Jurnal Kejuruteraan 13 (2001) 51-62

Proses Penyahnitratan dan Penyahwarnaan di dalam Reaktor Lapisan Terkembang

Siti Kartom Bte. Kamarudin
Rakmi Abdul Rahman

ABSTRAK

Rawatan secara biologi ke atas air buangan sintetik tekstil telah dilakukan di dalam reaktor lapisan terkembang aerobik dan anaerobik. Uji kaji ini bertujuan untuk mengkaji penurunan nilai Permintaan Oksigen Kimia (POK), proses penyahnitratan dan proses penyahwarnaan. Uji kaji telah dilakukan dengan menggunakan reaktor turus perspek yang telah diinokula dengan kultur campuran dan butiran karbon teraktif digunakan sebagai media penyokong. Sampel dilakukan ujian POK masukan dan keluaran, nitrat masukan dan keluaran, pH, suhu dan biojisim. Keputusan menunjukkan pengurangan POK, nitrat dan warna yang baik untuk kedua-dua sistem reaktor. Daripada keputusan, didapati bahawa keadaan aerobik boleh mengurangkan penumpuan bahan toksik pada permukaan biofilem dan lebih berkesan untuk pengurangan POK proses penyahnitratan serta penyahwarnaan untuk tempoh yang lebih lama. Dibuktikan juga, proses penyahwarnaan dan proses penyahnitratan boleh dilakukan di dalam satu reaktor tunggal untuk kedua-dua sistem.

Kata kunci: penyahnitratan, penyahwarnaan, reaktor lapisan terkembang.

ABSTRACT

Synthetic textile wastewater was biologically treated in aerobic and anaeraboc expanded bed reactors. The objectives of this study are to investigated the reduction of COD (Chemical Oxygen demand), denitrification process, decolourisation process and other related parameters. Experimental work was done using perspec columns resctors which were innoculated with mixed culture. Granulated activated carbon was used as a support medium. Samples were analysed for their outlet and inlet COD, outlet and inlet nitrate, pH, temperature and biomass. It was observed that, a good removal of COD, nitrate and colour were obtained. The results shows that aerobic condition with dissolved oxygen less than 2.0 mg/L could reduce the accumulation of toxid on the biofilm surface and could increase the efficiency of COD reduction as well as denitrification and decolourisation process for a longer period. The results also proved that simulatenous biodecolourisation and biodenitrification could occur a single reactor for both systems.

Key words: denitrification, decolourisation, expended bed reactor.

PENGENALAN

Saban tahun peraturan berkenaan dengan efluen tekstil menjadi semaki ketat. Pengeluar-pengeluar tekstil bertindakbalas dengan mempertingkatka kemudahan perawatan air buangan (*Chem. Eng. 1993*). Dalam industi tekstil, sumber pencemaran yang utama bagi air buangan berpunca daripad industri pewarnaan dan penyudahan. Antara bahan pencemar utama iala pepejal terampai, POK, POB, nitrat, warna dan sebatian-sebatian lain (Ku 1992). Pada masa kini, berbagai kaedah yang digunakan dalam menangan masalah air buangan ini. Antaranya adalah kaedah fizik, kimia, fizikokimi dan biologi.

Dalam kajian ini, suatu reaktor lapisan terkembang menggunakan kultu capuran dan media penyokong akan digunakan untuk menjalankan prose penyahnitratan dan penyahwarnaan bagia ir bungan sintetik industri tekstil Kedah rawatan secara biologi ini tidak banyak menggunakan bahan kimi dan kurang menghasilkan enapcemar kimia. Oleh itu, proses ini dapa mengurangkan kos perawatan air buangan berbanding dengan proses-prose lain seperti proses fizikokimia. Segala proses perawatan air buangan secar biologi dilakukan oleh enzim mikroorganisma yang hadir dalam sesuatu proses.

Dari segi media penyokong pula, butiran karbon teraktif digunakan sebagai media penyokong. Karbon teraktif adalah antara jenis media yang paling lazim digunakan disebabkan ciri perlekatan mikrob dan sifat jerapan yang amat baik. Karbon teraktif juga sering digunakan dalam reaktor filem tetap aerobik dan sistem enapcemar teraktif. Di dalam kajian ini, kaedah yang terkini digunakan, iaitu reaktor karbon teraktif bergranular bagi sistem lapisan terkembang. Kaedah ini telah digunakan dengan jayanya untuk perawatan air buangan toksid (Dusart 1990; Nakhla 1990; Imai 1993). Thomas (1992) mendapati pertumbuhan bakteria adalah lebih cepat pada permukaan karbon teraktif berbanding dengan karbon biasa.

Dalam sistem lapisan terbendalir, bakteria tumbuh di atas zarah-zarah medium yang lengai yang dikekalkan secara hidrauliknya dalam keadaan terampai bagi sistem tersebut. Antara kelebihan keadaan ini, air buangan akan mengalir melalui kultur atau medium tersebut. Sistem pemisah pepejal/ cecair akan diasingkan hanya untuk tujuan-tujuan penyudahan. Bakteria yang digunakan adalah kultur campuran ini adalah ia membentuk satu gabungan yang stabil dan memberikan kerintangan tinggi terhadap pencemaran serta memberikan kadar pertumbuhan yang tinggi (Zeikuf & Johnson 1991).

Penyahnitratan adalah satu proses yang menukarkan nitrat dan nitrit kepada gas nitrogen dalam masa yang sama mengoksidakan karbon organik untuk tujuan perolehan tenaga (Carley & Mavinic 1991; Winkler 1991; Horan 1990). Proses penyahnitratan juga boleh dirujuk sebagai penukaran nitrat-nitrogen kepada bentuk yang lebih terturun seperti N_2, N_2O dan NO. Proses ini berlaku melalui pelbagai heterotrof fakultatif yang boleh menggunakan nitrat bagi menggantikan tempat oksigen sebagai penerima elektron akhir (Martin 1991).

Penyahnitrat sebenarnya boleh menggunakan sama ada oksigen atau nitrat sebagai penerima elektron. Sekiranya kehadiran oksigen adalah berlebihan maka proses penyahnitratan tidak akan berlaku (Akunna et al.

1993). Kebanyakan proses penyahnitratan dijalankan dalam keadaan anaerobik iaitu tanpa kehadiran oksigen. Walaupun begitu sistem pengudaraan masih diperlukan untuk memberi pemindahan substrat dan oksigen yang lebih berkesan ke dalam biofilem (Ogmean 1992). Zhang (1992) mendapati bahawa dengan memberi pengudaraan kepada sistem, bahan toksid boleh dihalang dari menumpuk pada permukaan biofilem. Tetapi kehadiran oksigen terlarut hendaklah kurang daripada 2.0 mg/L supaya tidak merencat proses penyahnitratan (Hiscock et al. 1991).

Sumber karbon pula memainkan peranan yang penting dalam proses pengolahan nitrogen, fosforus (Ines 1991; Tam 1992) dan pembentukan biojisim (Akunna et al. 1993). Di antara bahan yang biasa digunakan sebagai sumber karbon adalah glukosa, metanol, etanol, aseton, asid propionik dan lain-lain asid organik. Daripada kajian yang telah dijalankan oleh Casey et al. (1992), didapati pengurangan nitrogen bertambah daripada 45% ke 74% dengan penambahan sumber karbon ke dalam uji kaji.

Untuk Proses penyahwarnaan di dapati sistem rawatan menggunakan karbon teraktif dalam bentuk serbuk adalah sangat berkesan untuk perawatan efluen yang sangat berwarna daripada pengeluaran tekstil. Grof (1991) mendapati karbon teraktif merupakan medium yang sangat berkesan untuk proses penyahwarnaan dan penyahbauan secara biologi. Beliau juga mendapati hasil sampingan tidak berkutub kutub daripada pelbagai proses perawatan fizikal untuki menyingkirkan air buangan seperti dalam proses koagulasi, sedimentasi dan pengoksidaan kimia, terjerap paling mudah kepada karbon teraktif.

Objektif kajian ini adalah untuk:

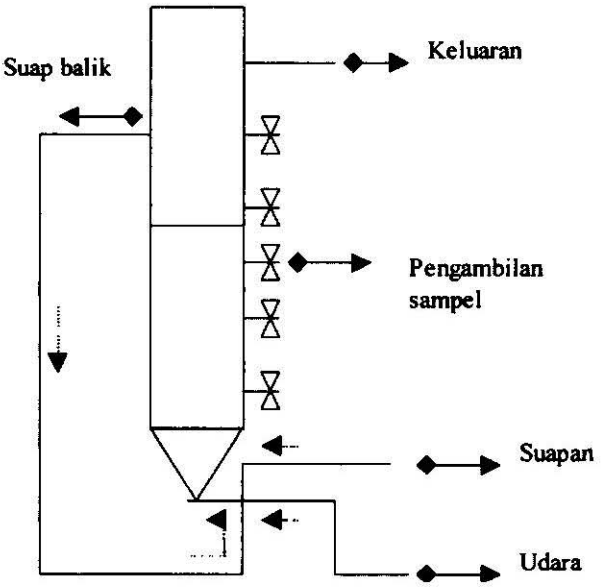
1. mellihat keberkesanan reaktor lapisan terkembang dalam merawat air buangan sintetik tekstil yang mempunyai kepekatan nitrat dan warna yang tinggi.
2. membuat perbandingan prestasi di antara reaktor lapisan terkembang aerobik dan anaerobik.
3. melihat sama ada proses rawatan dan pengasingan biojisim dan air yang telah dirawat boleh dilakukan di dalam satu reaktor tunggal.

METODOLOGI

REKA BENTUK REAKTOR

Dua turus perspek direka bentuk untuk proses aerobik dan anaerobik untuk menjalankan uji kaji di dalam kajian ini (Rajah 1). Kedua-duanya menggunakan karbon teraktif sebagai media penyokong. Beberapa bahagian keluaran sampel telah direka di sepanjang reaktor tersebut untuk persampelan.

Suapan dipam ke dalam reaktor dari bahagian bawah reaktor. Keluaran reaktor tersebut dikumpulkan di dalam tangki keluaran. Reaktor tersebut disuapbalik dari bahagian atas reaktor dengan menggunakan pam perilstatik ke dalam reaktor dari bahagian bawah yang berbentuk kon bertujuan untuk membendalir karbon teraktif. Untuk proses aerobik, udara dipamkan ke dalam reaktor secara berterusan pada kadar 1.5 ml/min. Parameter reka bentuk yang terlibat untuk pembinaan reaktor seperti dalam Jadual 1.



RAJAH 1. Reaktor lapisan terkembang aerobik

JADUAL 1. Reka bentuk reaktor

Reaktor	Aerobik	Anaerobik
Panjang turus, cm	100	200
Diameter turus, cm	10	5
Saiz karbon teraktif, mm	0.212 – 0.850	0.212 – 0.850
Isipadu reaktor l	7	2
Kadar alir suapan, ml/min	5	2
Kadar alir udara, ml/min	1.5	–
Kadar alir suap balik l/min	0.8	0.4
Masa mastautin, hari	1	1
Oksigen terlarut, mg/l	2.0	> 0.2
Nisbah F:M	1:3	1:3

KOMPOSISI SUAPAN, MEDIA PENYOKONG DAN INOKULUM

Komposisi suapan (Jadual 2) digunakan dengan nisbah C:N:P=100:5:1. Larutan penimbal digunakan untuk menetapkan pH pada 7.0.

Karbon teraktif adalah bahan yang direka bentuk untuk memerangkap dan memulihkan komponen organik yang meruwap. Ia digunakan sebagai media penyokong untuk kajian ini. Kultur Campuran (Rakmi 1989) daripada reaktor induk yang berisipadu 10 liter digunakan sebagai inokulum reaktor-reaktor tersebut

PENYESUAIAN REAKTOR

Pada mulanya duapan dilakukan 2 liter sehari dan memberikan masa mastautin selama 3.5 hari. Kemudian reaktor diubasuai untuk suapan 7 liter sahari dan

JADUAL 2. Komposisi bahan suapan

Bahan	Komposisi
Glukosa, mg/l	1000
Pewarna Red B, mg/l	50 – 100
Ammonian Nitrat, NH_4NO_3.g	20.0
Magnesium (11) klorida Hexahidrat, $MgCl_2.6\ H_2O$, g	8.0
Mangan (11) klorida, $MnCl_2$. $4H_2O$, g	0.04
FeCl3. $6H_2O$, g	0.04
Kalsium Klorida, $CaCl_2$. $2H_20$, g	0.60
KH_2PO_4, g	45.42
Na_2HPO_4, g	94.40

memberikan masa mastautin selama 1 hari. Suapan dilakukan secara berterusan dengan masa mastautin adalah 1 hari. Reaktor ini dijalankan dalam keadaan aerobik.

Bagi reaktor anaerobik pula, suapan akan dilakukan setiap 30 minit sekali selama 15 minit. Suapan dilakukan 2 liter sehari memberikan masa mastatutin 1 hari. Seterusnya, suapan dilakukan untuk 6 liter sehari bagi memberikan masa mastautin 0.3 hari.

PENGOPERASIAN REAKTOR

Satu turus perspek yang berbentuk kun di bahagian bawah yang berisipadu 7 liter telah direkabentuk. Panjang turus tersebut adalah 100 cm dan 10 cm diameter. Bentuk kun di hujungnya bertujuan untuk membendalirkan media di dalam reaktor tersebut. Lima bahagian keluaran sampel dengan ketinggian =yang berlainan telah disediakan pada reaktor tersebut untuk analisis sampel. Nutrien disuap ke dalam reaktor tersebut melalui muncung kun dengan menggunakan pam perilstatik. Keluaran dikumpulkan di dalam tangki keluaran. Pada ketinggian 30 cm dari bahagian atas reaktor, bendalir disuapbalik pada kadar 0.4 l/min ke dalam reaktor melalui hujung kun dengan menggunakan pam perilstatik untuk mendapatkan pengembangan lapisan sebanyak 30% (Hsu & Shiah 1993). Pengembangan lapisan dikekalkan pada 30% disepanjang uji kaji. Ini bertujuan untuk mengurangakan pengaliran biojisim ke bahagian suapbalik. Udara dimasukkan ke dalam reaktor pada kadar 1.5 ml/min bertujuan untuk mengekalkan kepekatan oksigen terlarut di dalam reaktor sebanyak 2 mg/l.

UJI KAJI

Parameter berikut dianalisis setiap hari: Permintaan Oksigen Kimia (POK) suapan dan keluaran, Nitrat suapan dan keluaran, pewarna suapan dan keluara. Jisim biojisim diukur dua kali seminggu.

pH, suhu dan oksigen terlarut diukur dengan menggunakan meter berkaitan (Jadual 3). Suhu dikekalkan pada suhu bilik (25°C), manakala pH dipastikan supaya berada pada 7.0 dan oksigen terlarut bagi reaktor aerobik sekurang-kurangnya 2.0 mg/liter. Jadual berikut memberikan kaedah analisis yang digunakan.

JADUAL 3. Kaedah analisis

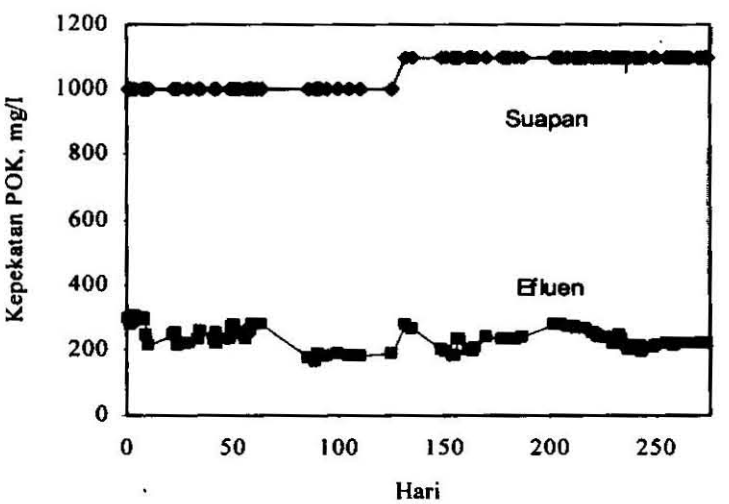
Parameter	Kaedah	Reference
POK	Spectrofotometric	APHA (1976)
Nitrat	Spectrofotometric	DR2000 Spectrophotometer Instrument Manual (1987)
Biojisim	Gravimetry	APHA (1976)
Oksigen terlarut dan suhu	Portable Dissolved Oxygen Model: 5739 Brand: Hach	
PH	pH analyzer Model: 4074 Bran: Orion Research	

HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

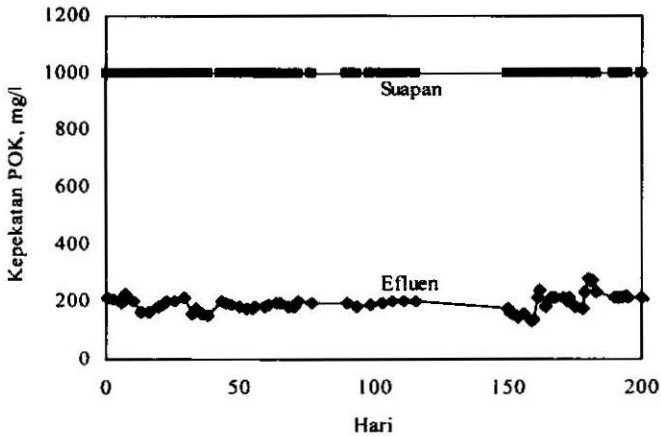
Kajian telah dijalankan untuk melihat keberkesanan proses penyahnitratan dan proses penyahwarnaan di dalam reaktor lapisan terkembang. Ujikaji dijalankan untuk dua proses iaitu proses aerobik dan proses anaerobik. Glukosa digunakan sebagai sumber karbon. Air buangan sintetik tekstil yang telah digunakan sebagai suapan. Air buangan sintetik adalah air buangan yang di sediakan di dalam makmal dan kandungannya menyerupai air buagan yang sebenar daripada industri. Kedua-dua proses tersebut dioperasikan secara selanjar.

GLUKOSA SEBAGAI SUMBER KARBON

Jika dilihat pada Rajah 2 dan 3, didapati, pengurangan POK yang baik berlaku untuk kedua-dua proses aerobik dan anaerobik. Tidak banyak perbezaan nilai penurunan POK bagi kedua-dua proses diperolehi. Ini selari dengan keputusan yang telah diperolehi oleh Takashi (1991).



RAJAH 2. Pengurangan POK di dalam reaktor lapisan terkembang



RAJAH 3. Pengurangan POK di dalam reaktor lapisan terkembang anaetobik

Untuk kedua-dua sistem, pada peringkat permulaan, penguraan POK adalah sebanyak 75% sahaja dan nilai ini bertambah sehingga 84% secara puratanya, tetapi dalam sistem anaerobik nilai ini mula menurun kepada 79.8% kerana, penurunan berlaku kerana terjadi resapan subtrak ke dalam biofilem dan keadaan ini bergantung kepada sturktur dan umur biofilem tersebut. Struktur biofilem merujuk kepada ketumpatan biofilem tersebut. Pada peringkat permulaan ketebalan biofilem adalah rendah. Pengambilan nutrien yang giat akan berlaku sehingga ke satu peringkat ketumpatan biofilem akan tinggi sehingga kurang ruangan terbuka untuk substrak tersebut meresap. Dengan ini pengurangan pengambilan substak akan berlaku (Fan et al. 1991). Walaupun begitu kesan ini dapat dikurangkan untuk proses aerobik. Sistem pengudaraan memainkan peranan penting dalam pemindahan subtrak dan oksigen yang lebih berkesan ke dalam biofilem. Pengudaraan boleh menghalang penumpukan bahan-bahan toksik dan mengurangkan ketumpatan biofilem. Dengan itu kerintangan untuk substrak dan oksigen sampai ke dalam sel akan berkurangan (Ogmean & Zhang 1992).

Penambahan kepekatan nitrat dan pewarna Red B kepada sistem didapati tidak mempengaruhi penggunaan POK, kerana pembekalan sumber karbon adalah berlebihan sehingga proses penyahwarnaan dan penyahnitratan tidak dipengaruhi oleh pembekalan substrat.

PROSES PENYAHNITRATAN

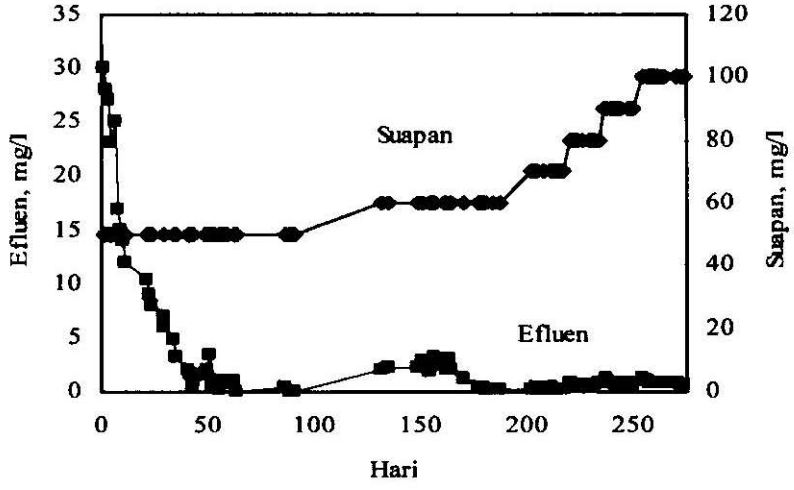
Untuk semua uji kaji yang dijalankan, glukosa digunakan sebagai sumber karbon yang berfungsi untuk menghasilkan tenaga dan untuk menjalankan proses penyahnitratan (Casey et al. 1993; Tam et al. 1992; Ines et al. 1991) dan juga bertindak sebagai penderma elektron. Walaupun metanol biasanya digunakan sebagai sumber karbon untuk kebanyakan proses penyahnitratan (Kuo 1993), kajian-kajian terbaru (Barker 1995 dan Akunna et al. 1993) mendapati glukosa lebih mudah mengadaptasi dengan kebanyakan mikroorganisma berbanding dengan metanol. Tambahan pula tempoh masa penyesuaian glukosa lebih singkat jika dibandingkan dengan metanol dan bahan-bahan lain. Akunna et al. (1993) mendapati glukosa selalunya digunakan sebagai sumber karbon untuk kebanyakan air buangan sintetik.

Penggunaan asid organik seperti asid laktik dan asid asetik sebagai sumber karbon juga meluas kerana keupayaan asid tersebut untuk merangsang proses penyanitratan tenaga di dalam sel (Ann 1995). Walaupun begitu kajian-kajian (Akunna et al. 1993; Dennis 1993) terbaru mendapati asid-asid organik hanya menjalankan proses penyahnitratan sahaja dengan penggunaan POK yang rendah berbanding dengan penggunaan glukosa yang boleh menjalankan proses penyahnitran di samping penggunaan glukosa yang tinggi oleh kultur untuk pembentukan asid atau fermentasi.

Sesuatu bahan yang dipilih sebagai sumber karbon perlu dikaji dari segi keberkesanannya, kos dan penghasilan sel. Bahan yang menghasilkan enapcemar yang terlalu banyak adalah satu pembaziran kerana proses untuk merawat enapcemar perlu dijalankan dan ini akan menambahkan kos pengoperasian (Anderson 1995). Didapati juga metanol boleh menghasilkan bahan toksik dan etanol serta asid asetik adalah mahal (Dennis 1993). Oleh itu glukosa adalah bahan yang sangat sesuai digunakan sebagai sumber karbon.

Daripada Rajah 4, didapati penurunan nitrat yang baik berlaku untuk kedua-dua proses iaitu menghampiri 99.9% dan 99.3% masing-masing untuk anerobik dan aerobik. Keputusan yang diperolehi adalh selari dengan kajian yang lepas (Ying & Kuo 1995). Untuk sistem aerobik, walaupun pengudaraan dibekalkan, tetapi kadarnya dikawal untuk mendapatkan kepekatan oksigen terlarut sebanyak 2.0 mg/l (Hiscock et al. 1991). Oleh itu, proses penyahnitratan masih berlaku dalam keadaan anerobik di bahagian biofilem. Kepekatan oksigen terlarut perlu dikawal kerana kehadiran oksigen yang berlebihan boleh merencatkan proses penyahnitratan. Oksigen berlebihan juga boleh menghalang pembentukan enzim untuk sintesis atau merencat terus proses penyahnitratan (Rahmani 1995).

Jumlah tenaga perunik organik yang dibebaskan juga bergantung kepada sumber oksigen daripada oksigen terlarut atau nitrat. Sekiranya jumlah tenaga yang dibebaskan oleh oksigen terlarut tinggi maka elektron akan beralih kepadanya maka proses penyahnitratan akan terencat. Pengurangan



RAJAH 4. Proses penyahnitratan di dalam reaktor lapisan terkembang aerobik

oksigen juga dapat mengurangkan kepekatan oksigen terlarut, menjimatkan tenaga dan mengelakkan keadaan aerobik yang terlalu berlebihan (Zhao et al. 1995). Walaupun begitu, oksigen terlarut yang terkawal masih diperlukan dalam sistem air buangan. Kajian lain mendapati, penggunaan nitrat denga kepekatan oksigen terlarut kurang daripada 2.0 mg/l boleh menambahkan kadar pertumbuhan mikroorganisma (Vanderabeela et al. 1995). Dengan bertambahnya kadar ini maka aktiviti lain oleh organisma juga dapat dipercepatkan. Nisbah C/N memainkan peranan yang penting untuk mengurangkan kesan oksigen terlarut (Rahman 1995). C:N suapan dari segi teori adalah 1.25:1 (Henze 1993). Untuk kajian ini nisbah suapan C:N = 20:1 telah digunakan. Penggunaan karbon yang berlebihan boleh mengurangkan kesan oksigen terlarut dan mempercepatkan kadar penyahnitran serta mengurangkan penumpukkan N-NO_3 (Tam 1992; Zhao 1995).

Daripada persamaan stoikiometri, didapati nisbah C/N untuk proses penyahnitratan yang lengkap adalah 2.86. Walaupun begitu nilai yang diperolehi dari ujikaji adalah lebih tinggi iaitu 8.0 hingga 16.0. Ini dapat dijelaskan sebagai penggunaan nitrogen untuk sintesis sel dan metabolisma endogenus. Kehadiran oksigen di dalam reaktor juga menambahkan permintaan karbon sebagai penderma elaektron oleh bakteria heterotropik. Didapati juga dengan penambahan kepekatan nitrat bagi kedua-dua proses, kadar pengurangan nitrat makin bertambah. Ini dapat dijelaskan iaitu dengan bertambahnya kepekatan nitrat, maka rangsangan untuk menghasilkan enzim pengurangan nitrat akan bertambah. Maka akan wujud kecerunan yang mempercepatkan kadar penyahnitratan. Kadar rangsangan ini tidak bergantung kepada kepekatan substrak tetapi bergantung kepada paras aruhan enzim pengurangan nitrat di dalam sel (Rahman et al. 1995).

Masa mastautin hidraulik telah diubah untuk reaktor anaerobik daripada 1 hari kepada 0.33 hari. Daripada keputusan yang diperolehi, didapati masa mastautin hidraulik tidak mempengaruhi proses penyahnitratan.

PROSES PENYAHWARNAAN

Jika dilihat daripada Jadual 4 dan 5 pada bahagian hasil kajian, didapati proses penyahwarnaan berlaku dengan baik untuk kedua-dua reaktor. Kepekatan masukan pewarna Red B telah dinyahwarnakan dan larutan keluaran kelihatan tidak berwarna.

JADUAL 4. Penambahan kepekatan pewarna dengan kepekatan nitrat dan POK tetap

POK = 1000 mg/l N-NO_3 = 50 mg/l	Pewarna keluaran	
Do(mgL)	Aerobik	Anaerobik
50	T.B	T.B
60	T.B	T.B
70	T.B	T.B
80	T.B	T.B
90	T.B	T.B
100	T.B	T.B

T.B - tidak berwarna

JADUAL 5. Penambahan kepekatan pewarna dengan kepekatan nitrat dan POK tetap

POK = 1000 mg/l Do = 50 mg/l	Pewarna keluaran	
$N\text{-}NO_3$ masukan (Mg/l)	Aerobik	Anaerobik
50	T.B	T.B
60	T.B	T.B
70	T.B	T.B
80	T.B	T.B
90	T.B	T.B
100	T.B	T.B

T.B - tidak berwarna

Kepekatan nitrat telah ditambah dari 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 mg/l. Didapati penambahan kepekatan nitrat tidak mempengaruhi proses penyahwarnaan. Proses penyahwarnaan masih berlaku secara pesat dengan larutan keluaran tidak berwarna. Begitu juga dengan proses penyahnitratan. Penambahan kepekatan pewarna tidak mempengaruhi proses penyahnitratan. Dengan itu dapat disimpulkan bahawa proses penyahwarnaan dan proses penyahnitratan boleh diakukan secara serentak di dalam satu reaktor lapisan terkembang aerobik.

KESIMPULAN

Sistem lapisan terkembang ini mudah dikendalikan dan tidak mudah tersumbat kerana pergerakkan zarah sentiasa berlaku di dalam reaktor. Bahagian kun di hujung bawah reaktor bertindak membendalirkan partikal di dalam reaktor. Kelihatan lapisan biojisim yang tebal menumpuk pada permukaan karbon teraktif. Pengawalan pengembangan lapisan sebanyak 30% mengawal nisbah biojisim yang masuk ke bahagian suapbalik dan membolehkan pengasingan air yang telah dirawat dan biojisim dilakukan di dalam satu reaktor tunggal.

Karbon teraktif telah digunakan untuk kajian ini seabgai media penyokonh disamping merawat air buangan. Liang-liang mikro pada permukaan karbon teraktif ini menambahkan luas permukaan penjerapan. Adalah dicadangkan pengembalian atau pengantian butiran karbon teraktif untuk menambahkan keupayaan karbon oleh Fox (1993). Walaupun begitu penggunaan karbon teraktif adalah lebih menjimatkan berbanding dengan bahan-bahan lain seperti pasir dan manik. Butiran pasir dan manik adalah berat dan kos untuk membendalirkan yang lebih tingi diperlukan.

Glukosa yang digunakan sebagai sumber karbon adalah amat bersesuaian untuk menjalankan proses penyahnitratan dan penyahwarnaan di dalam reaktor lapisan terkembang di samping memberikan penurunan POK yang tinggi.

Daripada analisis makmal yang telah dijalankan, didapati pengurangan nitrat dan warna yang baik diperolehi untuk kedua-dua reaktor. Ini menunjukkan proses penyahnitratan dan penyahwarnaan boleh dijalankan di satu reaktor lapisan terkembang. Daripada keputusan yang diperolehi, kedua-

dua proses iaitu aerobik dan anaerobik memberikan prestasi yang hampir sama. Walaupun begitu adalah dicadangkan menggunakan proses aerobik dengan oksigen terlarut kurang daripada 2.0 mg/l, kerana pengudaraan yang dibekalkan boleh mengurangkan penumpukkan bahan-bahan toksik pada permukaan biofilem tersebut dan tidak merencat proses penyahnitratan dan penyahwarnaan. Dengan itu keberkesanan proses penjerapan dan resapan dapat ditingkatkan. Tambahan pula proses aerobik adalah lebih cepat berbanding proses anaerobik adalah lambat dan menghasilkan produk yang lebih kompleks dan biasanya berbau busuk.

Pada keseluruhannya, dapat disimpulkan bahawa kajian ini telah berjaya dijalankan dan telah mencapai objektif-objektif yang telah digariskan.

RUJUKAN

Akunna, J.C., C. & Moleta. R. 1992. Denitrification in aerobic digesters: possibilities and influnece of wastewater COD/N-nox ratio. *Environ. Technol.* 13: 825.

Anderson, B.C. & Mauinic, D.S. 1993. Behaviour and control on nutrient in the enchanced aerobic digester process: Pilot-Scale Studies. *Environ. Technol.* 14: 301-318.

Ann Marie Eibster. 1995. Effect of fatty acids and trimethanic on denitrification in activeted sludge. *Wat. Res.* 29 (5): 1259-1266

Barker, P.S. & Dold, P.L. 1995. COD and nitrogen mass balance in activated sludge systems. Wat. Res. 29 (2): 633-643.

Carley, B.N. & Mavinic, D.S. 1991. The effect of external carbon loading on nitrification and denitrification of A high-ammonia landfill leacheate. *Res. J. WPCF.* 63(1): 51.

Casey, T.G., Wentzel, M.C., Leawenthal & E. Ekana, G.A. 1992. A hypothesisfor the cause of low F/M filament bulking in nutreint removal activated sludge systems. *Wat. Res.* 126(6): 867-869.

Cheremisinoff, P.N. & Ellerbusch. 1978. *Carbon absorption handbook.* Michigan: Ann Arbor Science Publisher Inc.

Dennis Clifford & Xiosha. 1993. Biological denitrification of spent regerent brine using a sequencing batch reactor. *Wat. Res.* 27(9): 1477-1484.

DR 2000. Spectrophotometric Instrument Manual. 1987. HACH Colo, U.S.

Dusart, O., Soubi, S. & Mazet, M., 1990. Elimination of surfactants in wastewater by adsorption onto activated carbon. *Environ. Technol.* 11: 721.

Dyeing to comform. 1993. *Chem. Eng.* (100) (1-6): 69.

Fan L.S, R. Leyva, Ramos, K.D. Wise Carner & B.J. Zehner. 1990. Diffussion of phenol through a biofilm grown on activated carbon particle in a draft-tube three phase fluidized bed reactor. *Biotechnol and Bioeng.* 35: 279-286.

Fox, P. &., Redd. K.R. & Grelet, D.A. 1993. nitrogen removal from reclaim water applied to constructed and natural wetland microcosms. *Wat. Res.* 65(2):162.

Grof, K.A. 1991. Textile Waste. *Res. J. WPCF* 63(4): 459.

Henze, M., Dupont, R., Grau, P. & De La sota, A. 1993. Rising sludge in secondary settler due to denitrification. *Wat. Res.* 27(2): 233.

Hiscock, K.M., Liyod, J.W. & Lerner, D.N. 1991. Review of natural and artificial denitrification of ground water. *Wat. Res.* 25(9): 1100-1102.

Horan, N.J. 1990. *Biological wastewater treatment systems: Theory and operation.* Canada: John Wiley & Sons Ltd. Hlm.

Hsu & Shiah. 1993. Start up of anaerobic fluidzied bed reactors with acetic acids As the substrate. *Bio and Biochem.* 41: 347-353.

Imai, A., Iwani, N., Matsushigie, K., Inamori, Y. & Sudo, R. 1993. Removal of refactory organics and nitrogen from landfill leachate by the microorganism attached activated carbon fluidized bed process. *Wat. Res.* 27(1): 143.

Ines M., Soares, M., Carol B., Shimmson, B. & Aboran, A. 1991. Denitrification i Laboratary Sand Coulomns Carbon Regime, Gas Accumulation Hydrolic Properties. *Wat. Res.* 25(3): 325-332.

Kuo Cheng Chen & Yang Fong Lin. 1993. The relation between denitrificatio bacteria and mathenogenic bacteria in a mixed culture system of acclimate Sludges. *Wat. Res.* 27(12): 1749-1759.

Kuo, W.G., 1992. Decolorizing dye wastewater with fenton's Reagent. *Wat. Re.* 34(2 & 3): 41.

Martin, B.L.A., Olan, Z.K. & Weseligih, J.A. 1981. The falling velocity of spher in a swarm of different spheres. *Trans. Ichem.* 59(100): 1-4.

Metcalf & Eddy. 1990. *Wastewater engineering tratment, disposal and reuse.* Ne York: Mc. Graw Hill. Jld 2.

Nakhla, G., Qubaih, J., Abu Zaid, N & Abbdulappa, M. 1990. Impact of nitrogen o the adsorption capacity of activated charcoal. *Environ. Technol.* 11: 731.

Ogean, T., 1993. Dimensionless criteria for estimating oxygen transfer in aeratio system. *Biotechnol. & Bioeng.* 41: 1014-1020.

Rahmani, H., Rols, J.C., Capdeville, B., Cernier, J.C. & Deguin, A. 1995. Nitrat removal by a fixed culture in a submerged granular biofilter. *Wat. Res.* 29(7) 1745-1753.

Rakmi, A.R. 1991. Factor analysis for identification of the most influential variable for the growth of biodecolorosation culture. *Environ. Technol.* 12(7-12): 610

Takashi Osada, Kiyonomi Haga & Yasuo Harada. 1991. Removal of nitrogen an phenol from swine wastewater by the activated sludge with the intermiten aeration process. *Wat. Res.* 26(11): 1377-1388.

Tam, N.F.Y., Wong Y.S. & Leung, G. 1992. Effect of exogenous carbon source o removal of inorganics nutrient by the nitrification-denitrification process. *Wat Res.* 26(9): 1229-1236.

Vanderabeela, J., De bees, D., Germonpre, R., Vandesande & Verstraete, D. 1995 Influent as nitrate as myaness removing microbial consortia from sand filte *Wat. Res.* 29: 579-587.

Winkler, M. 1981. *Biological treatment of waste water.* England: Ellis Horwood Ltd Publishers.

Ying Feng Lin & Kuo Cheng Chen. 1995. Denitrification and methanogenesus in co-immobilized mixed culture system. *Wat Res.* 29(1): 35-43.

Zhang Xiojiam, Wang Zhang Sheng & Gua Xiasheng. 1992. Simple combination o biodegradation and carbon adsorption-the mechanism of the biological activatec carbon process. *Wat. Res.* 25(2): 165-172.

Zhao, H., Issac, S.H., Soebery, H. & Kummerl, M. 1995. An analysis of nitroger removal and control strategies is an alternatif activated sludge process. *Wat Res.* 29(2): 535-544.

Zeikuf, J.G. & Johnson E.A. 1991. Mixed culture in biotechnology. *Environ. Technol.* 11: 7.

Jabatan Kejuruteraan Kimia dan Proses
Fakulti Kejuruteraan
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor D.E.