum diproses
 C_e = nilai setelah diproses



Gambar 1. Konfigurasi anaerobik-aerobik-anoksik



Gambar 2. Konfigurasi anaerobik-anoksik-aerobik tanpa recycle



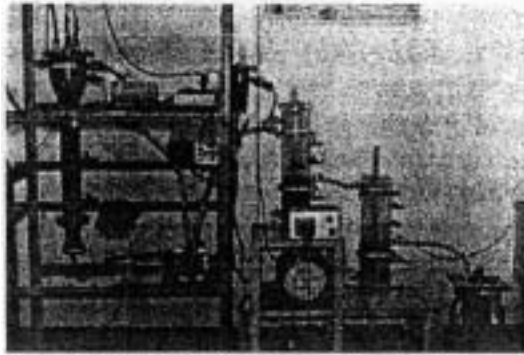
Gambar 3. Konfigurasi anaerobik-anoksik-aerobik dengan recycle

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Desain Proses dan Pembuatan Reaktor Tiga Tahap

Reaktor tiga tahap yang digunakan terdiri dari reaktor anaerobik, aerobik, dan anoksik disajikan pada Gambar 4. Reaktor

tiga tahap yang digunakan sama dengan sistem A^2/O yang dapat menyisihkan karbon, nitrogen, dan ortofosfat dari limbah karet secara simultan



Gambar 4. Reaktor tiga tahap

Pada tahap anaerobik terjadi penguraian senyawa organik yang menghasilkan biogas yaitu gas metana (CH_4), amonia, sulfida, dan karbon dioksida (CO_2). Tahapan yang diharapkan terjadi adalah (1) tahap hidrolisis; (2) tahap asidogenesis; (3) tahap asetogenesis; dan (4) tahap metanogenesis (Metcalf dan Eddy, 1991; Chaume dan Beteau, 1997; Fannin, 1997). Pada proses anaerobik terjadi pelepasan ortofosfat akibat degradasi polifosfat yang menghasilkan energi yang diperlukan untuk pembentukan polihidroksibutirat (PHB) (Kunst, dan Mudrack, 1990). Pada tahap aerobik terjadi penyisihan senyawa karbon yang tersisa menjadi CO_2 dan menghasilkan nitrogen nitrat yang selanjutnya diubah menjadi nitrogen bebas pada tahap anoksik. Ortofosfat yang terbentuk pada tahap anaerobik dapat disisihkan pada proses aerobik menjadi bentuk polifosfat dengan memanfaatkan PHB yang terbentuk pada proses anaerobik atau sumber karbon yang tersedia, sedangkan pada tahap anoksik penyisihan ortofosfat dapat terjadi dengan tersedianya nitrogen nitrat sebagai elektron akseptor (Verstraete dan Vaerenbergh, 1986; Metcalf dan Eddy, 1991; Kuba *et al.*, 1996).

Berdasarkan hal tersebut maka desain proses penyisihan nutrien dari limbah cair pabrik pengolahan karet alam adalah menggunakan reaktor tiga tahap yang terdiri dari proses anaerobik, aerobik dan anoksik dengan melakukan variasi pada

susunan atau konfigurasi reaktor, waktu tinggal, dan penggunaan proses *recycle* dari reaktor aerobik ke anoksik untuk menghasilkan proses penyisihan yang optimal.

2. Karakteristik Kimiawi Limbah Cair Pabrik Karet

Limbah cair pabrik pengolahan karet alam jenis *ribbed smoked sheet* (RSS) mempunyai karakteristik kimiawi seperti yang disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan karakteristik tersebut diketahui bahwa limbah cair yang digunakan telah memenuhi persyaratan untuk terjadinya suatu aktivitas biologis oleh mikroorganisme karena telah tersedianya komponen-komponen dasar yang diperlukan yaitu karbon, nitrogen, dan fosfor.

Tabel 1. Karakteristik kimiawi efluen dari pabrik pengolahan karet jenis *ribbed smoked sheet* (RSS)

| Parameter | Kisaran | Rata-rata |
|-------------------------------|-------------|-------------|
| COD (mg/l) | 3000 - 5000 | 4000 ± 1000 |
| BOD (mg/l) | 2300 - 2700 | 2500 ± 200 |
| Total Nitrogen (mg/l) | 200 - 400 | 300 ± 100 |
| $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/l) | 100 - 300 | 200 ± 100 |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l) | 4 - 8 | 6 ± 2 |
| $\text{PO}_4\text{-P}$ (mg/l) | 20 - 40 | 30 ± 10 |
| Nilai pH | 4 - 6 | 5 ± 1 |

Limbah cair pabrik karet alam memiliki nilai COD yang relatif tinggi disebabkan oleh sifat alami karet yaitu lateks segar sebagai bahan baku mengandung 35,62% butiran karet, 2,03% protein dan 0,34% zat gula (Setjamidjaja, 1993); selain itu diduga juga merupakan akibat penggunaan asam formiat atau asam asetat sebagai bahan koagulan yang terikut sebagai komponen limbah cair karet. Limbah cair pabrik karet dari hasil pengamatan diketahui memiliki rasio COD dan BOD sekitar 1,5 sehingga dapat digolongkan sebagai limbah mudah terurai karena memiliki nilai rasio kurang dari 1,7 sedangkan nilai fraksi bahan organik

limbah cair karet yang dapat didegradasi (Fb) bernilai 1,0 (Verstraete dan Vaerenbergh, 1986). Berdasarkan hal tersebut, maka limbah cair pabrik pengolahan karet alam jenis *ribbed smoked sheet* (RSS) layak untuk diolah secara biologis dengan sistem lumpur aktif.

Limbah cair pabrik karet mengandung senyawa nitrogen yang diduga berasal dari proses penggumpalan lateks dan nitrogen amonia yang berasal dari penggunaan NH_4OH sebagai anti koagulan dan desinfektan yang ditambahkan pada saat penyadapan sebanyak 5 – 10 ml larutan amonia 2 – 2,5% per liter lateks (Setjamidjaja, 1993).

Ortofosfat yang terdapat pada limbah cair pabrik pengolahan karet kemungkinan berasal dari senyawa fosfor yang terdapat pada lateks kebun dan air yang digunakan untuk proses pengenceran lateks kebun dan pencucian peralatan pabrik.

Limbah cair pabrik karet memiliki nilai pH rendah yang disebabkan oleh penggunaan asam formiat atau asam asetat sekitar 2 persen sebagai koagulan. Proses koagulasi terjadi karena penurunan pH mencapai titik isoelektrik (sekitar pH 4,7) sehingga protein yang menjadi lapisan pelindung partikel karet rusak dan akibat gerak Brown partikel-partikel karet akan saling bersatu dan akhirnya menggumpal.

3. Perbandingan Kinerja Reaktor Tiga Tahap dengan Konfigurasi yang berbeda

Perbandingan kinerja reaktor tiga tahap dengan konfigurasi yang berbeda disajikan pada Tabel 2. Proses nitrifikasi yang terjadi dengan adanya *recycle* mampu menurunkan kadar nitrogen amonia pada efluen akhir hingga sekitar 10 mg/l sehingga memenuhi persyaratan yang ditetapkan yaitu maksimal 10 mg/l, sedangkan konfigurasi anaerobik-aerobik-anoksik dan anaerobik-anoksik-aerobik tanpa *recycle* maka konsentrasi nitrogen

amonia pada efluen akhir masing-masing adalah 100 dan 40 mg/l melebihi ambang batas yang ditetapkan.

Proses denitrifikasi yang terjadi pada reaktor tiga tahap dengan *recycle* belum berjalan dengan baik yang ditunjukkan dengan masih tingginya kadar nitrogen nitrat yang terdapat pada keluaran akhir, walaupun waktu tinggal hidrolis pada reaktor anoksik ditingkatkan. Hal ini diduga disebabkan kondisi pada reaktor anoksik yang tidak mendukung yaitu relatif tingginya kadar oksigen terlarut sekitar 0,4 mg/l. Mikroorganisme yang berperan dalam proses denitrifikasi bersifat fakultatif aerob sehingga dengan adanya oksigen terlarut maka penggunaan nitrat sebagai akseptor elektron terhambat (Knowles, 1982 dalam Zhao, Movinic, Oldham, dan Koch., 1999).

Kadar ortofosfat pada efluen akhir reaktor tiga tahap dengan *recycle* relatif rendah sehingga kemungkinan terjadinya gangguan akibat pertumbuhan ganggang dan organisme akuatik lainnya dapat dicegah. Kadar ortofosfat pada efluen akhir dengan proses *recycle* relatif lebih baik bila dibandingkan dengan kadar ortofosfat dari reaktor tiga tahap tanpa proses *recycle*.

Penyisihan komponen karbon, nitrogen, dan fosfor terjadi secara simultan dan saling terkait (Gambar 5). Senyawa fosfor dalam bentuk ortofosfat dilepaskan ke dalam cairan pada kondisi anaerobik akibat degradasi senyawa polifosfat yang menghasilkan energi untuk untuk penyimpanan substrat organik dalam bentuk karbon atau polihidroksibutirat (PHB) dan untuk perawatan mikroorganisme, sehingga pada kondisi anaerobik terjadi penurunan COD dan peningkatan ortofosfat bebas pada cairan. Secara umum pada kondisi anaerobik, metabolisme yang terjadi terdiri dari 3 reaksi dasar yaitu (1) pemindahan dan penyimpanan substrat organik seperti asam asetat menjadi PHB; (2) degradasi

polifosfat; dan (3) degradasi glikogen (Petersen, Temmink, Henze, dan Isaac, 1998; Kuba *et al.*, 1996; Kunst dan Mudrack, 1990).

Senyawa ortofosfat bebas diserap atau diambil dari cairan oleh mikroorganisme pada kondisi aerobik dan disimpan dalam bentuk senyawa polifosfat yang merupakan sumber energi karena polifosfat dapat dikonversi menjadi ATP apabila kondisi pertumbuhan membutuhkannya. Energi yang diperlukan untuk pengambilan ortofosfat dari cairan didapatkan dari degradasi PHB atau senyawa organik yang tersedia (BOD). Secara umum, metabolisme yang terjadi pada kondisi aerobik terdiri dari 5 reaksi dasar yaitu (1) katabolisme PHB; (2) *electron transport phosphorylation*; (3) produksi biomassa; (4) pemindahan fosfor dan sintesis polifosfat; dan (5) sintesis glikogen (Petersen *et al.*, 1998; Kuba *et al.*, 1996; Kunst dan Mudrack, 1990; Verstraete dan Vaerenbergh, 1986).

Proses penyisihan ortofosfat yang terjadi pada reaktor anaerobik dan anoksik ditandai dengan terurainya nitrogen nitrat menjadi gas nitrogen. Nitrogen nitrat menyebabkan respirasi endogenus (ENR) yang memanfaatkan nitrogen nitrat sebagai akseptor elektron yang berperan sama seperti oksigen sehingga mampu mengubah ortofosfat menjadi bentuk polifosfat dalam sel mikroorganisme. Hal ini dijelaskan oleh Kern-Jespersen dan Henze (1993); Kuba *et al.* (1996); dan Sorm *et al.* (1996) bahwa penyisihan senyawa fosfat dapat terjadi pada proses denitrifikasi secara anoksik dan ditambahkan oleh Barker dan Dold (1996) bahwa mikroorganisme yang mampu menyisihkan senyawa fosfat dapat menggunakan nitrat sebagai akseptor elektron tanpa keberadaan oksigen untuk mengoksidasi polihidrioksi alkanolat (PHA) dan sekaligus mengikat fosfat. Østgaard, Bortone, Saltarelli, Jenicek, Wanner, dan Tilche (1997) menambahkan bahwa

lumpur aktif yang digunakan pada proses denitrifikasi pada reaktor anoksik mampu meningkatkan kandungan polifosfat dan menurunkan kandungan ortofosfat bebas yang mendekati tingkatan yang sama dengan kemampuan lumpur aktif aerobik.

Pada Gambar 5 dapat diamati bahwa dengan memanfaatkan nitrogen nitrat dan karbon yang tersedia maka pada tahap anaerobik dan anoksik memungkinkan terjadinya penguraian senyawa nitrogen amonia yang diduga menjadi nitrogen bebas yang diikuti dengan penyisihan senyawa ortofosfat oleh mikroorganisme.

KESIMPULAN DAN SARAN

Proses penyisihan nutrien dari limbah cair pabrik pengolahan karet alam didesain menggunakan reaktor tiga tahap yang terdiri dari reaktor anaerobik jenis *fluidized bed* dengan sistem pertumbuhan terikat dan reaktor aerobik dan anoksik jenis reaktor teraduk sempurna dengan sistem pertumbuhan tersuspensi. Konfigurasi reaktor tiga tahap sama dengan sistem A²/O yang terdiri dari masing-masing satu tahap anaerobik, aerobik, dan anoksik.

Hasil analisis karakteristik kimiawi menunjukkan bahwa limbah cair pabrik karet jenis *ribbed smoked sheet* (RSS) mempunyai kandungan COD 4000 ± 1000 mg/l, BOD 2500 ± 200 mg/l, total nitrogen 300 ± 100 mg/l, NH₃-N 200 ± 100 mg/l, NO₃-N 6 ± 2 mg/l, PO₄-P 30 ± 10 mg/l, dan pH 5 ± 1 mg/l.

Reaktor tiga tahap yang didesain dengan beberapa konfigurasi yang berbeda dapat menyisihkan COD, total nitrogen, dan ortofosfat (PO₄-P) masing-masing sebesar 95 - 97%, 45 - 76%, dan 81 - 99%.

Reaktor tiga tahap dengan konfigurasi anaerobik-anoksik-aerobik dengan *recycle* dari reaktor aerobik ke anoksik 200% dari debit influen dan waktu tinggal hidrolis 24, 4 dan 4 jam menghasilkan kualitas effluen akhir yang lebih baik dibandingkan dengan

konfigurasi yang lain dengan nilai pH 8,25 \pm 0,10; COD 250 \pm 100 mg/l; total nitrogen 100 \pm 15 mg/l; NH₃-N 8 \pm 7 mg/l; NO₃-N 75,0 \pm 10,0 mg/l; dan ortofosfat (PO₄-P) 0,20 \pm 0,30 mg/l.

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan terhadap kondisi kerja reaktor anoksik berupa kontrol terhadap oksigen terlarut (DO) dan potensial oksidasi-reduksi (ORP) sehingga lebih mendukung proses denitrifikasi dengan lebih baik dan menghasilkan effluen dengan kandungan NO₃-N yang memenuhi persyaratan.

PUSTAKA

- APHA. 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and waste water*. 18th ed. American Public Health Association. New York.
- Barber, W.P. dan D.C. Stuckey^a. 2000. "Nitrogen Removal in a Modified Anaerobic Baffled Reactor (ABR): 1, Denitrification". *Wat. Res.* 34(9): 2413-2422.
- Barber, W.P. dan D.C. Stuckey^b. 2000. "Nitrogen Removal in a Modified Anaerobic Baffled Reactor (ABR): 2, Nitrification". *Wat. Res.* 34(9): 2423-2432.
- Barker, P.S.A. dan P.L. Dold. 1996. Denitrification Behaviour in Biological Excess Phosphorus Removal Activated Sludge System. *Wat. Res.* 30: 769-70
- Biro Pusat Statistik. 1998. *Statistik Ekspor 1997*.
- Bundgaard, E., K.L. Andersen, dan G. Petersen. 1989. "Bio-denitro and bio-denitro systems - experiences and advanced model development: The Danish system for biological N and P removal". *Wat. Sci. Tech.* 21: 1727-1730.
- Chaume, F. dan J.F. Beteau. 1997. "Model Based of an Appropriate Control Strategy Application to an Anaerobic Digester". *Seminar Internasional Peranan Bioteknologi Lingkungan dalam Pengolahan Limbah Cair Industrial*. Bandung 24 November 1997. USA-UNET-ITB, Dirjen Perkebunan. 1991. "Study of Pollution Control Requirements for Existing PTP Palm Oil and Rubber Factories". *Final Report*. Vol. 1.
- Dirjen Perkebunan. 1997. *Statistik Perkebunan Indonesia (1996-1998)*.
- Fannin, K.F. 1987. "Start-up, Operation, Stability, and Gas Control". In *Anaerobic Digestion of Biomass*. D.P. Chynoweth and R. Isaacson (eds.). Elsevier Applied Science. London and New York.
- Goutara, B. Djatmiko, dan W. Tjiptadi. 1976. *Dasar-dasar Pengolahan Karet*. Fatemeta, IPB. Bogor.
- Henze, M. 1995. "Nutrient Removal from Wastewater". *New World Water*.
- Kerrn-Jespersen, J.P. dan M. Henze. 1993. Biological Phosphorus Uptake under Anoxic and Aerobic Conditions. *Wat. Res.* 27:617-624.
- Kuba, T., E. Murnleitner, M.C.M. van Lossdrecht, dan J.J. Heijnen. 1996. "A Metabolic Model for Biological Phosphorus Removal by Denitrifying Organisms". *Biotech. Bioeng.* 52: 685-695.
- Kunst, S. dan L. Mudrack. 1990. "Elimination of Nitrogen and Phosphorous by Microorganisms".
- Lemke, J.R. 1992. "Modern Wastewater Technology". In *Biotechnology Focus 3: Fundamentals, Application, Information*. Finn. R.K. dan P. Prave (eds.). Hanser Publishers. Munich.
- Menteri Lingkungan Hidup. 1995. SK MenLH no. 51/MENLH/10/1995.
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse*. McGraw-Hill Book Co. Singapore.

Nathanson, J.A. 1997. *Basic Environmental Technology: Water Supply, Waste Management, and Pollution Control*. Prentice Hall. New Jersey.

Østgaard, K., M. Christensson, E. Lie, K. Jonsson, and T. Welander. 1997. "Anoxic Biological Phosphorus Removal in a Full-Scale UCT Process". *Wat. Res.* 31(11): 2719-2726.

Rustrian, E., J.P. Delgenes, N. Bernet, dan R. Moletta. 1998. "Simultaneous Removal of Carbon, Nitrogen, and Phosphorus from Wastewater by Coupling Two-Step Anaerobic Digestion with a Sequencing Batch Reactor". *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 73:421-431.

Sawyer, C.N. P.L. McCarty, dan G.F. Parkin. 1994. *Chemistry for Environmental Engineering*. 4th ed. McGraw-Hill International Editions. New York.

Setjamidjaja, D. 1993. *Karet: Budidaya dan Pengolahan*. Kanisius. Yogyakarta.

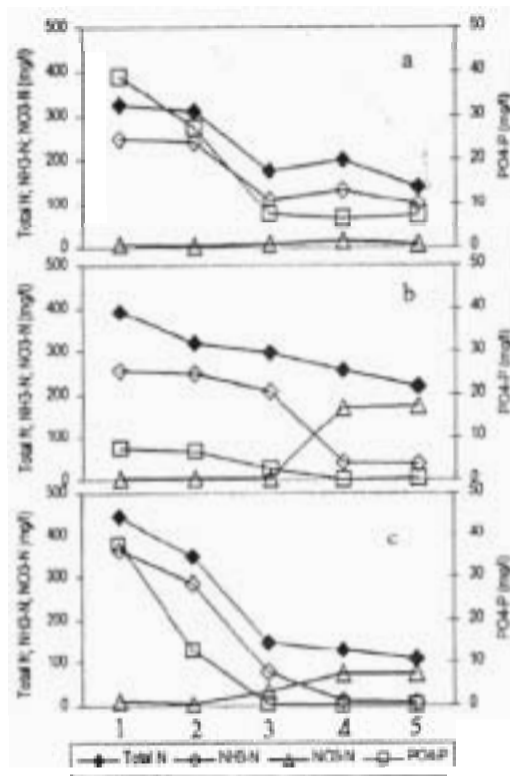
Sorm, R. G. Bortone, R. Saltarelli, P. Jenicek, J. Wanner, dan A. Tilche. 1996. Phosphate Uptake under Anoxic Conditions and Fixed Film Nitrification in Nutrient Removal Activated Sludge System. *Wat. Res.* 30:1573-1584.

Tampubolon, M dan Abudardak. 1990. "Sumber dan Karakteristik Air Limbah Pabrik Karet". *Buletin Pusat Penelitian Perumahan*. Vol. 1. No. 2 April 1990.

Verstraete, W dan E. van Vaernberg. 1986. "Aerobic Activated Sludge". In *Biotechnologi 8: Microbial Degradations*. W. Schonborn (ed.) VCH. Weinhem.

Zhao, H.W., D.S. Mavinic, W.K. Oldham, dan F.A. Koch. 1999. "Controlling Factors for Simultaneous Nitrification

and Denitrification in A Two Stage Intermittent Aeration Process Treating Domestic Sewage". *Wat. Res.* 33(4): 961-970.



Gambar 5. Perubahan nitrogen dan ortofosfat pada tiap tahap dari reaktor tiga tahap

Keterangan:

- a. anaerobik-aerobik-anoksik
- b. anaerobik-anoksik-aerobik tanpa recycle
- c. anaerobik-anoksik-aerobik dengan recycle
- 1. influen
- 2. anaerobik
- 3. anoksik
- 4. aerobik
- 5. penjernih

Tabel 2. Perbandingan kinerja reaktor tiga tahap dengan konfigurasi yang berbeda pada kondisi tunak

| Konfigurasi reaktor | Parameter | Influen | Efluen | | | | | | | |
|---|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | | | Anaerobik | Efisiensi Penyisihan (%) | Anoksik | Efisiensi Penyisihan (%) | Aerobik | Efisiensi Penyisihan (%) | Penjumlah | Efisiensi Penyisihan (%) |
| Anaerobik- aerobik-anoksik; HRT 24; 12; 12 jam | COD (mg/l) | 4800 ± 500 | 700 ± 100 | 84 | 300 ± 50 | 33 | 400 ± 50 | 40 | 200 ± 50 | 21 |
| | Total N (mg/l) | 325 ± 30 | 310 ± 35 | 5 | 175 ± 40 | 11 | 200 ± 40 | 35 | 140 ± 10 | 18 |
| | NH ₄ -N (mg/l) | 250 ± 20 | 240 ± 20 | | 110 ± 50 | | 130 ± 30 | | 100 ± 40 | |
| | NO ₃ -N (mg/l) | 8.5 ± 0.5 | 5.0 ± 0.5 | | 8.0 ± 3.0 | | 14.0 ± 1.5 | | 6.0 ± 3.0 | |
| | PO ₄ -P (mg/l) pH | 38,10 ± 2,25 6,85 ± 0,15 | 27,20 ± 7,25 7,40 ± 0,15 | 30 | 7,55 ± 0,84 8,85 ± 0,10 | (-15) | 6,60 ± 0,90 8,55 ± 0,10 | 76 | 7,50 ± 2,10 8,45 ± 0,10 | 1,33 |
| Anaerobik- anoksik-aerobik; HRT 24; 12; 12 jam | COD (mg/l) | 3300 ± 300 | 660 ± 150 | 80 | 370 ± 100 | 45 | 200 ± 70 | 48 | 100 ± 30 | 60 |
| | Total N (mg/l) | 400 ± 75 | 320 ± 75 | 19 | 300 ± 70 | 8 | 260 ± 25 | 14 | 220 ± 20 | 14 |
| | NH ₄ -N (mg/l) | 255 ± 41 | 248 ± 43 | | 208 ± 38 | | 40 ± 28 | | 38 ± 29 | |
| | NO ₃ -N (mg/l) | 3,0 ± 1,5 | 2,0 ± 0,5 | | 4,5 ± 2,0 | | 170,0 ± 25,0 | | 170 ± 25 | |
| | PO ₄ -P (mg/l) pH | 7,55 ± 0,80 6,60 ± 0,35 | 6,70 ± 1,30 7,60 ± 0,30 | 12 | 2,45 ± 1,30 8,05 ± 0,28 | 63 | 0,20 ± 0,05 8,45 ± 0,20 | 63 | 0,20 ± 0,05 8,35 ± 0,10 | 38 |
| Anaerobik- anoksik-aerobik dengan recycle dari reaktor aerobik ke anoksik dengan debit 200 % dari influen, HRT 24; 4; 4 jam | COD (mg/l) | 4800 ± 750 | 520 ± 60 | 89 | 350 ± 100 | 7 | 300 ± 70 | 14 | 260 ± 80 | 13 |
| | Total N (mg/l) | 450 ± 25 | 350 ± 50 | 22 | 150 ± 15 | 27 | 130 ± 20 | 12 | 105 ± 15 | 18 |
| | NH ₄ -N (mg/l) | 360 ± 20 | 290 ± 70 | | 75 ± 35 | | 10 ± 5 | | 8 ± 7 | |
| | NO ₃ -N (mg/l) | 11,0 ± 7,0 | 3,5 ± 4,5 | | 33,5 ± 12,5 | | 70,0 ± 20,0 | | 75,0 ± 10,0 | |
| | PO ₄ -P (mg/l) pH | 37,80 ± 6,25 6,55 ± 0,30 | 13,10 ± 3,80 7,40 ± 0,05 | 65 | 0,35 ± 0,20 8,00 ± 0,10 | 97 | 0,20 ± 0,20 8,15 ± 0,05 | 48 | 0,15 ± 0,30 8,25 ± 0,10 | 22 |