

PENGARUH LAJU ALIR UMPAN TERHADAP EFISIENSI PENYISIHAN PADATAN DALAM LIMBAH CAIR *PULP* DAN KERTAS DENGAN REAKTOR KONTAK STABILISASI

Elfina Noviarni Chandra¹⁾, Adrianto Ahmad²⁾, Sri Rezeki Muria²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, ²⁾Dosen Teknik Kimia

Laboratorium Teknologi Bioproses

Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

*Email : adri@unri.ac.id

ABSTRACT

High consumption of paper both globally and nationally have pushed pulp and paper industry to increase its production capacity from year to year. This resulted the wastewater produced in large quantities. Characteristics of solids in pulp and paper wastewater includes TS (Total Solid), TVS (Total Volatile Solid), TSS (Total Suspended Solid) and VSS (Volatile Suspended Solid) respectively are 0,7; 0,28; 0,6; 0,26 g/L. Solids in the wastewater is a material adverse impact on water quality, such as reducing sunlight penetration into bodies of water, increasing the turbidity of water, can lead to impaired growth for organism and solubility of oxygen in water. Solids handling of pulp and paper wastewater can be aerobically by using stabilization contact reactor. The purpose of this research is to removing the content of solids in pulp and paper wastewater and determine the effect of feed flow rate of solids removal efficiency and biomass concentration on stabilization contact reactor. The conditions of this research is detention time in stabilization tank is 4 hours, sludge age 15 days and % resirculation is 75% of influent flow. The results showed that the solids removal includes TS, TVS, TSS and VSS by varying feed flow rate for 2,2 L/hour, 2,9 L/hour, 4,4 L/hour and 8,8 L/hour, the highest solids removal efficiency obtained at 2,2 L/hour respectively are 72,38%, 69,05%, 79,26% and 74,36%. This suggests that the stabilization contact reactor is stabilized in removing solids content of pulp and paper wastewater.

Keyword: *Aerobic, Content of Solids, Pulp and Paper Wastewater, Reactor Contacts Stabilization.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia secara geografis terletak di daerah khatulistiwa, dimana rata-rata memiliki pepohonan yang pertumbuhan bisa tiga kali lebih cepat dibandingkan dengan negara-negara yang berada di daerah dingin. Sehingga tersedia hutan yang luas sebagai sumber bahan baku *pulp* dan kertas. Tingginya konsumsi kertas baik secara global dan nasional telah mendorong industri *pulp* dan kertas untuk meningkatkan kapasitas produksinya dari tahun ke-tahun. Hal ini diungkapkan oleh Asosiasi *Pulp* dan Kertas Indonesia (APKI). APKI telah menargetkan volume

produksi industri *pulp* dapat mencapai 20,4 juta ton dan kertas sebesar 19,8 juta ton pada tahun 2020. Sampai saat ini produksi *pulp* di Indonesia telah mencapai 6,9 juta ton per tahun dan kertas yang diproduksi sebesar 11,5 juta ton pertahun [Haryono, 2011].

Industri *pulp* dan kertas merupakan salah satu industri yang menghasilkan buangan cair sangat besar dengan kadar pencemar yang cukup tinggi. Air buangan industri *pulp* dan kertas memiliki karakteristik organik dan *suspended solids* yang tinggi. Usaha-usaha untuk mengolah

buangan cair ini telah banyak dilakukan, tetapi mencari pengolahan yang efisien dan ekonomis masih terus dilakukan [Prawiranata, 1994].

Salah satu cara mengolah limbah cair *pulp* dan kertas adalah pengolahan secara biologi. Pengolahan secara biologi pada prinsipnya adalah pemanfaatan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri dan protozoa. Mikroba tersebut mengkonsumsi polutan organik *biodegradable* dan mengkonversi polutan organik tersebut menjadi karbondioksida, air dan energi untuk pertumbuhan dan reproduksinya. Oleh karena itu, agar sistem berjalan efektif maka pengolahan limbah cair secara biologi harus mampu memberikan kondisi optimum bagi mikroorganisme, sehingga mikroorganisme tersebut dapat mendegradasi polutan *biodegradable* secara optimum [Carrollina, 2010].

Limbah cair industri *pulp* dan kertas umumnya diolah pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan sistem lumpur aktif. Namun pada penelitian ini pengolahan limbah cair dengan sistem lumpur aktif dikembangkan dengan sistem kontak stabilisasi. Reaktor kontak stabilisasi yang digunakan merupakan metode modifikasi lumpur aktif dimana penyisihan padatan melalui dua fasa yaitu adsorpsi dan oksidasi. Adsorpsi terjadi pada tangki kontak dimana terjadi reaksi adsorpsi zat-zat organik yang terlarut dan partikel-partikel koloidal oleh mikroorganisme, sedangkan oksidasi terjadi pada tangki stabilisasi dimana bioflok mengalami aerasi lebih lanjut dengan tujuan menyempurnakan oksidasi materi organik dan replika sel mikroorganisme sehingga dihasilkan lumpur yang stabil untuk kemudian digunakan kembali pada tangki kontak [Nelson, 1996].

Budiarso [1996] melakukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair industri *pulp* dan kertas dengan lumpur aktif, didapat waktu tinggal yang efektif adalah 96 jam dengan penurunan padatan tersuspensi sebesar 89%. Carrollina [2010] melakukan penelitian mengenai pengolahan

limbah cair industri tahu dengan reaktor kontak stabilisasi terhadap variasi waktu detensi, didapat waktu detensi optimum adalah pada waktu detensi 2 jam dengan konsentrasi TSS tertinggi yaitu 3000 mg/l pada tangki stabilisasi dan 2000 mg/l pada tangki kontak. Sementara itu Susanti [2010] melakukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair industri tahu dengan reaktor kontak stabilisasi terhadap variasi resirkulasi lumpur, didapat % resirkulasi yang optimum adalah 75% dengan konsentrasi TSS tertinggi yaitu 2000 mg/l pada tangki stabilisasi dan 1000 mg/l pada tangki kontak.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh laju alir umpan terhadap efisiensi penyisihan kandungan padatan yang meliputi TS, TVS, TSS dan VSS serta konsentrasi biomassa dalam reaktor kontak stabilisasi.

2. METODE PENELITIAN

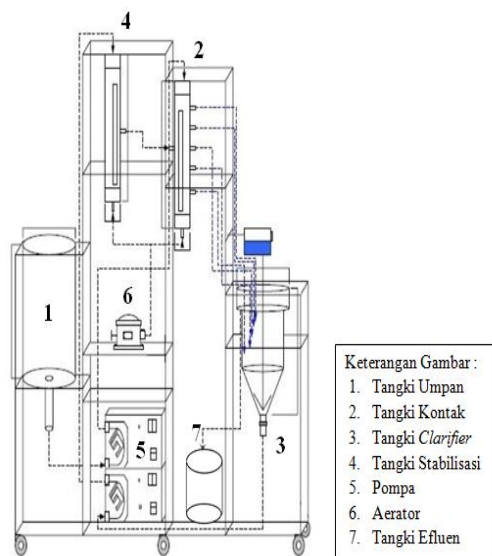
Limbah cair yang digunakan sebagai umpan dalam penelitian ini berasal dari limbah cair PT. Riau Andalan *Pulp and Paper* Pangkalan Kerinci. Karakteristik limbah cair industri *pulp* dan kertas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair PT. Riau Andalan *Pulp and Paper*

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	6,5
Total Solid (TS)	g/L	0,7
Total Volatil Solid (TVS)	g/L	0,28
Total Suspended Solid (TSS)	g/L	0,6
Volatil Suspended Solid (VSS)	g/L	0,26

Variabel proses yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi laju alir umpan yaitu 2,2; 2,9; 4,4; dan 8,8 l/jam. Parameter yang diamati adalah konsentrasi biomassa pada sistem dan konsentrasi padatan yang meliputi TS, TVS, TSS dan VSS. Analisa dilakukan sesuai dengan *standard methods* [APHA, AWWA dan WPCF, 1992]. Peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor kontak stabilisasi.

Reaktor kontak stabilisasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan model instalasi skala laboratorium yang merupakan modifikasi lumpur aktif. Instalasi terdiri dari reaktor kontak dan reaktor stabilisasi yang masing-masing merupakan reaktor tercampur sempurna (*completely mixed*), dan menggunakan *diffuser aerator* di dasar reaktor. Instalasi dilengkapi dengan *clarifier* berbentuk kerucut. Lumpur yang diendapkan diresirkulasikan ke reaktor stabilisasi. Gambar rangkaian instalasi pengolahan limbah cair ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Instalasi Pengolahan Limbah Cair

Proses yang terjadi dalam tangki kontak dan tangki stabilisasi berlangsung dalam kondisi aerob, dimana terjadi proses oksidasi yang membutuhkan oksigen cukup banyak. Didalam tangki kontak akan terjadi degradasi bahan-bahan pencemar oleh mikroorganisme. Setelah air buangan mengalami degradasi di tangki kontak, lalu air buangan dialirkan ke bak pengendap (*clarifier*), dimana didalam bak pengendap akan terjadi pemisahan bahan padat dengan cairannya. Bahan padat yang telah terpisahkan ini merupakan flok-flok biologi yang telah mendegradasi bahan pencemar, yang kemudian akan dialirkan kedalam tangki stabilisasi. Sedangkan cairannya

dapat langsung dibuang ke lingkungan. Didalam tangki stabilisasi bioflok tersebut terus diaerasi untuk melanjutkan dan menyempurnakan oksidasi bahan pencemar yang telah diserap serta untuk menstabilkan bioflok agar siap mendegradasi kembali di tangki kontak [Djajadiningrat, 1990].

Pembibitan bertujuan untuk menumbuhkan dan mengembangkan mikroba yang akan digunakan dalam proses pengolahan air buangan. Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari biomassa lumpur *pulp* dan kertas. Lumpur yang didapat kemudian dimasukkan ke dalam digester aerob sebanyak 10 liter dan untuk mendapatkan 20 liter lumpur maka ditambahkan 1 liter limbah cair segar setiap hari. Penambahan ini dilakukan selama 10 hari dilengkapi dengan aerator sebagai sumber oksigen. Setelah didapat volume lumpur sebesar 20 liter selanjutnya dilakukan aklimatisasi [Ahmad, 2004].

Tahap aklimatisasi merupakan tahap adaptasi mikroorganisme terhadap limbah cair atau substrat yang akan dipakai. Proses aklimatisasi ini bertujuan untuk membiasakan mikroorganisme agar tidak banyak mengalami gangguan atau kematian pada saat diberlakukan dengan limbah cair yang akan diolah. Hal tersebut dilakukan dengan cara mengeluarkan sampel sebanyak 2 liter dan menambahkan limbah cair *pulp* dan kertas juga sebanyak 2 liter dengan dilengkapi aerator. Sedangkan untuk sampel yang telah dikeluarkan sebanyak 2 liter tersebut akan dilakukan analisa terhadap kandungan VSS nya. Hal ini dilakukan sampai konsentrasi VSS yang dihasilkan menunjukkan fluktuasi 10%.

Kondisi operasi reaktor selama *start-up* dilakukan pada suhu kamar dan pH 6,5 – 9. Pada proses *start – up* limbah cair *pulp* dan kertas ditambahkan sebagai umpan sebanyak 2,2 l/jam. Penambahan umpan ini bertujuan untuk mengadaptasikan mikroorganisme dengan reaktor kontak stabilisasi dengan dilengkapi aerator. Keluaran dari hasil *start – up* ditampung dan diambil sebanyak 400 ml untuk

dianalisa nilai COD nya. Proses *start – up* dilakukan hingga tercapai keadaan tunak (*steady state*) dengan fluktuasi efisiensi penyisihan COD sebesar 10%.

Setelah keadaan tunak tercapai, tahap selanjutnya yaitu reaktor diberikan pembebanan yang berbeda-beda dengan mengatur laju alir umpan yang berbeda-beda pula. Reaktor dioperasikan pada suhu ruang dengan laju alir umpan sebesar 2,2; 2,9, 4,4; dan 8,8 l/jam. Proses operasional ini bertujuan untuk melihat pengaruh laju alir umpan terhadap penyisihan padatan yang meliputi TS, TVS, TSS dan VSS dalam pengolahan limbah cair *pulp* dan kertas serta konsentrasi biomassa di tangki kontak dan tangki stabilisasi. Setiap laju alir umpan yang diberikan, dilakukan pengambilan sampel setiap hari pada tangki kontak dan tangki stabilisasi sebanyak 50 ml serta efluen reaktor sebanyak 400 ml. Sampel yang telah diambil dilakukan analisa untuk mengetahui nilai padatannya. Analisa padatan dilakukan sesuai dengan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [APHA, AWWA dan WPCF, 1992].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

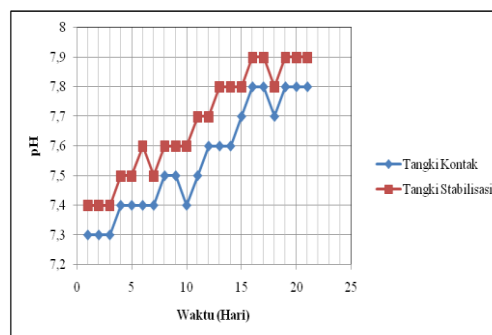
Hasil pengamatan pada reaktor kontak stabilisasi ditampilkan dengan melihat perubahan pH selama tahap aklimatisasi, konsentrasi VSS selama tahap aklimatisasi, perubahan pH selama *start-up*, konsentrasi biomassa selama *start-up*, konsentrasi padatan selama *start-up*, pengaruh laju alir terhadap konsentrasi padatan selama proses kontinu, konsentrasi biomassa di tangki kontak dan tangki stabilisasi pada proses kontinu dan efisiensi penyisihan padatan.

3.1. Data Pengamatan Pada Tahap Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi ini dilakukan selama 21 hari. Selama tahap aklimatisasi, pH dan VSS dianalisa untuk masing-masing reaktor. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui apakah tahap aklimatisasi telah tercapai atau tidak [Ahmad, 2004].

3.1.1. Perubahan pH Selama Tahap Aklimatisasi.

Selama tahap aklimatisasi, pH diukur setiap hari. Hasil pengukuran pH selama aklimatisasi pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada Gambar 2.

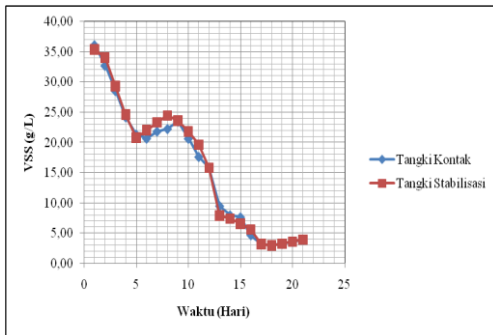


Gambar 2. Perubahan pH Selama Tahap Aklimatisasi

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada awal tahap aklimatisasi kondisi lingkungan pada tangki kontak dan tangki stabilisasi rata-rata berada pada rentang pH 7,3-7,4, kemudian semakin lama pH yang berada di dalam reaktor cenderung mengalami kenaikan dan konstan menjadi 7,8 pada tangki kontak dan 7,9 pada tangki stabilisasi. Kenaikan kadar pH dapat terjadi karena proses peruraian bahan organik yang terkandung dalam limbah oleh bakteri [Romayanto dkk, 2006]. Dapat dilihat bahwa pertumbuhan mikroorganisme di dalam tangki kontak dan tangki stabilisasi berada dalam kondisi pertumbuhan optimum pada hari ke-18 sampai hari ke-21 dengan rentang pH berada pada 7,8-7,9. Eckenfelder [1980] menyatakan bahwa hampir semua sistem pengolahan biologi beroperasi pada rentang pH 6,5 – 8,5. Bila pengolahan menggunakan pH diatas atau dibawah rentang ini, maka efisiensi pengolahannya akan turun.

3.1.2. Konsentrasi VSS Selama Tahap Aklimatisasi.

Konsentrasi VSS selama tahap aklimatisasi berlangsung ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Konsentrasi VSS Pada Tahap Aklimatisasi

Gambar 3 menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi VSS terjadi pada awal tahap aklimatisasi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa mikroorganisme belum dapat beradaptasi dengan limbah karena mikroorganisme memerlukan waktu untuk beradaptasi dengan substrat. Selain itu, penurunan konsentrasi VSS yang terjadi pada awal aklimatisasi juga terjadi karena adanya kematian mikroorganisme yang tidak dapat bertahan pada lingkungan baru [Schuner dan Jarvis, 2009].

Seiring penambahan waktu aklimatisasi, kadar MLVSS menjadi meningkat. Ini sesuai Pillay dkk [2006] dan Schuner dan Jarvis [2009] yang menyatakan bahwa peningkatan waktu kontak antara mikroorganisme dalam lumpur dan limbah akan menghasilkan pertumbuhan mikroba yang cukup untuk menghilangkan polutan berkadar organik tinggi.

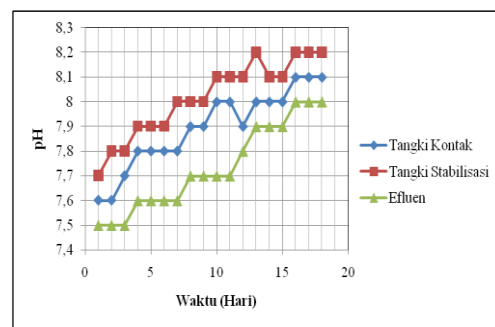
Namun, kadar VSS dapat menjadi turun setelah mencapai nilai maksimum pada tangki kontak sebesar 23,49 mg/L pada hari ke-9 dan 24,47 mg/L pada tangki stabilisasi pada hari ke-8. Hal tersebut dapat disebabkan oleh kematian mikroorganisme akibat persaingan internal antar populasi untuk mempertahankan hidup sehingga mengakibatkan terjadinya kematian bakteri dengan laju lebih tinggi dibandingkan pertumbuhannya. Tetapi mengalami kenaikan yang tidak signifikan dan mencapai kondisi tunak pada akhir aklimatisasi dengan fluktuasi VSS sebesar 10%.

3.2. Data Pengamatan Pada Tahap *Start-up*

Tahap *start-up* dilakukan dengan mengumpalkan limbah cair *pulp* dan kertas sebanyak 2,2 l/jam. Proses *start-up* dilakukan hingga tercapai keadaan tunak (*steady state*) dengan fluktuasi efisiensi penyisihan COD sebesar 10% [Ahmad, 2009]. Tahap *start-up* dilakukan selama 18 hari.

3.2.1. Perubahan pH selama *Start-up*

Perubahan pH selama proses *start-up* berlangsung, ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan pH Terhadap Waktu *Start-up*

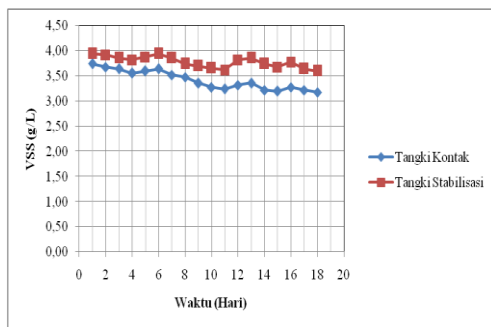
Gambar 4 menunjukkan bahwa kondisi pH pada tangki kontak, tangki stabilisasi dan efluen cenderung mengalami kenaikan selama tahap *start-up* berlangsung. Kenaikan pH terjadi karena aktivitas penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme [Effendi, 2003].

Nilai pH reaktor kontak stabilisasi selama proses *start-up* yaitu berkisar pada rentang pH 7,6-8,2. Pada rentang pH tersebut diperkirakan mikroorganisme aerob yang digunakan di dalam reaktor dapat berkembang dengan optimum mengingat kondisi lingkungan optimum mikroorganisme aerob berada pada rentang pH 6,5-8,5 [Eckenfelder, 1980]. Nilai pH optimum pada tangki kontak terjadi pada saat kondisi tunak dengan nilai 8,1, begitu pula pada tangki stabilisasi dengan nilai 8,2. Selain itu dapat dilihat pada Gambar 4 nilai efluen terus mengalami peningkatan selama tahap *start-up* dimana pH awal dari limbah cair *pulp* dan kertas adalah 6,5,

sedangkan nilai pH optimum pada efluen adalah 8,0.

3.2.2. Konsentrasi Biomassa Pada Tahap *Start-up*

Konsentrasi VSS sistem selama tahap *start-up* berlangsung ditampilkan pada Gambar 5.



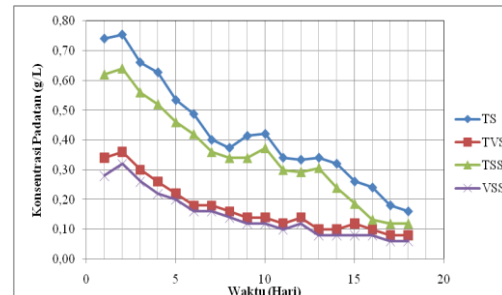
Gambar 5. Konsentrasi Biomassa Selama Tahap *Start-up*

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa konsentrasi biomassa pada tahap *start-up* cenderung berfluktuasi. Berfluktuasinya konsentrasi biomassa dalam reaktor kontak stabilisasi ini disebabkan karena mikroorganisme mampu menggunakan materi organik sebagai substrat untuk sumber energi dan pertumbuhan sel.

Konsentrasi biomassa pada tahap *start-up* berkisar antara 3,18 - 3,74 g/L pada tangki kontak dan 3,6 - 3,94 g/L pada tangki stabilisasi. Dapat dilihat bahwa konsentrasi biomassa di tangki stabilisasi selalu lebih besar daripada konsentrasi biomassa di tangki kontak. Hal ini disebabkan karena pada tangki stabilisasi tidak diumpangkan limbah cair seperti di tangki kontak. Pada tangki stabilisasi bioflok dari tangki *clarifier* ditampung dan mendapatkan aerasi lebih lanjut untuk menyempurnakan oksidasi bahan pencemar dan menstabilkan bioflok. Menurut Nelson [1996] meningkatnya konsentrasi biomassa pada tangki stabilisasi selalu diikuti juga kenaikan konsentrasi biomassa pada tangki kontak.

3.2.3. Konsentrasi Padatan Selama *Start-up*

Konsentrasi padatan selama *start-up* reaktor kontak stabilisasi disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Konsentrasi Padatan Selama Waktu *Start-up*

Gambar 6 menunjukkan bahwa konsentrasi padatan baik TS, TVS, TSS dan VSS mengalami kenaikan pada awal tahap *start-up*. Hal ini kemungkinan disebabkan mikroorganisme belum mampu bekerja dengan baik dalam mendegradasi senyawa organik limbah cair *pulp* dan kertas sehingga belum mampu membentuk biomassa baru kemudian bergabung dengan biomassa yang belum mampu bertahan didalam sistem dan terbawa keluar menuju tangki *clarifier*.

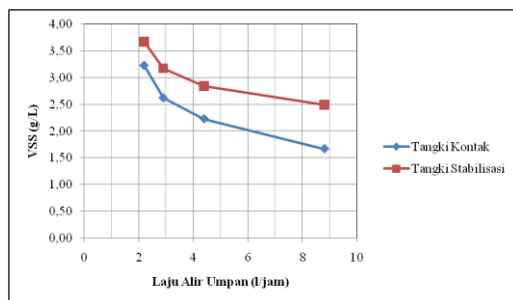
Semakin lama, konsentrasi padatan baik TS, TVS, TSS dan VSS mulai menunjukkan penurunan. Penurunan konsentrasi padatan ini terjadi karena mikroorganisme sudah bisa bertahan didalam sistem sehingga semakin banyak senyawa organik yang didegradasi oleh mikroorganisme [Fadhli, 2012]. Senyawa organik terdegradasi ini yang digunakan mikroorganisme untuk metabolisme hidupnya. Pada metabolisme hidup mikroorganisme terdapat dua mekanisme yaitu disimilasi dan asimilasi. Disimilasi dilakukan mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik sehingga menghasilkan energi yang digunakan untuk membentuk sel bakteri baru [Nelson, 1996].

Konsentrasi padatan total (TS) pada keadaan ini berkisar antara 0,16 – 0,74 g/L, konsentrasi padatan volatil total (TVS)

sekitar 0,08 – 0,34 g/L, konsentrasi padatan tersuspensi total (TSS) sekitar 0,12 – 0,62 g/L dan konsentrasi padatan tersuspensi volatil (VSS) sekitar 0,06 – 0,26 g/L. Penurunan konsentrasi padatan ini menunjukkan bahwa mikroorganisme telah beradaptasi dengan substrat (limbah) yang digunakan [Febyanti, 2010].

3.3. Pengaruh Laju Alir Umpan terhadap Konsentrasi Biomassa Selama Tahap Kontinu

Pengaruh laju alir umpan terhadap konsentrasi biomassa di tangki kontak dan tangki stabilisasi selama tahap kontinu di tampilkan pada Gambar 7.



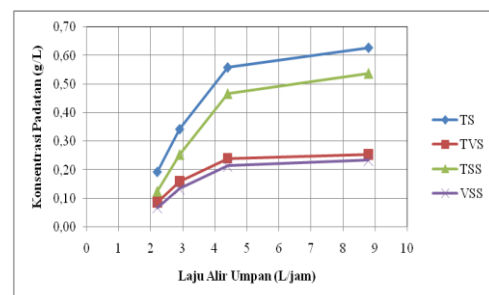
Gambar 7. Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Konsentrasi Biomassa Sistem

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi laju alir umpan yang diberikan, maka konsentrasi biomassa didalam sistem akan semakin menurun. Hal ini dikarenakan pada saat laju alir umpan semakin besar maka pola aliran di dalam sistem akan menjadi turbulen sehingga dapat menghanyutkan padatan biomassa keluar dari sistem [Ahmad dkk, 1999]. Dapat dilihat, konsentrasi biomassa pada laju alir umpan 2,2 l/jam adalah sebesar 3,23 g/L di tangki kontak dan 3,67 g/L di tangki stabilisasi. Pada laju alir 2,9 l/jam, konsentrasi biomassa di tangki kontak adalah sebesar 2,62 g/L dan di tangki stabilisasi sebesar 3,17 g/L. Pada laju alir 4,4 l/jam, konsentrasi biomassa di tangki kontak adalah sebesar 2,23 g/L dan ditangki stabilisasi sebesar 2,84 g/L. Sedangkan pada laju alir umpan 8,8 l/jam,

konsentrasi biomassa di tangki kontak adalah sebesar 1,67 g/L dan di tangki stabilisasi adalah sebesar 2,49 g/L. Umumnya, konsentrasi biomassa pada tangki stabilisasi lebih besar daripada konsentrasi biomassa pada tangki kontak. Hal ini dikarenakan pada tangki stabilisasi biomassa tidak melakukan aktivitas mendegradasi senyawa organik seperti halnya pada tangki kontak, pada tangki stabilisasi ini biomassa distabilkan sehingga biomassa hanya bereproduksi (berkembang biak) [Carrollina, 2010].

3.4. Pengaruh Laju Alir Umpan terhadap Konsentrasi Padatan Selama Tahap Kontinu

Pengaruh laju alir umpan terhadap konsentrasi padatan selama tahap kontinu di tampilkan pada Gambar 8.



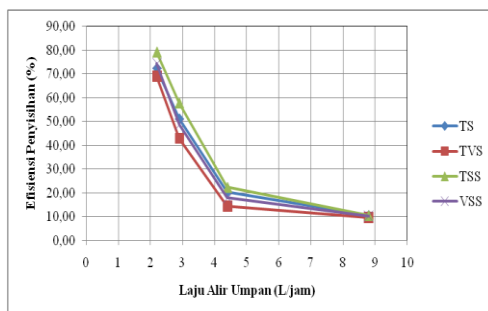
Gambar 8. Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Konsentrasi Padatan

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa semakin besar laju alir umpan yang di umpankan maka semakin cepat waktu kontak antara limbah dengan mikroorganisme, maka konsentrasi padatan akan semakin besar. Konsentrasi TS, TVS, TSS dan VSS pada laju alir 2,2 L/jam pada kondisi tunak masing-masing adalah sebesar 0,19 g/L, 0,09 g/L, 0,12 g/L dan 0,06 g/L. Pada laju alir 2,9 L/jam, konsentrasi TS, TVS, TSS dan VSS adalah sebesar 0,34 g/L, 0,16 g/L, 0,25 g/L dan 0,13 g/L. Pada laju alir 4,4 L/jam, konsentrasi TS, TVS, TSS dan VSS adalah sebesar 0,56 g/L, 0,24 g/L, 0,47 g/L dan 0,21 g/L. Pada laju alir 8,8 L/jam, Konsentrasi TS, TVS, TSS dan VSS adalah sebesar 0,63 g/L, 0,25 g/L, 0,54 g/L dan

0,25 g/L. Berdasarkan Gambar 8. dapat dilihat bahwa penyisihan kandungan padatan terbesar adalah pada laju alir 2,2 L/jam. Hal ini terjadi karena pada laju alir 2,2 L/jam waktu kontak antara mikroorganisme dengan limbah berlangsung lebih lama sehingga proses biodegradasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam limbah berlangsung baik [Nugrahini, 2008].

3.5. Pengaruh Laju Alir Umpan terhadap Efisiensi Penyisihan Padatan

Pengaruh laju alir umpan terhadap efisiensi penyisihan padatan ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Efisiensi Penyisihan Padatan

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan konsentrasi padatan, baik TS, TVS, TSS dan VSS, yang paling tinggi adalah dengan laju alir umpan sebesar 2,2 L/jam yaitu masing-masing sebesar 72,38%, 69,05%, 79,26% dan 74,36%. Selain itu dapat dilihat berdasarkan Gambar 9., efisiensi penyisihan kandungan padatan semakin menurun dengan peningkatan laju alir umpan. Tingginya efisiensi penyisihan kandungan padatan disebabkan karena laju alir umpan yang rendah sehingga mikroorganisme memiliki waktu yang lebih lama untuk mendegradasi senyawa organik yang terkandung didalam limbah cair yang diolah. Sedangkan efisiensi penyisihan konsentrasi padatan yang paling rendah

adalah dengan laju alir umpan sebesar 8,8 L/jam yaitu masing-masing sebesar 10,48% untuk TS, 9,52% untuk TVS, 10,37% untuk TSS dan 10,26% untuk VSS. Semakin tingginya laju alir akan semakin mempercepat waktu tinggal cairan di dalam sistem, sehingga mikroorganisme hanya mendapatkan sedikit waktu untuk mendegradasi senyawa organik yang ada di dalam limbah [Syafila dkk, 2003]. Walaupun dengan meningkatnya laju alir umpan membuat pasokan nutrisi menjadi lebih besar, namun hal itu tidak memberikan pengaruh terhadap degradasi senyawa organik, karena waktu tinggal umpan yang sangat singkat di dalam reaktor [Nugrahini dkk, 2008].

3.6. Studi Komparatif Kinerja Reaktor Kontak Stabilisasi

Studi komparatif kinerja reaktor kontak stabilisasi ditinjau dengan membandingkan kinerja reaktor kontak stabilisasi menggunakan substrat limbah cair *pulp* dan kertas terhadap reaktor kontak stabilisasi yang mengolah limbah cair industri lainnya atau menggunakan reaktor lain untuk mengolah limbah cair *pulp* dan kertas. Perbandingan kinerja reaktor kontak stabilisasi dan reaktor lainnya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Studi Komparatif Kinerja Reaktor Kontak Stabilisasi

Jenis Reaktor	Substrat	Variabel	Hasil	Efisiensi Penyisihan Padatan (%)				Pustaka
				TS	TVS	TSS	VSS	
Lumpur Aktif	<i>Pulp</i> dan Kertas	Waktu Detensi	96 jam	-	-	89	-	Budiarso [1996]
Kontak Stabilisasi	Tahu	Waktu Detensi	2 jam	-	-	-	-	Caroline [2010]
Kontak Stabilisasi	Tahu	% Resirkulasi	75%	-	-	-	-	Susanti [2010]
Kontak Stabilisasi	<i>Pulp</i> dan Kertas	Laju Alir Umpa	2,2 L/jam	72,38	69,05	79,26	74,36	Penelitian ini [2015]

Tabel 2 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan Total Suspended Solid (TSS) pada penelitian ini berada lebih rendah daripada dengan menggunakan lumpur aktif. Budiarso [1996] melakukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair industri *pulp* dan kertas dengan lumpur aktif, didapat waktu tinggal yang efektif adalah 96 jam dengan penurunan padatan tersuspensi sebesar 89%. Carolina [2010] melakukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair industri tahu dengan reaktor kontak stabilisasi terhadap variasi waktu detensi, didapat waktu detensi optimum adalah pada waktu detensi 2 jam dengan konsentrasi TSS tertinggi yaitu 3000 mg/l pada tangki stabilisasi dan 2000 mg/l pada tangki kontak. Susanti [2010] melakukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair industri tahu dengan reaktor kontak stabilisasi terhadap variasi resirkulasi lumpur, didapat % resirkulasi yang optimum adalah 75% dengan konsentrasi TSS tertinggi yaitu 2000 mg/l pada tangki stabilisasi dan 1000 mg/l pada tangki kontak. Pada penelitian ini melakukan pengolahan limbah cair *pulp* dan kertas menggunakan reaktor kontak stabilisasi dengan bervariasi laju alir umpa mendapatkan efisiensi penyisihan TS, TVS, TSS, dan VSS berturut-turut 72,38%, 69,05%, 79,26% dan 74,36% pada laju alir umpa 2,2 L/jam. Jika dibandingkan dengan baku mutu limbah cair sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995, kadar maksimum TSS yang diizinkan

adalah sebesar 150 mg/L (0,15 g/L), sedangkan kadar TSS yang telah diolah dengan menggunakan kontak stabilisasi adalah sebesar 120 mg/L (0,12 g/L). Dapat dilihat bahwa kadar TSS setelah diolah dengan menggunakan kontak stabilisasi sudah berada dibawah baku mutu limbah cair sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 sehingga limbah cair tersebut aman dibuang langsung ke badan perairan. Berdasarkan hasil yang didapatkan maka dapat dibuktikan bahwa limbah cair *pulp* dan kertas dapat diolah menggunakan reaktor kontak stabilisasi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi laju alir umpa yang diberikan, maka efisiensi penyisihan padatan akan semakin kecil. Efisiensi penyisihan padatan baik TS, TVS, TSS dan VSS tertinggi didapatkan pada laju alir 2,2 L/jam yaitu masing-masing sebesar 72,38%, 69,05%, 79,26% dan 74,36%. Begitu pula terhadap konsentrasi biomassa di tangki kontak dan tangki stabilisasi, semakin tinggi laju alir umpa yang diberikan, maka konsentrasi biomassa yang ada di dalam sistem akan semakin berkurang.

Beberapa hal yang disarankan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan identifikasi bakteri yang terlibat selama proses aerobik.
2. Perlu dilakukan pengolahan limbah cair yang lain terhadap efisiensi

penyisihan padatan menggunakan reaktor kontak stabilisasi agar didapatkan perbandingan hasil.

3. Perlu dilakukan analisa oksigen terlarut (DO) untuk mengetahui suplai oksigen di dalam sistem aerob.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., T. Setiadi, M. Syafila dan O.B. Liang, 1999, *Bioreaktor Berpenyekat Anaerob Untuk Pengolahan Limbah Industri Yang Mengandung Minyak dan Lemak: pengaruh pembebanan organik terhadap kinerja bioreaktor*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 1999, TK-ITB, Bandung, 19-20 Oktober.
- Ahmad, A., 2004, *Studi Komperatif Sumber dan Proses Aklimatisasi Bakteri Anaerob pada Limbah Cair yang Mengandung Karbohidrat, Protein dan Minyak-Lemak*, Jurnal Sains dan Teknologi Vol.3 No.1. 2004 : 1-10.
- APHA, AWWA dan WPCF, 1992, *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, Washington DC.
- Budiarso, D., 1996. *Pengolahan Limbah Cair Industri Pulp Dan Kertas Dengan Lumpur Aktif*, Universitas Indonesia : Jakarta.
- Carrollina, D., 2010, *Rancang Bangun Alat Kontak Stabilisasi (Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Degradasi Senyawa Organik Karbon dari Limbah Cair Industri Tahu*, Skripsi, Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya: Palembang.
- Djajadiningrat, A., 1990, *Bioreaktor Pengolahan Limbah Cair*, Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Eckenfelder, 1980, *Principles of Water Quality Management*, CBI Publishing Company, Inc. USA.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fadhli, T. U., 2012, *Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Pabrik Sagu dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Pada Kondisi Start-Up*, Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau: Pekanbaru.
- Haryono, 2011, *Peningkatan Produksi Kertas Dunia*. Majalah Asosiasi Pengusaha Kertas Indonesia (APKI).
- Keputusan Menteri KLH Nomor KEP 51/MENKLH/10/1995 Tentang *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri*.
- Nelson, 1996, *Optimasi Resirkulasi Lumpur Pada Pengolahan Air Buangan Industri Tekstil Dengan Sistem Kombinasi Proses Kontak Stabilisasi Dan Adsorpsi Karbon Aktif Granular Pada Umur Lumpur 15 Hari*, Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Nugrahini, P., 2008, *Penentuan Parameter Kinetika Proses Anaerobik Campuran Limbah Cair Industri Menggunakan Reaktor UASB*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II, Universitas Lampung.
- Nugrahini, P., T. M. R. Habibi dan A. D. Safitri, 2008, *Penentuan Parameter Kinetika Proses Anaerobik Campuran Limbah Cair Industri Menggunakan Reaktor UASB*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II, Universitas Lampung.
- Pillay, S., K. Foxon, N. Rodda, M.T. Smith dan C.A. Buckley, 2006, *Microbiological Studies of an Anaerobic Baffled Reactor*. South African National Research Foundation, University of KwaZulu-Natal.
- Prawiranata, H., 1994, *Pengolahan Air Buangan Industri Pulp dan Kertas Dengan Bioreaktor Cakram Biologi*,

- Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Romayanto, M. E. W., Wiryanto, dan Sajidan, 2006, *Pengolahan Limbah Domestik dengan Aerasi dan Penambahan Bakteri Pseudomonas putida*, Jurnal Bioteknologi 3 (2): 42-49, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Schuner, A. dan A. Jarvis, 2009, *Microbiological Handbook for Biogas Plants*.
- Susanti, L. D., 2010, *Rancang Bangun Alat Kontak Stabilisasi (Pengaruh Resirkulasi Lumpur Terhadap Penurunan Senyawa Organik Limbah Cair Industri Tahu)*, Skripsi, Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Syafila M., A. H. Djajadiningrat, dan M. Handajani, 2003, *Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu untuk Pengolahan Air Buangan yang Mengandung Molase*, Prosiding ITB Sains dan Teknologi. Vol. 35 A, No. 1, hal 19- 31.