

PENGARUH WAKTU TINGGAL HIDROLIK TERHADAP PENYISIHAN PADATAN PADA PENGOLAHAN *SLUDGE IPAL PULP AND PAPER* MENGGUNAKAN BIOREAKTOR HIBRID ANAEROBIK

Siti Ardian¹⁾, Adrianto Ahmad²⁾, Syamsu Herman²⁾

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

Laboratorium Teknologi Bioproses

Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau

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

*Email : adri@unri.ac.id

ABSTRACT

The increasing of pulp and paper industry in Indonesia had brought environmental problems which caused by Sludge waste pollution. The characteristic the wastewater treatment of pulp and paper sludge includes TS (Total Solid) 7.6 gr/L; TVS (Total Volatile Solid) 7,4 gr/L; TSS (Total Suspended Solid) 6,0 gr/L; and VSS (Volatile Suspended Solid) 5,9 gr/L. The impact will potential if the solid contents were threw away into the water because the materials of the solid containts can became pollute in envirotnment. This research with treat the wastewater treatment of pulp and paper's sludge using a hybrid anaerobic bioreactor with stoned-media to see the effect of hydraulic retention time 5, 4, 3, 2, and 1 days. The results of this research showed that the longer of hydraulic retention time is given, then the greater of solid elimination efficiency. The highest solids elimination efficiency can be found on hydraulic retention time 5 days. The value of TS (44.03%), TVS (83.06%), TSS (68.85%), and VSS (95.25%). The performance by hybrid anaerobic in wastewater treatment sludge has been good, in lowering the solids content parameters.

Keywords: *anaerob; efficiency; hybrid bioreactor; hydraulic retention time*

1. Pendahuluan

Meningkatnya pertumbuhan industri *pulp and paper* di Indonesia telah membawa dampak terhadap meningkatnya permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh pencemaran limbah. Oleh karenanya dalam upaya terpeliharanya kualitas lingkungan industri harus meningkatkan pengelolaan limbahnya melalui pengolahan yang lebih efektif dan kemungkinan pemanfaatannya [Syamsudin dkk, 2006].

Indonesia merupakan negara penghasil kertas yang kontribusinya tidak dipandang sebelah mata oleh dunia. Kekayaan alam indonesia berupa hutan hujan tropis adalah satu modal penting dalam pertumbuhan

industri *pulp and paper*. Dewasa ini isu pencemaran lingkungan adalah isu yang hangat diperbincangkan oleh dunia, oleh karena itu industri khususnya industri *pulp and paper* sebagai salah satu subjek yang berpotensi mencemari lingkungan harus tanggap terhadap isu tersebut.

Potensi pencemaran lingkungan yang harus dikelola oleh industri kertas ialah limbah *sludge* yang dihasilkan dari instalasi pengolahan limbah cair industri *pulp and paper*. *Sludge* ini harus dapat direduksi semaksimal mungkin karena mengandung bahan-bahan yang dapat mencemari lingkungan apabila dibuang langsung ke badan perairan atau ditumpuk begitu saja.

Padatan total (*total solid*) adalah seluruh padatan yang masih terdapat dalam sampel limbah cair, yang terdiri atas padatan tersuspensi total (*total suspended solid*), padatan terlarut total (*total dissolved solid*) dan padatan tersuspensi volatil (*volatil suspended solid*) [APHA, AWWA dan WPCF, 1992]. Padatan total tersuspensi adalah total yang masih tertinggal diatas media filter, dan padatan total terlarut adalah padatan total yang telah melewati media filter.

Padatan volatil adalah sejumlah padatan yang hilang pada proses pemanasan tertentu yaitu pada temperatur sekitar 550°C. Padatan volatil ini banyak digunakan pada pengolahan limbah suatu industri karena padatan volatil merupakan parameter yang menggambarkan jumlah senyawa organik yang ada dalam suatu limbah. Secara teoritis senyawa organik pada sampel akan semakin menurun seiring semakin lamanya proses yang terjadi didalam bioreaktor. Penurunan jumlah senyawa organik tersebut diakibatkan karena semakin banyaknya senyawa organik yang berhasil teruraikan oleh bakteri yang digunakan dalam pengolahan limbah [APHA, AWWA dan WPCF, 1992].

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah *Sludge* IPAL *pulp and paper* dari PT. RAPP Pangkalan Kerinci dengan perbandingan air 1:1, ekstrak kotoran sapi, gas nitrogen, dan batu.

2.2 Alat yang dipakai

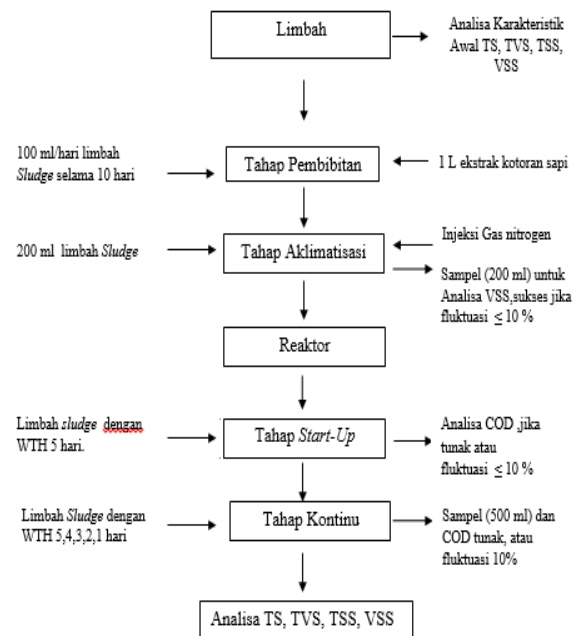
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioreaktor hibrid anaerob, pH meter, oven, desikator, leher angsa, erlenmeyer, gelas ukur, cawan porselen, pipet tetes, *sentrifuge*, pompa air, selang, timbangan analitik, furnace, tangki influen dan tangki effluen.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap yang dilakukan ialah: perbandingan *sludge*:air yaitu 1:1; suhu ruang 28 – 29 °C dan volume cairan yaitu 20liter, sedangkan Variabel berubahnya ialah: waktu tinggal hidrolis yaitu 5,4,3,2,1 hari.

2.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar Diagram alir 1, yang menunjukkan tahap-tahap dari proses penelitian ini:



Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya, yaitu:

1. Pengambilan limbah *sludge* dan di analisa karakteristik kandungan padatan limbah *sludge*.
2. Tahap Pembibitan
Pembibitan bertujuan untuk menumbuhkan dan mengembangkan mikroba yang akan digunakan dalam proses pengolahan air buangan. Mikroorganisme

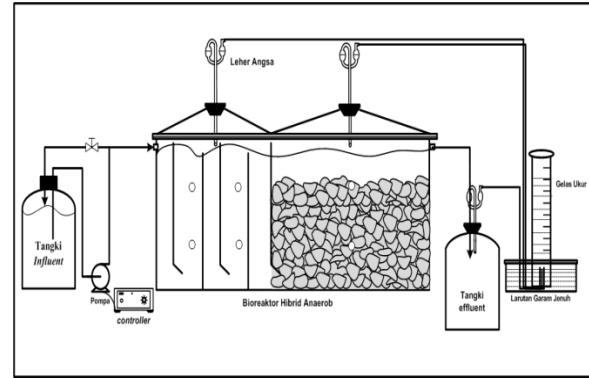
yang digunakan dalam penelitian ini berupa kultur campuran (*mixed culture*) yang berasal dari Ekstrak kotoran sapi yang disaring. 1 L Ekstrak kotoran sapi yang diperoleh dimasukkan ke dalam *digester* yang berukuran 2 L dan dialirkan gas nitrogen agar diperoleh kondisi anaerob. Untuk mencapai volume *sludge* sebanyak 2 L maka kedalam *digester* setiap hari ditambahkan 100 ml limbah *sludge* selama 10 hari. Setelah didapat volume *sludge* sebesar 2 liter selanjutnya dilakukan aklimatisasi.

3. Tahap Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi merupakan tahap adaptasi mikroorganisme terhadap limbah *sludge* atau substrat yang akan dipakai. Proses aklimatisasi ini bertujuan untuk membiasakan mikroorganisme agar tidak banyak mengalami gangguan atau kematian pada saat diberlakukan dengan limbah *sludge* yang akan diolah. Hal tersebut dilakukan dengan cara mengeluarkan sampel limbah *sludge pulp and paper* sebanyak 200 ml dan ditambahkan juga sebanyak 200 ml limbah segar ke dalam *digester* anaerobik lalu di injeksikan dengan Nitrogen. Pada sampel 200 ml dilakukan analisa terhadap VSS. Hal ini berhenti dilakukan sampai konsentrasi VSS yang dihasilkan menunjukkan fluktuasi 10%.

4. Perangkaian Alat

Penelitian ini menggunakan rangkaian alat bioreaktor hibrid anaerobik dapat dilihat pada gambar sebagai berikut terdiri dari tangki influen, pipa inlet, reaktor, leher angsa, pompa, tangki efluen, kontrol, dan gelas ukur dilengkapi dengan wadah penampung larutan garam yang berfungsi sebagai penangkap biogas. Berikut rangkaian instalasi pengolahan limbah cair ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Bioreaktor Hibrid Anaerobik

5. Tahap *Start-Up*

Pada kondisi ini, diletakkan batu pada bagian yang tidak bersekat dengan ketebalan $\frac{3}{4}$ dari tinggi cairan di dalam Bioreaktor. Kemudian dimasukkan kultur campuran yang telah diaklimatisasi hingga volume reaktor efektif 11,36 L. Setelah itu diinjeksikan gas nitrogen ke dalam sistem dengan harapan dapat mengusir oksigen terlarut dalam cairan, lalu didiamkan selama 3 hari. Hal ini bertujuan untuk mengendapkan biomassa dari kultur campuran, setelah itu dialirkan umpan dengan WTH 5 hari.

Limbah *sludge* yang akan diolah, selanjutnya dimasukkan ke dalam tangki umpan. Dengan menggunakan pompa, limbah *sludge* dialirkan ke dalam bioreaktor dengan mengontrol bukaan *valve* sesuai dengan laju alir yang diinginkan. Aliran limbah *sludge* didalam bioreaktor adalah turun naik mengikuti sekat-sekat yang ada didalam bioreaktor hibrid anaerob dan pada akhirnya aliran akan keluar menuju tangki *effluent*. Penambahan umpan ini bertujuan untuk menaikkan dan menahan pertumbuhan biofilm. Keluaran dari hasil *start-up* ditampung dan diambil sebanyak 500 ml untuk dianalisa. Proses *start-up* dilakukan hingga tercapai keadaan tunak (*steady state*) dengan fluktuasi efisiensi penyisihan COD sebesar 10%.

6. Tahap Kontinu

Setelah keadaan tunak pada proses *start up* dicapai, maka tahap kontinu bioreaktor dapat dilakukan. Bioreaktor dioperasikan pada suhu ruang 28-29 °C dengan waktu tinggal hidrolik (WTH) yang berbeda-beda. WTH yang dioperasikan adalah 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari. Setiap WTH yang diberikan, sampel diambil setiap hari dan dilakukan analisis parameter padatan. Data hasil analisis dikumpulkan dan diolah kemudian. Analisa tersebut dilakukan sesuai dengan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [APHA, AWWA, and WPCF, 1992]

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dilakukan pengamatan terhadap hasil karakteristik *sludge*, pengamatan pada tahap aklimatisasi, *start-up*, dan pada tahap kontinu.

3.1 Hasil Karakteristik Sludge

Sludge yang digunakan sebagai umpan dalam penelitian ini berasal dari PT. Riau Andalan *Pulp and Paper* Kabupaten Pangkalan Kerinci Riau. Karakteristik lumpur *pulp and paper* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakteristik *Sludge*

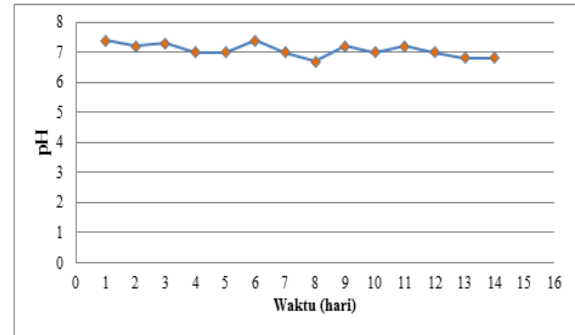
Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu *)
pH	-	7	6,0 – 9,0
Total Solid (TS)	gr/L	7,6	-
Total Volatile Solid (TVS)	gr/L	7,4	-
Total Suspended Solid (TSS)	gr/L	6	0,15
Volatile Suspended Solid (VSS)	gr/L	5,9	-

*) Kepmen LH Nomor 51/MEN LH/10/1995

3.2 Pengamatan Tahap Aklimatisasi

Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap perubahan pH terhadap waktu dan konsentrasi *sludge*. Berikut merupakan

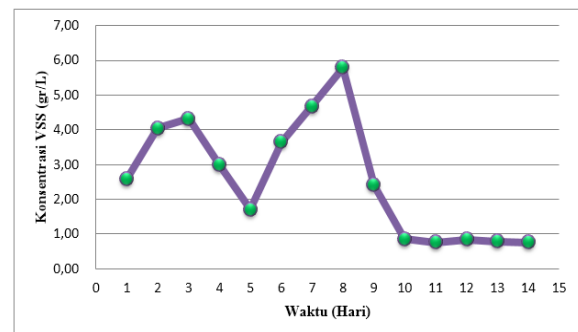
hubungan pH terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan pH terhadap Waktu

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada hari pertama proses aklimatisasi, pH sistem sekitar 7,4. Perubahan pH sistem relatif konstan yaitu berkisar antara 6,8-7,4. Pada rentang pH tersebut diperkirakan mikroorganisme anaerobik yang digunakan didalam bioreaktor dapat berkembang dengan optimum mengingat kondisi lingkungan mikroorganisme anaerobik adalah dengan pH antara 5,8-8,2 [Speece, 1996].

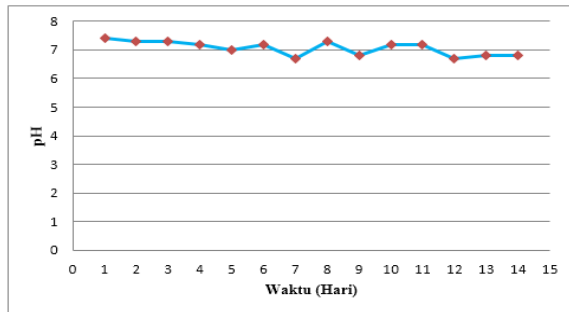
Tahap aklimatisasi ini dilakukan selama 14 hari. Selama tahap aklimatisasi kandungan padatan VSS dianalisa. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui tahap aklimatisasi telah mencapai kondisi tunak atau tidak [Ahmad, 2004]. Data Konsentrasi VSS terhadap waktu selama tahap aklimatisasi disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Konsentrasi VSS terhadap Waktu

3.3 Pengamatan pada tahap *Start-Up*

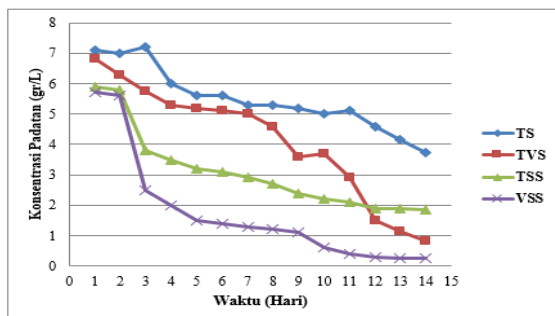
Pada tahap *Start-Up* dilakukan pengamatan terhadap perubahan pH, konsentrasi padatan, konsentrasi COD, dan efisiensi penyisihan padatan terhadap waktu. Proses *start-up* berlangsung selama 14 hari. Berikut merupakan perubahan pH selama berlangsung proses *start-up* ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan pH terhadap Waktu

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada hari pertama proses *start-up*, pH sistem sekitar 7,4. Perubahan pH sistem relatif konstan yaitu berkisar 6,7-7,4. Pada rentang pH tersebut diperkirakan mikroorganisme anaerobik yang digunakan didalam bioreaktor dapat berkembang dengan optimum mengingat kondisi lingkungan mikroorganisme anaerobik adalah dengan pH antara 5,8-8,2 [Speece, 1996].

Hubungan antara waktu *start-up* terhadap perubahan konsentrasi padatan yang meliputi *total solid* (TS), *total volatile solid* (TVS), *total suspended solid* (TSS), dan *volatile suspended solid* (VSS) ditampilkan pada Gambar 6.

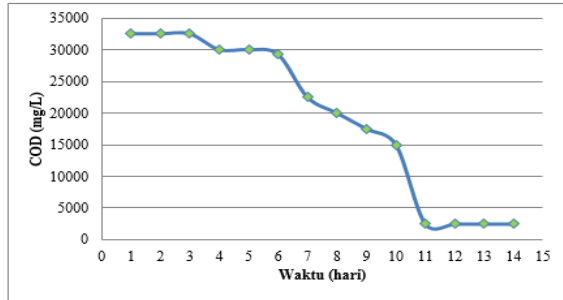


Gambar 6. Hubungan konsentrasi padatan terhadap waktu

Gambar 6 menunjukkan bahwa konsentrasi padatan baik TS, TVS, TSS dan VSS cenderung menurun namun pada hari ke-3 konsentrasi TS mengalami peningkatan mencapai 7,2 gr/L pada proses *start-up* bioreaktor. Tingginya konsentrasi padatan pada hari ke-3 proses *start-up* kemungkinan disebabkan oleh mikroorganisme yang belum mampu bekerja dengan baik dalam mendegradasi senyawa organik limbah *sludge pulp and paper* didalam sistem bioreaktor menumpuk dan bergabung dengan senyawa organik yang berada di sistem bioreaktor yang menyebabkan terjadinya penambahan konsentrasi padatan. Sebagian besar mikroorganisme belum mampu bertahan dalam sistem dengan membentuk flok, sehingga lebih banyak mikroorganisme yang terbawa aliran keluar [Ahmad dkk, 2000]. Banyaknya mikroorganisme yang terbawa aliran keluar akan menyebabkan sedikit mikroorganisme yang tetap bertahan dalam sistem, sehingga sedikit senyawa organik pada limbah cair yang didegradasi oleh mikroorganisme [Ahmad dkk, 2000].

Pada hari ke-12 konsentrasi padatan mengalami penurunan hingga akhir proses *start-up* bioreaktor. Penurunan konsentrasi padatan diduga mikroorganisme sudah bisa bertahan di dalam sistem dengan membentuk flok, flok membentuk komunitas mikroorganisme, sehingga akan semakin banyak senyawa organik yang bisa didegradasi oleh mikroorganisme [Nugrahini dkk, 2008].

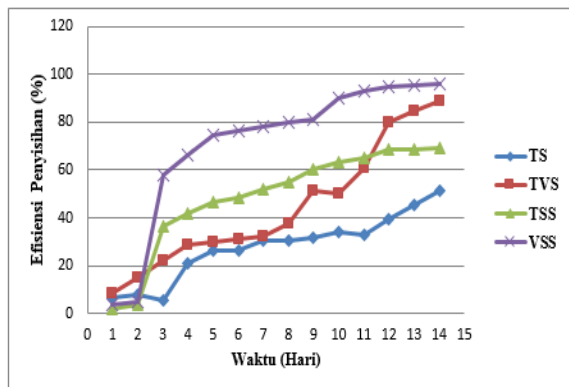
Hubungan antara waktu *start-up* terhadap perubahan konsentrasi COD terhadap waktu ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan konsentrasi COD terhadap waktu

Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa proses *start-up* berlangsung selama 14 hari. Pada hari pertama konsentrasi COD sebesar 32.500 mg/L, nilai COD mengalami penurunan sampai akhir proses menjadi 2.500 mg/L terjadi pada hari ke-12, hari ke-13, dan hari ke-14. Proses *start-up* dianggap selesai setelah konsentrasi COD pada bioreaktor relatif stabil, mencapai keadaan tunak (ΔCOD 10%).

Hubungan Waktu *start-up* terhadap efisiensi penyisihan padatan pada waktu *Start-Up* ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Efisiensi Penyisihan Padatan Terhadap Waktu

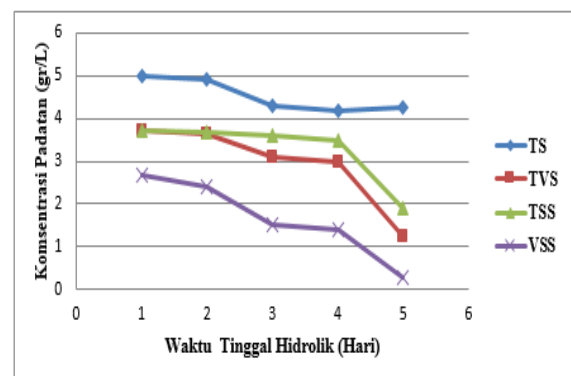
Gambar 8 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan kandungan padatan tertinggi untuk TS sebesar 51,05%, TVS sebesar 88,91%, TSS sebesar 69% dan VSS sebesar 95,9%. Tingginya efisiensi penyisihan kandungan padatan disebabkan oleh waktu tinggal hidrolis yang besar

sehingga mikroorganisme memiliki waktu yang lebih lama untuk mendegradasi senyawa organik yang terkandung didalam limbah *sludge pulp and paper* yang diolah. Tingginya efisiensi penyisihan padatan pada proses *start-up* dapat diartikan bahwa bakteri anaerob telah mampu memanfaatkan limbah *sludge pulp and paper* sebagai substrat sehingga konsentrasi mikroorganisme meningkat di dalam sistem dan dapat menguraikan senyawa organik yang ada di dalam limbah [Ahmad dkk, 2000].

3.4 Pengamatan Proses Kontinu

Proses kontinu bioreaktor hibrid anaerob dilakukan dengan memvariasikan waktu tinggal hidrolis (WTH), yaitu; 5, 4, 3, 2, dan 1 hari. Proses kontinu bioreaktor hibrid anaerob ini menggunakan media batu.

Proses kontinu berlangsung selama 25 hari, dimana pada masing-masing WTH mencapai kondisi tunak selama 5 hari. Berikut merupakan Pengaruh konsentrasi padatan terhadap perubahan Waktu Tinggal Hidrolis pada Saat Tunak pada bioreaktor hibrid anaerob, ditampilkan pada Gambar 9.

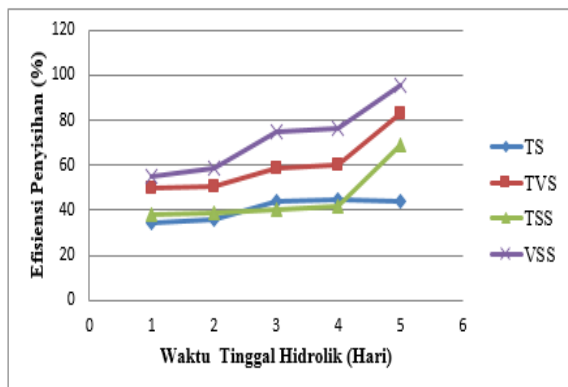


Gambar 9. Pengaruh Konsentrasi Padatan terhadap Waktu tinggal Hidrolis

Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin singkat waktu tinggal hidrolis yang diberikan (semakin cepat waktu kontak antara limbah dengan mikroorganisme), maka konsentrasi padatan akan semakin

besar. Konsentrasi TS, TVS, TSS, dan VSS pada WTH 5 hari pada kondisi tunak dengan nilai masing- masing adalah 4,25 gr/L, 1,25 gr/L, 1,89 gr/L dan 0,28 gr/L. Pada WTH 4 hari konsentrasi TS, TVS, TSS dan VSS nilai pada kondisi tunak masing-masing adalah sebesar 4,18 gr/L, 2,97 gr/L, 3,5 gr/L dan 1,4 gr/L. Pada WTH 3 hari konsentrasi TS, TVS, TSS, dan VSS nilai pada kondisi tunak masing-masing adalah sebesar 4,28 gr/L , 3,08 gr/L, 3,6 gr/L dan 1,5 gr/L. Pada WTH 2 hari konsentrasi TS, TVS, TSS, dan VSS nilai pada kondisi tunak masing-masing adalah sebesar 4,9 gr/L, 3,63 gr/L, 3,63 gr/L dan 2,41 gr/L. Konsentrasi TS, TVS, TSS, dan VSS pada WTH 1 hari pada kondisi tunak dengan nilai masing – masing adalah 5 gr/L, 3,73 gr/L, 3,7 gr/L dan 2,67 gr/L. Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa penyisihan kandungan padatan terbesar adalah pada WTH 5 hari. Hal ini terjadi karena pada WTH 5 hari waktu kontak antara mikroorganisme dengan limbah berlangsung lebih lama sehingga proses sehingga proses biodegradasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam limbah berlangsung baik [Nugrahini, 2008].

Pengaruh waktu tinggal hidrolis terhadap efisiensi penyisihan konsentrasi padatan ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengaruh WTH terhadap Efisiensi Penyisihan Padatan

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan konsentrasi

padatan baik TS, TVS, TSS dan VSS, yang paling tinggi adalah dengan WTH 5 hari yaitu masing-masing sebesar 44,03%, 83,06%, 68,5% dan 95,25%. Selain itu dapat dilihat berdasarkan Gambar 10 efisiensi penyisihan kandungan padatan semakin menurun semakin singkatnya waktu tinggal hidrolis. Tingginya efisiensi penyisihan kandungan padatan disebabkan karena WTH yang lama sehingga mikroorganisme memiliki waktu yang lebih lama untuk mendegradasi senyawa organik yang terkandung di dalam limbah *sludge* yang diolah. Sedangkan, efisiensi penyisihan konsentrasi padatan yang paling rendah adalah dengan WTH yang paling singkat yaitu WTH 1 hari dengan masing-masing TS, TVS, TSS dan VSS dengan nilai masing-masing sebesar 34,21%, 49,54%, 38,33% dan 54,80%. Semakin singkat waktu tinggal hidrolis 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].

4. Studi Komparatif Efisiensi Penyisihan Padatan dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob

Studi komparatif ditinjau dengan membandingkan efisiensi penyisihan padatan dengan bioreaktor yang sama yakni bioreaktor hibrid anaerob namun berbeda media melekat dan limbah cair yang digunakan. Perbandingan Efisiensi Padatan Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Substrat dan Media Imobilisasi lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Efisiensi Padatan Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Substrat dan Media Imobilisasi lainnya.

Media	Substrat	Efisiensi Penyisihan TSS	Waktu Tinggal Hidrolik	Pustaka
Batu	Limbah Cair Minyak Sawit	32 %	5 hari	Febyanti (2010)
Cangkang Sawit	Limbah Cair Kelapa Sawit	60 %	5 hari	Rahmi (2011)
Batu	Limbah Cair Pabrik Sagu	60 %	2 hari	Fadhli (2012)
Batu	Limbah <i>Sludge Pulp and Paper</i>	68,85%	5 hari	Ardian (2015)

5. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan dan saran. Berikut Kesimpulan penelitian ini adalah :

1. Semakin lama waktu tinggal hidrolik yang diberikan, maka efisiensi penyisihan padatan akan semakin besar.
2. Efisiensi penyisihan padatan tertinggi di dapat pada WTH 5 Hari dengan Nilai TS (44,03%), TVS (83,06%), TSS (68,5%), dan VSS (95,25%).
3. Kinerja bioreaktor hibrid anaerob dalam pengolahan *sludge* sudah baik, dalam menurunkan parameter kandungan padatan.

Beberapa hal yang disarankan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Perlu ditambahkan variasi waktu tinggal hidrolik yang lain (>5 hari) dalam pengolahan limbah *sludge* yang terlibat selama proses anaerob.
2. Perlu dilakukan pengolahan limbah *sludge* yang lain dengan bioreaktor hibrid anaerob terhadap efisiensi penyisihan padatan agar didapatkan perbandingan hasil.

Daftar Pustaka

APHA, AWWA, and WPCF., 1992, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, DC.

Ahmad, A., T. Setiadi, M. Syafila dan O.B. Liang, 2000. *Bioreaktor Berpenyekat Anaerob untuk Pengolahan Limbah Industri yang Mengandung Minyak dan Lemak: Kajian Dinamik Bioreaktor dengan Pembebanan Organik Rendah*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, FT-Universitas Diponegoro, Semarang, 26-27 Juli.

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.

Keputusan Menteri KLH Nomor KEP 51/MENKLH/10/1995 tentang *Baku Mutu Limbah cair bagi Kegiatan Industri*.

Nugrahini, P., T.M. Rizki Habibi dan A. Dwi Safitri, 2008, *Penentuan Parameter Kinetika Proses Anaerobik Campuran Limbah Cair Industri Menggunakan Reaktor UASB*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II, Universitas Lampung. 17-18 November 2008, ISBN : 978-979-1165-74-7: II 521 -532.

Speece R.E., 1996, *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters*, Archae Press, Vanderbilt University. England.

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 & teknologi, 35 (1), hal 19-31.

Syamsuddin., S, Purwati ., dan Rostika., 2007, *Pemanfaatan campuran limbah padat dengan lindi hitam industry pulp dan kertas sebagai bahan Biobriket*. Berita selulosa Vol 42, (2) hal. 67-74. Desember 2007, ISSN 0005 9145.