

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI *WOOD CARVING* PT BALI DEVA AGUNG MENGGUNAKAN REAKTOR *UPFLOW ANAEROBIC FILTER*

TREATMENT OF LIQUID WASTE OF *WOOD CARVING* INDUSTRY PT BALI DEVA AGUNG USING *UPFLOW* *ANAEROBIC FILTER REACTOR*

Ardhaningtyas Riza Utami¹⁾ dan Eddy Setiadi Soedjono¹⁾
¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS

Abstrak

UAF merupakan reaktor pengolahan biologis secara *attached growth*, dimana bakteri pengurai bahan organik tumbuh melekat pada permukaan media. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan waktu detensi mempengaruhi efisiensi reaktor dalam penurunan kandungan COD, TSS dan warna limbah industri *wood carving*. Efisiensi penurunan COD, TSS dan warna yang terbaik pada reaktor dengan waktu detensi 16 jam yang dioperasikan dengan beban organik rata-rata 1.176 kg COD/m³.hari. Penurunan COD, TSS dan warna yang dihasilkan berturut-turut sebesar 70,1% sampai 75,9%, 72,4% sampai 80,9% dan 70,1% sampai 72,3%.

Kata kunci : industri *wood carving*, limbah cair, media, *Upflow Anaerobic Filter* (UAF)

Abstract

The UAF is an attached growth biology treatment reactor where the organic degrading bacterial growth is attached on the surface of media. The results showed that detention time change effected the reactor efficiency on decreasing COD, TSS concentration and colour of liquid waste from wood carving industry. The best efficiency on decreasing COD, TSS concentration and colour of liquid waste from wood carving industry were at the reactor that operated with 16 hours of detention time and 1.176 kg COD/m³.day of average organic loading. The decreasing COD, TSS concentration and colour of liquid waste from wood carving industry that resulted were 70,1% to 75,9%, 72,4% to 80,9% and 70,1% to 72,3%, respectively.

Keywords : wood carving industry, liquid waste, media, *Upflow Anaerobic Filter* (UAF)

1. PENDAHULUAN

PT Bali Deva Agung merupakan salah satu industri *wood carving* yang memproduksi berbagai macam kerajinan tangan seperti *Rolling and Flying*, *windchime bamboo*, *Tamarind windchime* dan lain sebagainya. Dalam proses *finishing* produksi, dilakukan pengecatan dengan cat air. Proses pengecatan ini menghasilkan limbah cair yang mengandung bahan organik, padatan tersuspensi dan warna yang cukup tinggi. Warna yang terkandung dalam limbah industri *wood carving* dapat mengganggu proses fotosintesis dalam badan air dan juga dapat mengundang protes dari masyarakat sekitar yang menggunakan badan air tersebut. Sumber limbah cair industri *wood carving* adalah pencucian cetakan sablon, pencucian alat penyemprot bahan pewarna, alat penyemprot bambu dan kuas minggiri,

air cuci tangan karyawan dan larutan bekas pengecatan kayu yang mengandung campuran Pewarna Kayu (PK) + air + gambir. Kandungan limbah cair PT Bali Deva Agung dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Industri *Wood Carving*

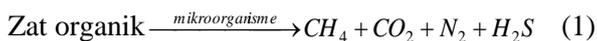
Parameter	Konsentrasi
COD (mg/l)	7.030
BOD (mg/l)	4.000
TSS (mg/l)	42.200
Warna unit Pt/Co	271,5
Permanganat value (mg/l)	2.591,2
Nilai pH	7,7
Alkalinitas (mg/l)	1,764
PO ₄ - P (mg/l PO ₄ - P)	4,7
NH ₃ - N (mg/l NH ₃ - N)	27,84
Temperatur (°C)	27

Selama ini industri-industri tersebut telah melakukan pengolahan limbah dari proses pengecatan dengan menggunakan tangki septik untuk pengendalian dan penampung limbah. Namun pengolahan ini tidak cukup efektif untuk menghasilkan efluen dengan kualitas yang baik.

Oleh karena itu perlu diteliti alternatif pengolahan yang sesuai dan bernilai ekonomi yang cukup tinggi. Pengolahan biologis anaerobik mempunyai banyak keuntungan yaitu mempunyai kemampuan penguraian bahan organik cukup tinggi serta biaya operasional dan perawatan yang rendah.

Penguraian anaerobik merupakan proses penguraian zat organik oleh mikroba anaerob tanpa kehadiran oksigen. Sebagian senyawa organik lain atau karbondioksida anorganik digunakan sebagai akseptor elektron (hidrogen). Tranfer elektron tersebut menurunkan sejumlah energi kimia (penurunan energi bebas) yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri anaerobik.

Karena jumlah energi yang dihasilkan oleh fermentasi anaerobik hanya 1/7 bagian dari jumlah energi untuk aerobik, maka pertumbuhan bakteri cenderung lambat (Droste dan Ronald, 1997). Penurunan COD terjadi karena adanya konversi bahan organik menjadi gas metan (50% sampai 70%), karbondioksida (25% sampai 45%) dan sejumlah kecil gas hidrogen dan nitrogen. Reaksi yang terjadi seperti pada persamaan 1.



Prinsip operasi dari UAF adalah mengalirkan air buangan dengan kecepatan rendah ke kolom yang berisi media. Media tersebut berfungsi sebagai tempat tumbuh mikroorganisme yang berperan dalam mengubah bahan-bahan organik air buangan menjadi gas metan. Mekanisme yang terjadi adalah adsorpsi, absorpsi dan degradasi oleh mikroba. Bahan organik diabsorpsi ke dalam lapisan aktif *slime*. Seiring dengan pertumbuhan mikrobiologis, maka ketebalan *slime* pun meningkat. Semakin tebalnya lapisan *slime* menyebabkan bahan organik teradsorpsi dan mengalami metabolisme sebelum mencapai mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan media sehingga akibatnya mikroorganisme tidak memperoleh sumber organik eksternal untuk sel karbon dan sel mikroorganisme mengalami fase *endogeneous* lalu kehilangan kemampuan menempel pada media (Glenn dkk, 1990).

Menurut James (1991), parameter desain yang perlu diperhatikan dalam mendesain reaktor UAF adalah; *pertama*, *Hydraulic Retention Time* (HRT). HRT adalah perbandingan antara volume rongga dengan debit limbah yang akan diolah; *kedua*, *Hydraulic Loading Rate* (HLR) dan *Organic Loading Rate* (OLR). HLR didefinisikan sebagai perbandingan antara debit limbah dengan volume reaktor. OLR didefinisikan sebagai massa influen material organik per unit waktu. HLR maupun OLR merupakan parameter penting dalam mendesain bangunan pengolahan air buangan; *ketiga*, media film. Media mempunyai beberapa peran, diantaranya sebagai penahan padatan biologi dalam reaktor, sebagai *fixed film* yang menempel pada media, sebagai *solid* yang tertahan dalam rongga pori matrik media *suspended* di dalam atau di bawah, sebagai granular dan sebagai massa lumpur terflokulasi. Oleh karena itu media berperan sebagai pemisah gas-padatan yang membantu menyediakan aliran konstan melalui reaktor, memungkinkan kontak antara limbah dengan biomassa yang terkandung dalam reaktor dan akumulasi dari sejumlah besar biomassa yang diperlukan untuk memproduksi *Sludge Retention Time* (SRT) yang lama.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi penurunan COD, warna dan TSS dalam air limbah industri *wood carving* menggunakan reaktor UAF bermedia kerikil dan menentukan pengaruh variasi waktu detensi terhadap kemampuan UAF dalam menurunkan COD, warna dan padatan tersuspensi pada limbah *wood carving*.

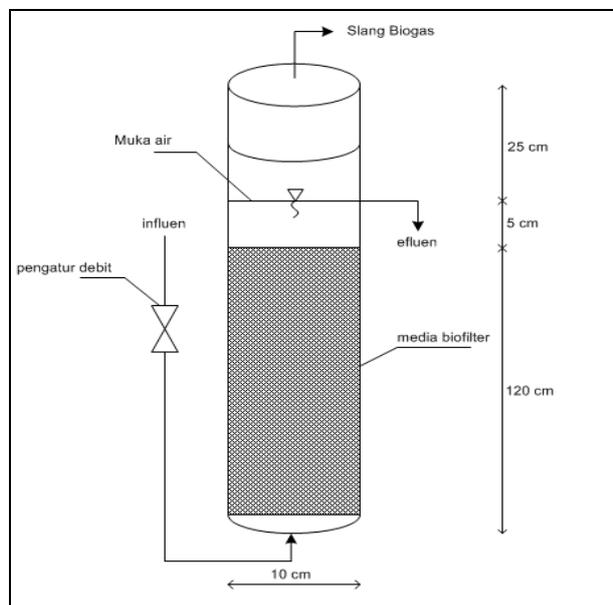
2. METODOLOGI

Persiapan alat dan bahan yang digunakan berupa limbah cair asli dari industri *wood carving* PT Bali Deva Agung, bahan kimia (reagen) dan tiga buah reaktor UAF dengan volume 11,58 liter. Penelitian pendahuluan yang dilakukan yaitu analisis karakteristik limbah dan analisis *Volatile Suspended Solids* (VSS) lumpur *seeding*. Setelah itu dilakukan *seeding* dan aklimatisasi. *Seeding* atau pembenihan bertujuan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme aktif yang berperan dalam penguraian senyawa organik dalam limbah. *Seeding* dilakukan dengan cara merendam media biofilter dalam reaktor dengan lumpur tinja yang diambil dari Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih, Surabaya. VSS dari lumpur tinja yang digunakan sebesar 12.400 mg/l. Untuk lebih memudahkan proses aklimatisasi, pada lumpur *seeding* ditambahkan limbah dengan perbandingan limbah dan lumpur tinja se-

besar 40%:60% (Soedjono, 1998). *Seeding* dilakukan selama 3 hari, dimana pertumbuhan biofilm ditandai dengan adanya gelembung gas yang naik ke permukaan dan lapisan hitam pada permukaan media.

Pengoperasian reaktor dilakukan dengan variasi waktu detensi pada OLR tertentu, yaitu 6 jam dengan OLR 3.122 kg COD/m³.hari, 10 jam dengan OLR 1.872 kg COD/m³.hari dan 16 jam dengan OLR 1.176 kg COD/m³.hari. Analisis parameter penelitian yang dilakukan yaitu analisa COD, TSS, warna, pH, suhu, Permanganat Value (PV) dan alkalinitas.

Proses yang terjadi pada UAF dalam penelitian ini adalah air buangan dialirkan dengan kecepatan rendah ke dalam kolom bermedia kerikil dengan arah aliran dari bawah ke atas (*upflow*). Bahan organik diadsorb ke dalam lapisan aktif biofilm. Ketebalan biofilm meningkat seiring dengan pertumbuhan mikrobiologi yang menyebabkan bahan organik tidak mencapai bagian dalam biofilm kemudian terjadi fase endogeneous. Peristiwa ini disebut dengan *sloughing*. Rancangan reaktor UAF terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Reaktor UAF

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

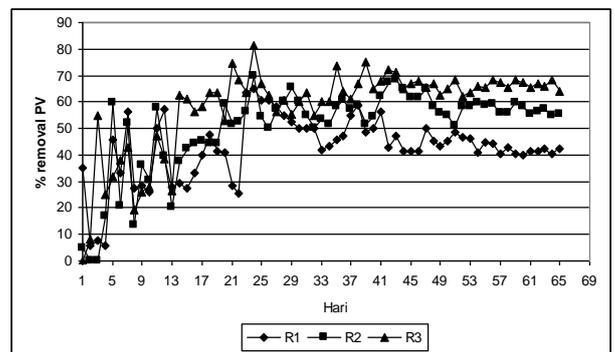
Seeding dilakukan dengan menggunakan lumpur tinja dari tangki septik dengan VSS sebesar 12.400 mg VSS/l. Hal ini dikarenakan lumpur ini banyak mengandung bakteri anaerob, sehingga diharapkan lumpur tinja tersebut dapat mempercepat proses

seeding. Perbandingan campuran antara limbah dengan lumpur tinja adalah 40%:60%, agar bakteri anaerob yang tumbuh dapat beradaptasi dengan kondisi limbah yang ada dan mau mengonsumsi bahan organik dalam limbah. *Seeding* dilakukan selama 3 hari dan pertumbuhan biofilm ditandai dengan adanya gelembung gas dan lapisan hitam pada permukaan media.

Konsentrasi limbah pada awal tahap *start up* dikondisikan cukup rendah sekitar 100 mg COD/l dan meningkat sampai sekitar 700 mg COD/l. Hal ini bertujuan agar bakteri yang mempunyai pertumbuhan lambat dapat menyesuaikan diri. Pada tahap aklimatisasi dilakukan pengamatan terhadap nilai PV, alkalinitas dan pH.

Nilai pH influen reaktor berkisar 6,62 sampai 7,84. Pada awal tahap *start up* pH efluen mengalami penurunan hingga di bawah 7. Hal ini dimungkinkan pada saat itu terjadi tahap hidrolisis dan acedogenesis, sehingga banyak dihasilkan *Volatile Fatty Acid* (VFA) yang dapat menurunkan pH efluen. Alkalinitas efluen pada awal tahap *start up* cenderung lebih tinggi daripada influen, tetapi kenaikan alkalinitas tersebut tidak terlalu tinggi sehingga belum dapat meningkatkan pH efluen.

Kondisi *steady state* tercapai setelah 65 hari yang ditandai dengan fluktuasi nilai penyisihan PV < 10% dihitung mulai hari ke-49. Nilai alkalinitas dan pH efluen cenderung lebih tinggi daripada influen, sehingga merupakan indikasi bahwa reaktor sudah stabil. Pada Gambar 2 terlihat fluktuasi penyisihan PV pada tahap aklimatisasi.



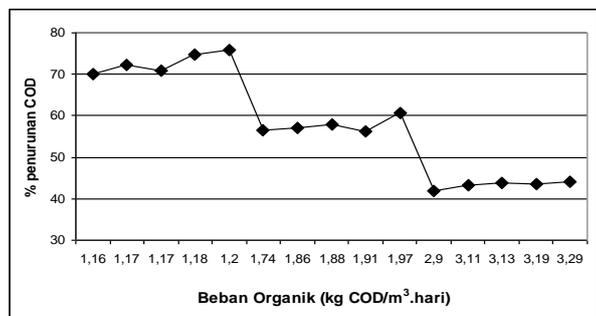
Gambar 2. Fluktuasi Penyisihan PV

Variasi beban organik terjadi karena besarnya debit dan fluktuasi konsentrasi limbah yang masuk reaktor. Semakin besar debit yang masuk maka semakin besar pula beban organik yang akan diterima oleh reaktor. Hal ini dapat menurunkan efisiensi

reaktor dalam menurunkan kandungan bahan organik, karena semakin besar debit maka waktu kontak antara mikroorganisme dengan limbah berkurang.

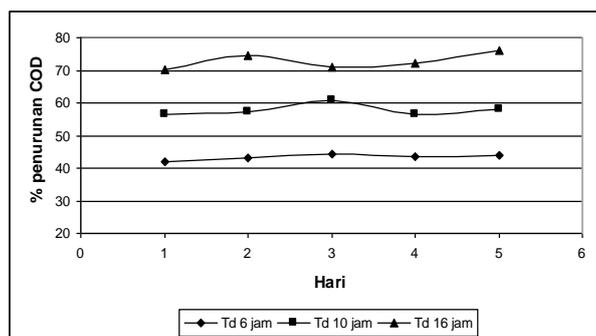
Sedangkan jika besarnya beban organik disebabkan karena fluktuasi konsentrasi influen, belum tentu menurunkan efisiensi reaktor, bahkan ada yang memberikan hasil penyisihan bahan organik yang terbaik. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi reaktor tersebut sudah stabil, jadi tidak terpengaruh dengan lonjakan beban organik yang masuk dalam reaktor. Dalam penelitian ini efisiensi terbaik adalah pada reaktor yang dioperasikan dengan OLR = 1.176 kg COD/m³.hari.

Gambar 3 dan 4 menunjukkan pengaruh beban organik terhadap penyisihan COD.



Gambar 3. Pengaruh OLR terhadap Penyisihan COD

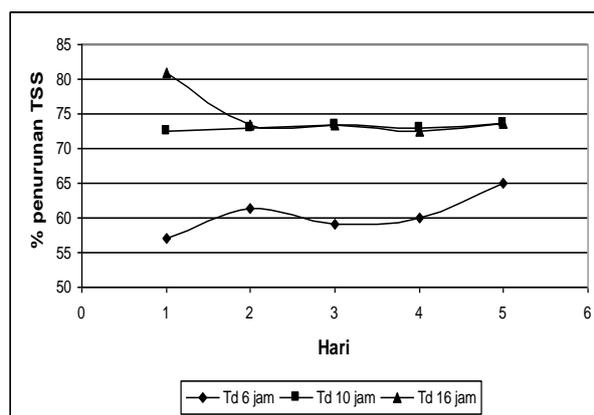
Variasi waktu detensi menyebabkan terjadinya perbedaan terhadap lamanya limbah tinggal di dalam reaktor, sehingga juga mempengaruhi lama kontak antara mikroorganisme dengan limbah. Dari penelitian ini diketahui bahwa reaktor yang dioperasikan dalam waktu detensi yang lebih lama akan memberikan hasil yang lebih baik. Reaktor dengan td 16 jam mempunyai efisiensi penurunan COD sebesar 70,1% sampai 75,9% seperti terlihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Pengaruh td Terhadap Penurunan COD

Pada HRT yang panjang, umur lumpur semakin lama, berarti waktu tinggal mikroorganisme dalam sistem juga semakin lama. Pada umur lumpur yang panjang dapat mencapai konsentrasi mikroorganisme yang tinggi, sehingga penyisihan bahan organik juga semakin banyak.

Kandungan TSS pada limbah cair industri *wood carving* mempunyai nilai yang cukup tinggi. Hal ini dapat mengganggu proses yang terjadi dalam UAF. Oleh karena itu sebelum limbah dimasukkan dalam reaktor, harus diendapkan terlebih dahulu. Dari penelitian dapat diketahui bahwa waktu detensi yang lama mempunyai efisiensi penurunan TSS yang cukup tinggi. Reaktor yang dioperasikan pada td 16 jam mempunyai efisiensi penyisihan TSS yang paling baik bila dibandingkan dengan reaktor yang dioperasikan pada td 10 jam dan 6 jam. Penurunan TSS yang dapat dicapai oleh reaktor dengan waktu detensi 16 jam adalah 73,3% sampai 80,9% seperti yang terlihat pada Gambar 5 berikut ini.

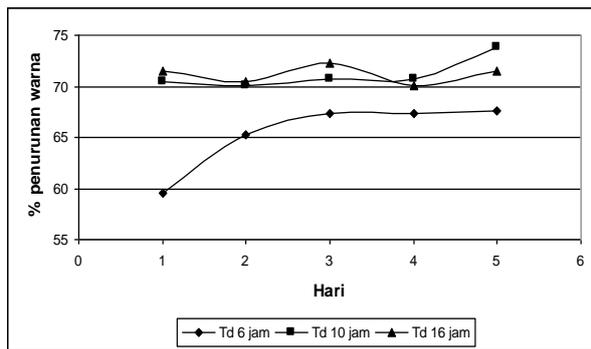


Gambar 5. Pengaruh td terhadap Penurunan TSS

Waktu detensi yang lama akan mengakibatkan kecilnya kecepatan aliran ke atas, sehingga memberikan kesempatan partikel diskrit air limbah untuk mengendap dan tidak terjadi *wash out* pada lumpur granuler yang telah terbentuk. Dengan demikian maka pembentukan lumpur granuler semakin sempurna. Konsentrasi TSS efluen akan meningkat jika reaktor dioperasikan pada HRT rendah.

Zat warna yang digunakan dalam industri *wood carving* adalah campuran cat tembok dengan sedikit zat warna tekstil. Jika dilihat secara visual tampak sangat keruh, karena limbah tersebut banyak mengandung padatan tersuspensi. Semakin lama waktu detensi, maka penurunan warna juga semakin besar. Reaktor yang dioperasikan dengan td 10

jam dan 16 jam mempunyai efisiensi penurunan warna yang hampir sama. Hal ini disebabkan karena kedua reaktor mempunyai kemampuan penurunan TSS yang sama tingginya. Warna yang diukur dalam penelitian ini yaitu warna tampak, jadi konsentrasi warna yang terukur pasti dipengaruhi oleh kandungan TSS dalam sampel. Selain itu faktor lamanya waktu tinggal limbah dalam reaktor juga mempengaruhi efisiensi penurunan warna. Fluktuasi efisiensi penurunan warna pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh td Terhadap Penurunan Warna

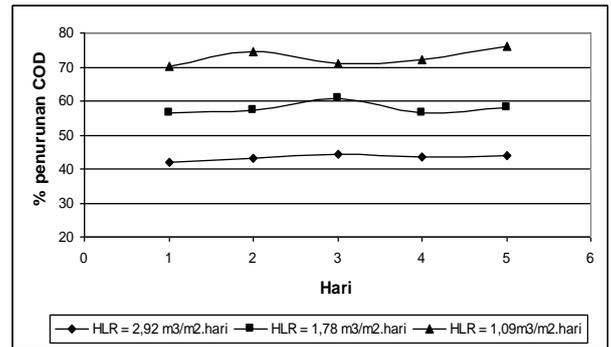
Dari Gambar 6 diketahui penyisihan warna terbaik terjadi pada reaktor yang dioperasikan pada td 10 jam dan 16 jam, yaitu secara berturut-turut berkisar 70,1% sampai 73,8% dan 70,1% sampai 72,3%.

Beban hidrolis mempengaruhi lama mikroorganisme kontak dengan air buangan. Semakin rendah beban hidrolis, maka efisiensi penyisihan bahan organik semakin baik. Hal ini disebabkan adanya waktu kontak yang cukup baik sehingga bahan organik dapat berdifusi ke dalam dinding mikroba. Sedangkan dengan adanya beban hidrolis yang tinggi akan menyebabkan kecepatan melalui media semakin besar sehingga hanya sedikit senyawa yang berdifusi. Kecepatan aliran yang semakin besar dapat menyebabkan gaya gesek bertambah pula, dan hal ini dapat menyebabkan terjadinya pengrusakan biofilm.

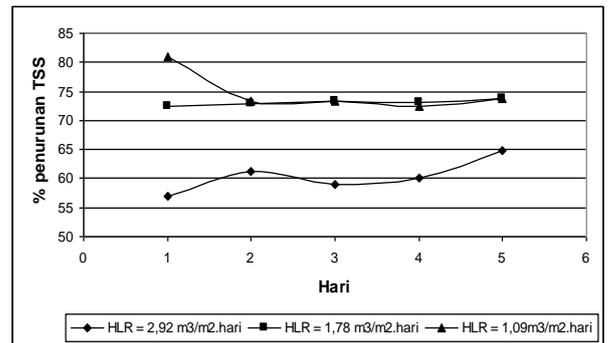
Pengaruh beban hidrolis terhadap efisiensi penyisihan COD, TSS dan warna dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa yang memberikan efisiensi kinerja reaktor terbaik adalah reaktor yang dioperasikan dengan HRL 1,09 m²/m³.hari.

Pada filter anaerobik, mikroorganisme dapat tumbuh pada permukaan media (*attached growth*) atau

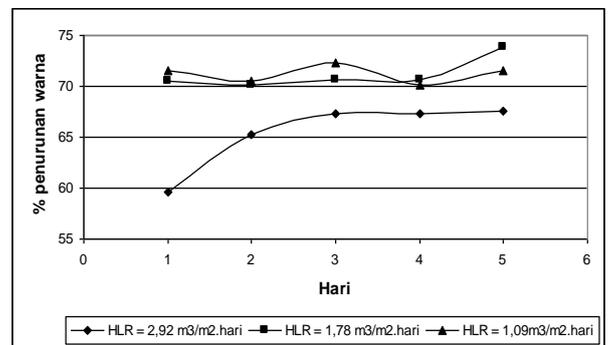
di antara media sebagai suspensi. Jika beban hidrolis rendah, maka jumlah mikroorganisme akan cukup banyak, tetapi jika beban hidrolis tinggi maka mikroorganisme yang tersuspensi akan keluar bersama efluen sehingga yang tersisa adalah mikroorganisme yang menempel. Beban hidrolis adalah salah satu parameter desain dari proses pengolahan, karena tergantung pada tipe sistem pengolahan dan keadaan alami air buangan.



Gambar 7. Pengaruh HLR Terhadap Prosen Penurunan COD



Gambar 8. Pengaruh HLR Terhadap Prosen Penurunan TSS



Gambar 9. Pengaruh HLR Terhadap Prosen Penurunan Warna

Sepanjang operasional reaktor dilakukan analisa parameter pH dan alkalinitas terhadap influen dan efluen reaktor. Pengukuran ini dilakukan sebagai

kontrol terhadap sistem reaktor yang sedang beroperasi. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa alkalinitas influen berada pada nilai kurang dari 100 mg/lCaCO₃ akan tetapi pH influen masih berada pada rentang optimum untuk proses anaerobik, jadi tidak perlu ditambahkan alkalinitas. Selain itu, dari hasil pengamatan didapatkan bahwa pH dan alkalinitas effluencenderung lebih tinggi daripada pH dan alkalinitas influen. Hal ini menunjukkan bahwa proses penguraian bahan organik menjadi gas metan berjalan dengan baik. Nilai pH effluen yang selalu mengalami peningkatan terjadi karena terbentuknya konsentrasi alkalinitas selama proses penguraian limbah. Bertambahnya konsentrasi alkalinitas dapat berasal dari proses hidrolisis protein atau adanya penurunan konsentrasi VFA. Aktifitas bakteri yang menggunakan hidrogen hasil dari konversi asam untuk reaksi-reaksi yang terjadi dapat pula mendukung dalam peningkatan pH. Proses ini disebut *interspaceies hidrogen transfer*. Proton (H⁺) dapat digunakan juga oleh bakteri pereduksi sulfat untuk merombak sulfat menjadi sulfid. Dengan demikian konsentrasi H⁺ berkurang dan sebagai akibatnya terjadi peningkatan pH.

Bahan organik (COD) air limbah pada pengolahan anaerobik akan mengalami empat tahap proses. Pada tahap metanogenesis, akan dihasilkan gas metan yang berasal dari asetat melalui bakteri *acetotrophic* sebanyak 70% serta berasal dari karbondioksida dan hidrogen melalui bakteri hydrogenotrophic sebanyak 30% (Haandel dan Lettinga, 1994).

Pada proses anaerobik, jumlah COD input sama dengan jumlah COD output, sehingga jumlah COD yang hilang sama dengan COD dalam biogas. Jumlah biogas CH₄ yang terbentuk paling besar adalah 0,35 liter metan untuk satu gram COD pada kondisi STP.

Dalam penelitian ini diperoleh produksi gas metan aktual lebih kecil daripada produksi gas metan teoritis. Hal ini dikarenakan tidak semua bahan organik terurai sempurna menjadi metan dan karbondioksida, tetapi sebagian masih dalam bentuk *intermediate*. Selain itu penguraian bahan organik juga digunakan untuk sintesa sel mikroorganisme atau untuk pertumbuhannya. Faktor lingkungan juga mempengaruhi perbedaan produksi gas ini. Perhitungan gas secara teoritis dihitung pada kondisi ideal 1 atm 20⁰ C, sedangkan penelitian ini tidak terjadi pada kondisi ideal. Larutnya gas CO₂ yang terbentuk karena larutan kurang asam dan bocornya slang gas juga dapat menyebabkan produksi

gas metan aktual lebih kecil daripada produksi gas metan teoritis.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut; *pertama*, beban organik mempengaruhi efisiensi kinerja reaktor dalam menurunkan kandungan COD, TSS dan warna. Reaktor yang mempunyai efisiensi kinerja terbaik adalah reaktor yang dioperasikan dengan OLR 1.164 kg COD/m³.hari sampai 1.198 kg COD/m³.hari. Besarnya penurunan COD, TSS dan warna secara berturut-turut adalah 70,1% sampai 75,9%, 73,3% sampai 80,9% dan 70,2% sampai 72,3%; *kedua*, waktu detensi mempengaruhi efisiensi penurunan COD, TSS dan warna. Semakin lama waktu detensi, maka efisiensi kinerja reaktor semakin baik. Dalam penelitian ini efisiensi penurunan COD, TSS dan warna terbaik dicapai oleh reaktor yang dioperasikan dengan td 16 jam, yaitu berturut-turut sebesar 70,1% sampai 75,9%, 73,3% sampai 80,9% dan 70,1% sampai 72,3%; *ketiga*, beban hidrolis juga mempengaruhi efisiensi kinerja reaktor dalam menurunkan kandungan COD, TSS dan warna. Efisiensi kinerja reaktor terbaik terjadi pada reaktor dengan HRL 1,09 m³/m².hari. Besarnya penurunan COD, TSS dan warna berturut-turut adalah 70,1% sampai 75,9%, 73,3% sampai 80,9% dan 70,1% sampai 72,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- Droste dan Ronald, L. (1997). **Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment**. John Wiley and Sons Inc. Chichester.
- Glenn, P.V., Peter, J.T. dan Robert G.W.L. (1990). **Aerobic and Anaerobic Fixed Film Biological Reactors**. *Water Science Technology*.
- Haandel, A.C. dan Lettinga, G. (1994). **Anaerobic Sewage Treatment**. John Wiley and Sons. New York.
- James, C.Y. (1991). **Factor Affecting The Design and Performance Upflow Anaerobic Filter**. *Water Science Technology*. Vol. 24 (8). pp. 133 - 55. IAWPRC. GBR.
- Soedjono, E.S. (1998). **Start Up Filter Anaerobik Aliran Ke Atas**. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya