

STUDI KINERJA ANAEROBIC RADIAL MIXING REACTOR TERHADAP PENURUNAN KANDUNGAN COD DAN SS IPLT SUKOLILO, SURABAYA

PERFORMANCE OF RADIAL MIXING ANAEROBIC REACTOR TO REMOVE COD AND SS IPLT SUKOLILO, SURABAYA

Rahmawati Tri Yustikarini¹⁾ dan Gogh Yoedihanto¹⁾
¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS

Abstrak

Reaktor anaerobik *radial mixing* merupakan salah satu wujud dari pengembangan reaktor anaerobik. Reaktor ini digunakan untuk menurunkan kandungan zat organik dari septage influen IPLT Sukolilo. Hal terpenting pada reaktor adalah kualitas *granular sludge* pada dasar reaktor. *Granular sludge* harus dapat tetap tumbuh dan tertahan pada dasar reaktor dengan beban organik yang tinggi. Reaktor ini berkemampuan untuk menurunkan COD sebesar 72,62 % dan SS sebesar 89,64 % dengan waktu detensi 28 jam. Dengan waktu detensi 2,8 jam mampu mereduksi COD sebesar 62,64 % dan SS sebesar 76,42 %. Reaktor ini mampu menerima fluktuasi beban organik. Keberhasilannya sangat ditentukan oleh perlakuan pada saat kondisi *start up* untuk menjamin pertumbuhan bakteri anaerobik.

Kata kunci : anaerobik, *granular sludge*, IPLT, *radial mixing*

Abstract

Using a radial mixing anaerobic reactor a study was conducted to remove organics of septic tanks sludge of IPLT Sukolilo. The results showed that the granular sludge quality of the biofilm of reactor was important for the organic removal. The granular sludge must exist and grow during high organic loading. The reactor was able to remove 72.62 % and 89.64 % of COD and SS respectively at a detention time of 28 hours. The same removal of detention time of 2.8 hours was 62.64 % and 76.42 %. The reactor was able to cope with the organic shocks. The start-up process for bacterial growth was an important step to achieve such removal.

Keywords : anaerobic, granular sludge, IPLT, radial mixing

I. PENDAHULUAN

Instalasi Pengolahan Limbah Tinja (IPLT) Sukolilo merupakan suatu sistem pengolahan terhadap lumpur tangki septik yaitu menggunakan reaktor *aerobik oxydation ditch*. Namun pada kenyataannya effluen yang dihasilkan masih melebihi ambang batas yang ditetapkan. Dengan demikian pengolahan anaerobik menjadi salah satu alternatif pengolahan yang efisien dan efektif untuk menurunkan kandungan organik air buangan. Pengolahan dengan menggunakan jenis ini memiliki tingkat kestabilan yang tinggi dan sangat menguntungkan baik dari segi finansial karena tidak membutuhkan energi dan menghasilkan gas metan (Karnaningrum dan Hartati, 1993).

Metabolisme anaerobik dibagi menjadi empat tahapan proses yaitu hidrolisa, asidogenesis, asetogenesis, methanogenesis. Tahap awal proses anaerobik adalah hidrolisa terhadap senyawa organik

komplek menjadi molekul-molekul yang sederhana. Proses ini menggunakan enzim yang dihasilkan bakteri fermentasi. Pada tahap asidogenesis komposisi organik sederhana diubah menjadi asam lemak volatil, H₂, CO₂, laktat dan etanol. Pada tahap asetogenesis ini hasil utama dari proses asidogenesis diubah menjadi asam asetat oleh kelompok bakteri asetogenesis. Sedangkan pada tahap methanogenesis terjadi pertumbuhan gas metan dari senyawa asetat, karbondioksida dan hidrogen oleh bakteri penghasil metan.

Anaerobic radial mixing reactor merupakan pengembangan UASB. Reaktor ini mempunyai desain internal lebih sempurna yang memungkinkan proses hidrologis lebih bagus. Untuk keberhasilan proses melibatkan lumpur aktif pada dasar reaktor. *Anaerobic radial mixing reactor* merupakan pengolahan anaerobik dengan mekanisme sistem *suspended growth* (Metcalf dan Eddy, 1991).

Reaktor ini beroperasi dengan aliran radial ke bawah dan ke atas melalui *baffle* dan memiliki kinerja secara fisika dan biologis. Dengan penambahan *baffle* silinder yang berbentuk kerucut terbalik, modifikasi desain internal serta distribusi aliran influen diharapkan agar waktu kontak antara bakteri dan air limbah akan semakin baik (Eckenfelder dan Pulliam, 1988).

Pada dasar reaktor terjadi proses biologis yang melibatkan sejumlah bakteri anaerobik. Mikroorganisme aktif ini berbentuk *granular sludge*. Air limbah yang akan diolah didistribusikan secara seragam dari inlet ke dasar reaktor melalui *biological sludge layer*. Bakteri-bakteri pada *sludge bed* inilah pada nantinya yang akan melakukan pendegradasian terhadap material organik dan akan dihasilkan gas (Hartati, 1994).

Kemampuan *anaerobic radial mixing reactor* dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya adalah kestabilan dan banyaknya lumpur aktif didasar reaktor di bawah kondisi organik loading yang tinggi, kontak antara lumpur aktif dan air limbah, kecepatan proses konversi biologis dan kemampuan butiran lumpur untuk tetap bertahan atau tidak mengalami *wash out* (Veenstra dan Polprasert, 1995).

Sistem anaerobic radial mixing reactor beroperasi dengan diawali seeding lumpur sludge digester. Setelah beberapa waktu beroperasi akan terbentuk lapisan lumpur dengan konsentrasi tinggi di dasar reaktor. Lapisan lumpur ini padat dan berbentuk granular yang memiliki kecepatan pengendapan yang tinggi.

Sistem inlet desain anaerobic radial mixing reactor berada pada bagian atas dari reaktor dengan aliran ke bawah menuju zona blanket. Adanya *baffle* pada zona inlet akan membuat aliran mengalir secara radial. Dengan bentuk aliran ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas mixing menjadi lebih sempurna.

Zona lumpur merupakan area terpenting dari reaktor yang terletak di bagian dasar. Zona ini adalah tempat terjadinya proses utama dari pengolahan anaerobik dalam reaktor, karena di sini mikroorganisme aktif tumbuh dan berkembang. Bakteri tumbuh sebagai *granular sludge* dan dengan kecepatan aliran dijaga agar tetap dapat tertahan di dasar reaktor. Kualitas bakteri yang terdapat pada zona lumpur ini sangat menentukan keberhasilan suatu proses dalam reaktor.

Gas solid separator ini berfungsi untuk memisahkan antara gas dan solid (lumpur). Lumpur dengan densitas rendah yang terperangkap ke dalam gas akan terbawa ke atas. Dengan desain gas solid separator ini, lumpur tersebut akan mudah untuk jatuh dan terkumpul kembali dalam zona blanket. Sedangkan fase gas akan naik dan terkumpul dalam gas *collection/dome*. Untuk mendapatkan kondisi seperti ini maka *gas solid separator* dapat didesain sebagai kerucut.

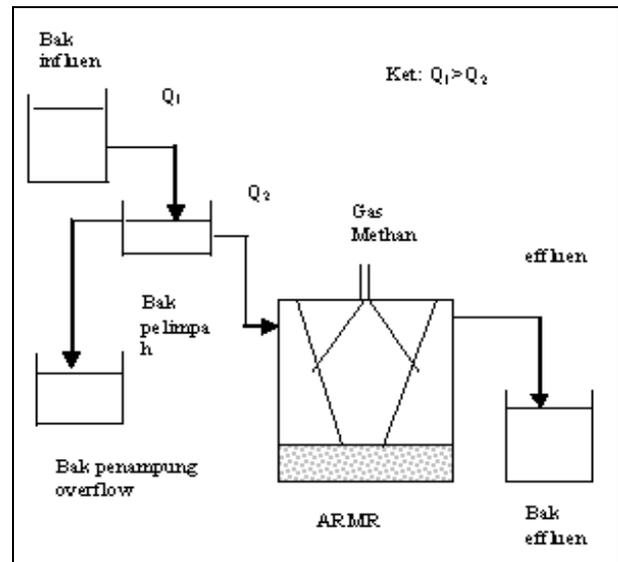
Zona pengendapan merupakan area setelah pemisahan antara gas dan solid. Di zona ini, diharapkan cairan sudah terbebas dari gas dan lumpur sebelum masuk weir. Dengan kemiringan bidang yang akan membatasi zona ini, sisa solid yang masih terbawa dapat mengendap secara sempurna. Cairan menuju zona pengendapan melalui lubang dengan diameter tertentu.

Hasil akhir dari reaktor ditampung oleh sistem efluen yang terdapat pada bagian atas reaktor. Sistem efluen dilengkapi dengan weir dan pipa efluen.

2. METODOLOGI

Anaerobic Radial Mixing yang terbuat dari fiberglass dan merupakan model reaktor anaerobik dalam skala laboratorium dengan diameter 60 cm, ketinggian 50 cm, volume reaktor 140 liter, kemiringan *baffle* 50° dari horisontal dan jarak kedua ujung *baffle* 10 cm

Skema operasional penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaktor ARMR

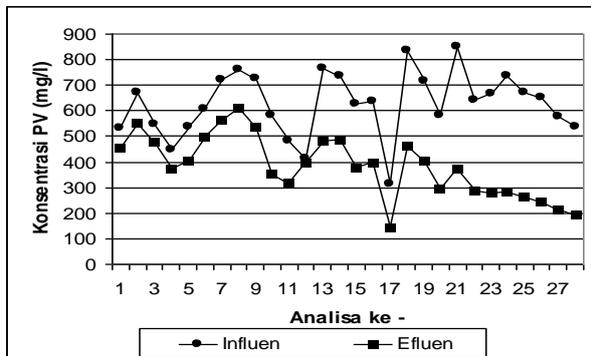
Seeding dilakukan secara batch di luar reaktor. Pengukuran *Permanganat Value* (PV) selama kondisi *start up* dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh perkembangan pertumbuhan mikroorganisme. Pengukuran PV dilakukan pada influen dan efluen sehingga diperoleh angka pengolahan yang konstan dengan fluktuasi removal kurang dari 10 %.

Pengoperasian reaktor setelah kondisi *steady state*, reaktor dioperasikan secara kontinyu dan dilakukan variasi waktu detensi yaitu 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 jam.

Analisa yang dilakukan meliputi PV, COD, TSS, pH, dan temperatur. Analisa ini dilakukan pada setiap variasi setelah tercapainya kondisi *steady state*. Titik sampling dilakukan pada influen, efluen, dan di setiap kompartemen. Analisa parameter penelitian dilakukan setiap 3 jam sekali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

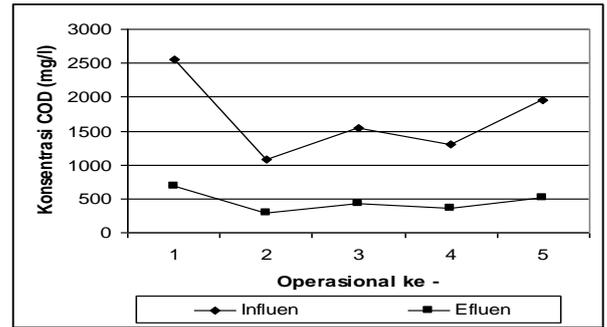
Selama masa start up dilakukan analisa *Permanganat Value* secara kontinyu. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



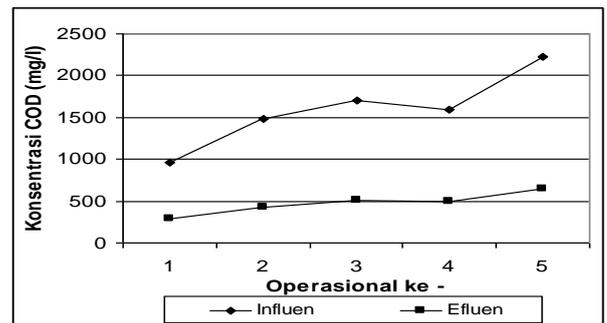
Gambar 2. Fluktuasi Analisa PV Selama Start up

Dari Gambar 2, menunjukkan bahwa nilai PV tahap awal masih sangat berfluktuatif terutama sampai analisa ke-20. Setelah analisa ke-20 grafik menunjukkan kearah kondisi konstan. Area antara influen dan efluen semakin ke kanan semakin luas, menunjukkan kualitas efisiensi semakin baik dengan bertambahnya waktu.

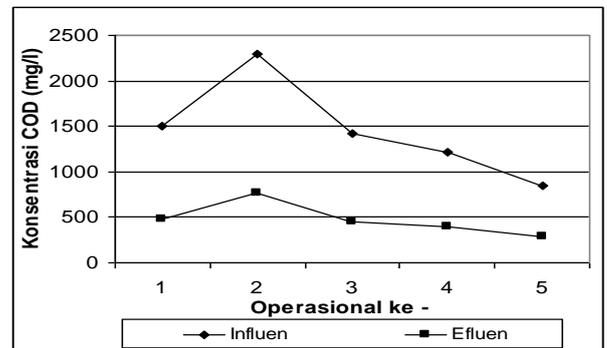
Fluktuasi influen-efluen COD dapat dilihat pada Gambar 3 untuk debit 5 l/jam, Gambar 4 untuk debit 7 l/jam dan Gambar 5 untuk debit 10 l/jam. Dari gambar terlihat bahwa secara umum fluktuasi konsentrasi COD mengakibatkan kecenderungan efluen yang lebih datar.



Gambar 3. Fluktuasi Influen Efluen COD, Q=5 l/jam

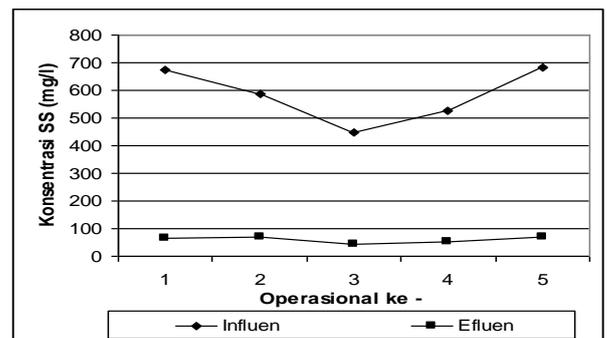


Gambar 4. Fluktuasi Influen Efluen COD, Q=7 l/jam



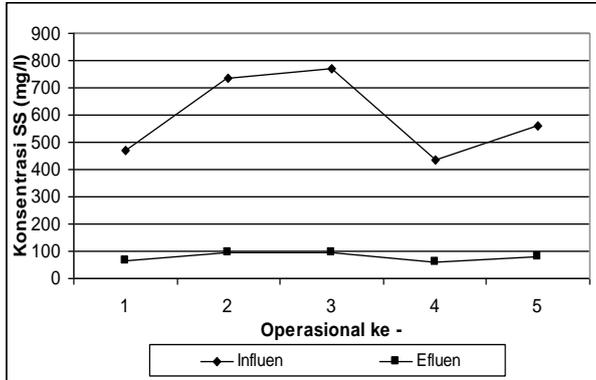
Gambar 5. Fluktuasi Influen Efluen COD, Q=10 l/jam

Sedangkan untuk fluktuasi influen-efluen SS untuk debit 5 l/jam dapat dilihat pada gambar 6.

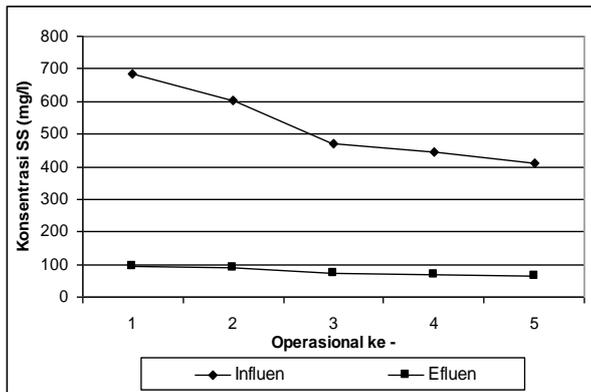


Gambar 6. Fluktuasi Influen Efluen SS, Q= 5 l/jam

Sedangkan Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan fluktuasi influen–efluen SS untuk debit 7 l/jam dan 10 l/jam.



Gambar 7. Grafik Fluktuasi Efluen Efluen SS, Q= 7/jam



Gambar 8. Grafik Fluktuasi Efluen Efluen SS, Q= 10 l/jam

Dan dari Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa fluktuasi SS menghasilkan kecenderungan efluen yang lebih datar.

Resirkulasi dilakukan terhadap variasi debit penelitian terdahulu sebesar 100 %. Influen yang masuk reaktor meliputi influen asli dari tandon air ditambah dengan effluen dari bak penampung sebanyak 500%. Sehingga menghasilkan debit total sebesar 30 l/ jam, 42 l/ jam dan 60 l/ jam.

Pengoperasian dengan resirkulasi mengakibatkan influen yang masuk ke dalam reaktor menjadi lebih rendah dari influen aslinya, karena adanya faktor pengenceran.

Pada penelitian ini untuk mencapai kondisi steady state membutuhkan waktu selama 3 bulan. Untuk tercapainya pertumbuhan bakteri yang baik, maka kebutuhan nutrien harus terpenuhi yaitu sebesar

C:N:P adalah 250:5:1. Dari hasil analisa terhadap N dan P maka diperlukan penambahan nutrien. Penambahan dilakukan pada awal start up dan pada saat terjadi penurunan tajam terhadap hasil removal (analisa ke 6, 11 dan 18).

Selama penurunan pH tidak dibawah range optimal untuk pertumbuhan bakteri metanogen (6,5 < pH < 7,5) dan alkaliniti limbah memadai maka tidak menjadi masalah. Alkaliniti air limbah sebesar 1300 mg/l dimana nilai ini cukup memadai untuk menjaga kondisi pH limbah yang mendukung pertumbuhan bakteri metanogen. Pada analisa ke 21 kurva efisiensi menunjukkan kecenderungan datar. Granular sludge sudah mulai terbentuk sempurna dan biosolid (mikroorganisme anaerobik) sudah mampu untuk beradaptasi dengan limbah. Hal ini menunjukkan bahwa keseimbangan bakteri-bakteri yang terlibat dalam proses anaerobik mulai terbentuk.

Dari Gambar 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 terlihat bahwa fluktuasi effluen COD dan SS cenderung lebih datar dibandingkan fluktuasi influennya. Hal ini didukung oleh keberhasilan aklimasi pada saat start up, sehingga bakteri dalam reaktor memiliki tingkat kestabilan dalam menghadapi konsentrasi yang bervariasi. Selulosa dan kandungan organik lainnya pada limbah telah mengalami proses fermentasi dalam septik tank. Kondisi limbah menunjukkan bahwa rate limiting adalah bakteri metanogen. Bakteri ini mengubah asam yang sudah terbentuk menjadi CH₄.

Dari hasil analisa influen dan effluen limbah lebih banyak berupa suspended solid organik. Dari data menunjukkan COD influen terlarut 23.17% dari COD totalnya. Perbedaan angka removal COD total dan terlarut membuktikan bahwa reaktor lebih berkemampuan untuk mendegradasi substrat terlarut daripada suspended solid.

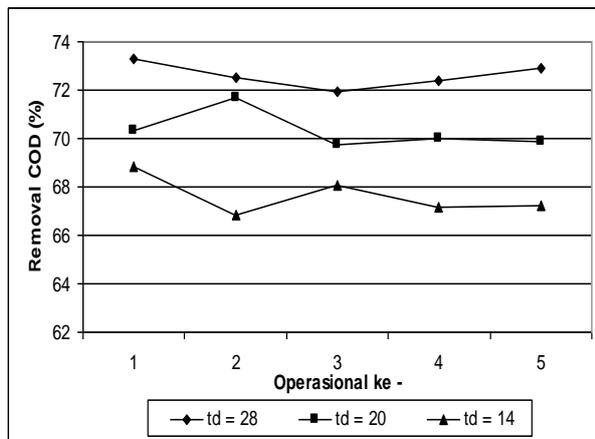
Dalam penelitian ini variasi debit yang digunakan 5, 7 dan 10 l/ jam, mengakibatkan waktu detensi masing-masing 28, 20 dan 14 jam.

Tabel 1 menunjukkan removal COD dan SS terhadap waktu detensi.

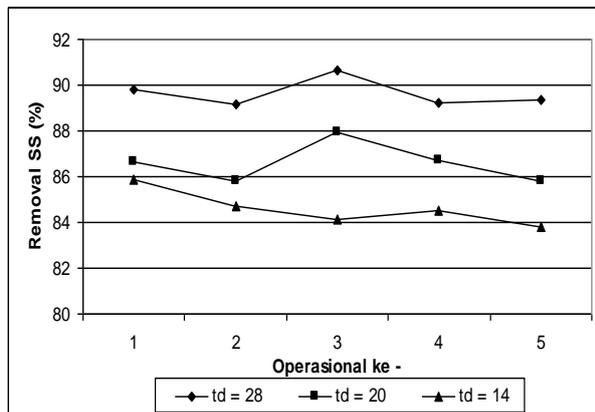
Tabel 1. Efisiensi Removal COD dan SS

Parameter	% removal dengan waktu detensi(jam)		
	28	20	14
COD	72.62	70.32	67.52
SS	89.64	86.59	84.59

Dari analisa efisiensi untuk masing-masing waktu detensi dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Removal COD



Gambar 10. Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Removal SS

Hasil analisa menunjukkan hubungan linier, dimana semakin lama waktu detensi semakin besar prosentase removal COD dan SS. Hal ini disebabkan mekanisme kerja bakteri anaerobik dalam menurunkan kandungan organik akan menjadi lebih sempurna dengan semakin lamanya waktu detensi. Bakteri metanogen membutuhkan waktu proses pertumbuhan lebih lama (Vigneswaran dkk, 1988), dengan waktu detensi yang lama perubahan ke dalam bentuk methan lebih sempurna. Juga dapat di tinjau dari kesempatan dalam membentuk *granular sludge* yang padat akan semakin sempurna.

Untuk mengetahui kemampuan reaktor dalam mencapai kondisi *high rate* yang lebih tinggi dilakukan percobaan tambahan dengan debit 50 l/jam untuk td 2,8 jam. Hasil analisa yang didapat, removal COD rata-rata 62.84 % dan removal SS rata-rata 76.42 %. Dengan demikian pada waktu de-

tensi lebih rendah efisiensi reaktor masih cukup baik walaupun terjadi penurunan efisiensi reaktor. Dengan debit besar dan waktu detensi relatif singkat maka kecepatan aliran ke atas semakin tinggi. Namun karena formasi *granular sludge* sudah membentuk padatan yang cukup baik maka dapat melawan aliran limbah, sehingga dapat mencegah terbawanya lumpur.

Kecenderungan yang dapat dilihat dari penelitian yang telah dilakukan dengan semakin besar debit yang masuk reaktor semakin tinggi angka organik *loading*. Terdapat beberapa titik dimana organik *loading* yang tinggi terjadi pada saat debit kecil dan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Fluktuatif Organik Loading

Debit l/jam	Organik loading (kg/m ³ .hari)		Removal COD (%)
	Maksimum	Minimum	
5	2.19	0.93	72.67
7	2.04	1.15	70.32
10	3.94	2.04	67.52
50	6.49	-	63.27

Tabel 2 menunjukkan bahwa walaupun dalam satu variasi debit terdapat fluktuasi organik loading namun efisiensi cenderung konstan. Dengan fluktuatif organik *loading* tetapi terdapat waktu cukup untuk proses biologis dalam reaktor, maka efisiensi akan tetap baik. Hal ini membuktikan tingkat kestabilan mikroorganisme didalam reaktor. Dan pada saat resirkulasi dengan organik loading sebesar 7,18 kg/m³.hari mempunyai kemampuan removal kandungan organik sebesar 63.96%. Secara umum dari hasil analisa menyatakan semakin besar organik *loading* maka efisiensi semakin menurun.

Resirkulasi merupakan pengembalian sebagian efluen kepada influen untuk dioperasikan kembali ke dalam reaktor sebesar 500%. Dengan resirkulasi diharapkan efluen tidak lagi melebihi ambang batas karena proses hidrolisis yang lebih sempurna. Tetapi dari hasil penelitian ini, removal yang terjadi lebih buruk walaupun perbedaannya kecil. Hal ini menunjukkan *Anaerobik Radial Mixing Reactor* tidak membutuhkan mixing tambahan dari resirkulasi.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dengan resirkulasi proses hidrolisa menjadi hambatan, karena reaktor mempunyai batas kemampuan hidrolisa optimal untuk suatu proses didalamnya. Dan desain internal dari reaktor sudah cukup menciptakan kondisi tersebut. Hal ini penyebab

pengoperasian tanpa resirkulasi lebih baik dari pada dengan resirkulasi.

4. KESIMPULAN

4.1. Kesimpulan

Perlakuan pada kondisi start up sangat menentukan pembentukan granular sludge, dimana berperan penting dalam mendukung keberhasilan proses di samping ditunjang dengan desain internal reaktor. *Anaerobic Radial Mixing Reactor* mampu menerima fluktuasi influen dalam satu variasi waktu detensi yang ditunjukkan dengan kemampuan efisiensi yang stabil. Waktu detensi memberikan pengaruh pada efisiensi removal COD dan SS dalam reaktor. Semakin lama waktu detensi persentase removal COD dan SS semakin besar. Prosentase terbesar terjadi pada waktu detensi 28 jam sebesar COD 73.28% dan SS 89.64%. Waktu detensi 2.8 jam sebesar COD 62.84% dan SS 76.42%. *Anaerobic Radial Mixing Reactor* mampu menerima fluktuasi organik loading dan memiliki kinerja yang baik dalam pengoperasian secara *high rate*. Removal COD terbesar (72.68%) mempunyai OL 0.9 – 2.19 kg/m³. hari dan pada resirkulasi OL 7.18 kg/m³. hari mampu meremoval COD 63.96%. *Anaerobik Radial Mixing Reactor* akan lebih ekonomis dengan waktu detensi rendah (2–3 jam), karena hasil analisa menunjukkan perbedaan removal kecil ± 10 % dibanding dengan waktu detensi yang panjang. Dengan resirkulasi belum bisa menurunkan kandungan effluen dari IPLT Keputih Sukolilo untuk langsung diterima badan air. ARMR lebih efektif dioperasikan tanpa resirkulasi.

4.2 Saran

Untuk mengetahui hasil secara sempurna dari pengaruh organik loading yang tinggi terhadap kerja reaktor diperlukan limbah buatan, sehingga dapat dibuat analisa lebih detail dalam satu waktu detensi. Limbah IPLT Sukolilo banyak mengandung SS dan kinerja reaktor dalam menurunkan SS baik, maka diperlukan penelitian terhadap lumpur pada dasar reaktor. Dalam arti ketinggian lumpur dalam reaktor sehingga diketahui waktu pengurasan terhadap lumpur. Untuk mengetahui pengaruh resir-

kulasi secara lebih sempurna maka diperlukan limbah buatan sehingga konsentrasi dapat sama antara penelitian dengan atau tanpa resirkulasi. Untuk mengetahui efisiensi optimal dari *Anaerobik Radial Mixing Reactor* maka penelitian perlu dilanjutkan. Karena semakin lama waktu maka akan semakin tinggi tingkat kestabilan mikroorganisme dalam reaktor. Dilakukan penelitian terhadap pengaruh desain internal *Anaerobik Radial Mixing Reactor* untuk menunjang hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Eckenfelder. W.J.B. dan Pulliam. G.W. (1988). **Anaerobic Versus Aerobic Treatment In The USA.** *Anaerobic Digestion.* pp.105-114
- Hartati, A. (1994). **Efek Luas Permukaan Kontak Pada Degradasi Anaerobik Buangan Organik Terlarut.** Laporan Penelitian. Program Studi Teknik Penyehatan FTSP-ITS
- Karnaningrum, K. dan Hartati, A. (1993). **Pengaruh Kation Valensi Dua Pada Degradasi Anaerobik Buangan Organik Terlarut.** Laporan Penelitian. Program Studi Teknik Penyehatan FTSP-ITS
- Metcalf dan Eddy. (1991). **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal And Reuse.** McGraw Hill Book Company
- Veenstra, S. dan Polprasert, C. (1995). **Waste Water Treatment.** Sanitary Engineering, International Institute of Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering IHE, Delf, Netherland
- Vigneswaran, S., Balasuriya dan Viraraghavan, T (1988). **Anaerobic Wastewater Treatment - Attach Growth And Sludge Blanket Process.** Environmental Sanitation Information Center. Bangkok. Thailand