

Pengaruh Waktu Tinggal Hidrolik Terhadap Efisiensi Penyisihan Padatan dalam Limbah Cair Industri Sagu dengan Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap

Riki Rahmadhan¹⁾, Adrianto Ahmad²⁾, Ahmad Fadli²⁾

¹⁾ Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan, ²⁾ Dosen Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5, Pekanbaru Kode Pos 28293

E-mail: adri@unri.ac.id

ABSTRACT

Sagoo industries was produced wastewater with high concentration of solids that potentially causes environment problem's. One way to got lower concentration of solids with making use two-stage hybrid anaerobic bioreactor's with stone media. The purpose of this study was to remove and determine the highest solids removal efficiency in wastewater treatment sagoo. Two-stage hybrid anaerobic bioreactor in continuous process with working volumes 10 L was used in stage I and 20 L was used in stage II. The output from stage I was used as the input for stage II. The two-stage reactor was operated at a hydraulic retention time that varied from 2 days in stage I and 3,5 and 7 days in stage II. The results showed that highest of solids removal efficiency was obtained in the operation of hydraulic retention time 7 days. The value of TS (81,03%), TVS (72,92%), TSS (71,13%) and VSS (68,63%). Two-stage hybrid anaerobic bioreactors system exactly effective and efficient within to got lower concentration of solids in wastewater of sagoo industry's.

Keywords: anaerobic, continuous, hybrid bioreactor, hydraulic retention time, solid concentrations, two-stage, wastewater of sagoo industry.

1. PENDAHULUAN

Tanaman sagu (*Metroxylon sagu*) merupakan tanaman penghasil karbohidrat yang berasal dari batang. Potensi produksi tanaman sagu adalah yang paling tinggi dibandingkan dengan tanaman lainnya. Satu batang tanaman sagu dapat menghasilkan 200-400 kg pati/pohon [Bintoro dkk, 2013].

Selain dimanfaatkan sebagai bahan pangan, sagu juga menjadi bahan baku dalam bidang industri, sagu dapat dijadikan sebagai bahan perekat dan plastik. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya permintaan akan sagu. Sejalan dengan itu jumlah produksi sagu juga akan meningkat. Hal ini berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah limbah cair maupun padat yang dihasilkan.

Limbah cair sagu berasal dari air sisa ekstraksi tanaman sagu yang masih mengandung pati. Dalam proses menghasilkan 1 ton tepung sagu, dibutuhkan air sebanyak 20.000 liter dimana 94% air yang digunakan akan menjadi limbah cair [Amos, 2010].

Secara umum industri pengolahan sagu menghasilkan limbah cair mengandung padatan dalam jumlah banyak yang dapat menimbulkan gangguan atau pencemaran bila dibuang ke badan air. Padatan limbah cair pabrik sagu dapat berupa padatan organik dan anorganik. Padatan organik umumnya dapat didegradasi oleh mikroorganisme, sementara padatan anorganik sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, limbah

cair sagu ini perlu penanganan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air atau perairan [Ahmad dan Setiadi, 1993]. Salah satu karakteristik polutan dalam limbah cair sagu berupa padatan memiliki total tersuspensi senilai 3.76 gr/L yang melebihi kadar maksimum baku mutu limbah yang ditentukan oleh pemerintah Republik Indonesia melalui Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 tahun 1995 untuk TSS senilai 0,1 gr/L [Ahmad, 2009]. Apabila dibuang ke badan air dapat menurunkan kualitas air yang terakumulasi limbah cair sagu. Hal ini apabila berlangsung terus-menerus tanpa ada tindakan penanganan lebih lanjut akan berdampak buruk terhadap lingkungan.

Tindakan penanganan yang dapat dilakukan dengan cara melakukan pengolahan limbah cair sagu agar menurunkan konsentrasi polutan yang terkandung. Salah satunya dengan pengolahan limbah cair secara anaerob yang memiliki efisiensi pengolahan mencapai 95% serta produk sampingan berupa biogas dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif [Eckenfelder dkk, 1998]. Contoh pengolahan limbah cair secara anaerob yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap. Bioreaktor hibrid anaerob dua tahap merupakan dua buah bioreaktor yang disusun secara paralel dengan tiap bioreaktornya terdiri atas dua kompartemen yang berfungsi sebagai tempat komunitas bakteri anaerob tersuspensi dan tempat komunitas bakteri anaerob melekat.

Banu dkk [2007] telah melakukan penelitian pengolahan limbah cair pabrik pengolahan susu dengan menggunakan Reaktor HUASB (*Hybrid Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) dua tahap. Pada tahap pertama memiliki volume 5,6 L bermedia PUF (*Polyurethane foam*) cubes dan tahap kedua memiliki volume 5,9 L bermedia

PVC-cut rings. Diperoleh efisiensi penyisihan COD pada keadaan stabil sebesar 97-99% dengan laju pembebanan organik 10,7-19,2 kg COD m³/hari dengan waktu 215 hari. Hasil ini sudah cukup baik namun masih membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dengan menggunakan media batu. Demikian juga Febyanti [2010] telah melakukan penelitian menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu dalam pengolahan limbah cair industri minyak sawit skala pabrik, dan memperoleh efisiensi penyisihan padatan total tersuspensi (TSS) sebesar 51,66% dengan waktu tinggal hidrolis (WTH) 4 hari. Sementara itu Ardian [2015] menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu dalam mengolah limbah *sludge and paper* skala laboratorium, dan didapatkan efisiensi penyisihan TSS sebesar 68,85% dengan WTH 5 hari. Pada penelitian ini akan divariasikan waktu tinggal hidrolis umpan dan dengan menggunakan dua tahap. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan efisiensi penyisihan padatan yang lebih besar pada limbah cair sagu dalam waktu yang singkat namun tetap ekonomis.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan yang digunakan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair pabrik sagu CV. Harmonis yang terletak di Desa Belitung, Kecamatan Merbau, Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau yang digunakan sebagai substrat, mikroorganisme yang digunakan berasal dari ekstrak kotoran sapi, larutan garam jenuh, batu dan gas nitrogen.

2.2 Alat yang dipakai

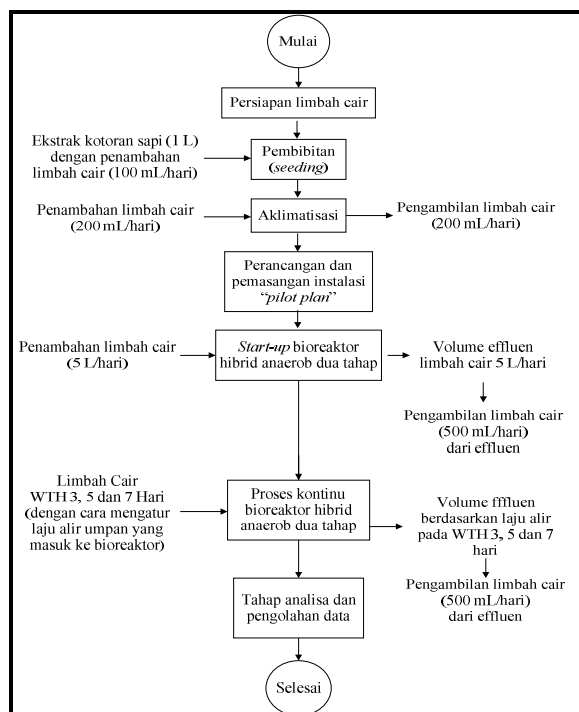
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioreaktor hibrid anaerob, pH meter, oven, desikator, leher angsa, erlenmeyer, gelas ukur, cawan porselen, pipet tetes, *sentrifuge*, pompa air, selang, timbangan analitik, furnace, tangki influen dan tangki effluen.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap yang dilakukan ialah: Volume kerja Bioreaktor tahap I sebesar 10 L serta laju alir umpan konstan 5 L/hari; suhu ruang 28 – 29 °C dan volume kerja bioreaktor tahap II sebesar 20 L. Sedangkan Variabel berubahnya ialah: waktu tinggal hidrolis pada bioreaktor tahap II yaitu 3,5 dan 7 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 cair dan di analisa karakteristik kandungan padatan limbah padatan.
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. Lumpur dari hasil saringan yang didapat kemudian dimasukkan ke dalam digester anaerobik sebanyak 1 L. Untuk mendapatkan 2 L lumpur yang mudah dicerna maka ditambahkan 100 ml limbah cair segar setiap hari. Penambahan ini dilakukan selama 10 hari. Setelah didapat volume lumpur sebesar 2 L selanjutnya dilakukan aklimatisasi.

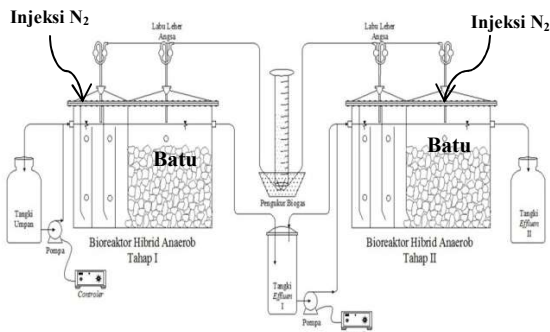
3. Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi bertujuan agar mikroorganisme dapat menyesuaikan diri dengan kondisi air buangan yang akan diolah. Aklimatisasi dilakukan dengan cara menambahkan 200 ml air buangan segar ke dalam digester sebanyak 200 ml. Aklimatisasi ini dilakukan hingga mencapai fluktuasi *Volatle Suspended Solid* (VSS) sebesar 10 %. Setelah selesai proses aklimatisasi, hasil dari akimatisasi dimasukkan ke dalam bioreaktor dan didiamkan selama 2 hari agar memberikan waktu untuk mikroorganisme membentuk *biofilm* pada media batu.

4. Perangkaian Alat

Penelitian ini menggunakan rangkaian alat dua buah bioreaktor hibrid anaerobik dapat dilihat pada gambar sebagai berikut terdiri dari tangki influen, pipa inlet, reaktor, leher angsa, pompa, tangki effluen, 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 HibridAnaerobik

5. Tahap *Start-Up*

Selama proses *start-up* limbah cair pabrik sagu ditambahkan sebagai umpan sebanyak 5 L/hari yang bertujuan untuk membentuk lapisan *biofilm*. Penetapan laju alir umpan 5 L/hari pada proses *start-up* diperoleh dari peneliti sebelumnya [Lestari, 2012]. Sampel hasil keluaran bioreaktor diambil setiap hari, dan dianalisa pH, temperatur dan alkalinitas serta asam volatilnya. Proses *start-up* dilakukan hingga tercapai keadaan tunak (*steady state*), yaitu ditandai dengan nilai fluktuasi COD sebesar 10%.

6. Tahap Kontinu

Bioreaktor diberikan pembebanan yang berbeda-beda dengan mengatur laju alir umpan yang berbeda-beda pula. Bioreaktor dioperasikan pada suhu ruang. Laju alir umpan yang diberikan pada bioreaktor tahap satu adalah 5 L/hari dan laju alir umpan yang diberikan pada bioreaktor tahap dua adalah 6,67 L/hari, 4 L/hari, dan 2.86 L/hari diatur berdasarkan variasi WTH. Proses operasional ini bertujuan untuk melihat pengaruh laju alir umpan berdasarkan WTH terhadap penyisihan padatan dalam pengolahan

limbah cair sagu. Setiap laju alir umpan yang diberikan, dilakukan pengambilan sampel pada tiap *effluent* bioreaktor sebanyak 500 ml untuk 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 padatan Limbah cair industri sagu, pengamatan pada tahap aklimatisasi dan pada tahap kontinu.

3.1 Hasil Karakteristik Limbah Cair Industri Sagu

Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair sagu dari Pabrik Sagu yang terletak di Desa Teluk Belitung, Kecamatan Merbau, Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau dengan karakteristik seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Sagu

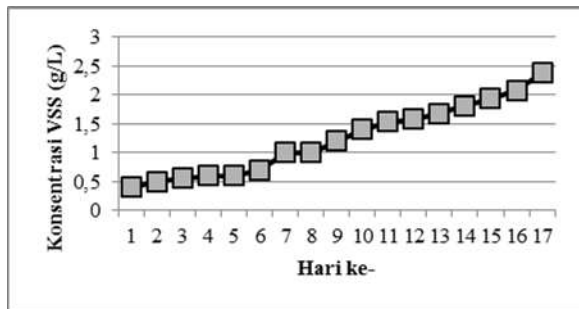
Parameter	Satuan	Nilai	BML
pH	-	5,1	6-9
TS	g/L	3,76	2-4
TVS	g/L	0,64	0,2-0,4
TSS	g/L	1,27	0,2-0,4
VSS	g/L	0,34	0,2-0,4

Sumber : Penelitian ini

*) KepMen LH No.KEP 51-/MENLH/10/1995

3.2 Pengamatan Tahap Aklimatisasi

Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap perubahan VSS sebagai biomassa. Berikut merupakan hubungan VSS terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan VSS terhadap Waktu

Gambar 3. Menunjukkan bahwa secara umum konsentrasi biomassa pada masing-masing Erlenmeyer mengalami peningkatan setiap harinya, dari hari pertama dengan rata-rata biomassa sebesar 0,4 gr/L mengalami peningkatan hingga hari ke-17 dengan rata-rata sebesar 2,382 gr/L. Peningkatan konsentrasi biomassa menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri cukup baik, hal ini menggambarkan bahwa bakteri yang ada di dalam bioreaktor mampu bertahan hidup, selanjutnya berkembang biak dan menyesuaikan diri dengan substratnya [Ahmad, 2004].

Tahap aklimatisasi ini dilakukan selama 17 hari. Selama tahap aklimatisasi kandungan padatan VSS dianalisa. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui tahap aklimatisasi telah mencapai kondisi tunak atau tidak [Ahmad, 2004].

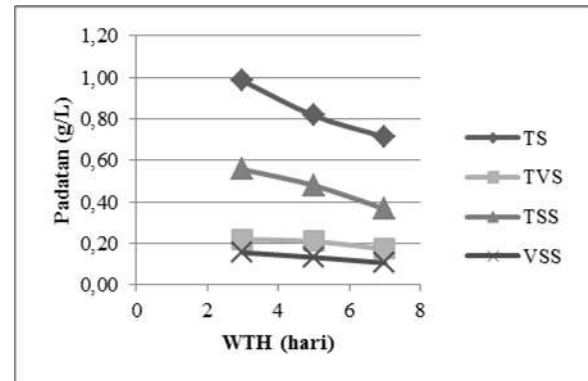
3.3 Pengamatan pada tahap Kontinu

Pada tahap kontinu dilakukan pengamatan terhadap perubahan konsentrasi padatan dan efisiensi penyisihan padatan terhadap waktu.

Tahap kontinu bioreaktor hibrid anaerob dilakukan dengan memvariasikan waktu tinggal hidrolis (WTH) 3, 5 dan 7 hari. Proses kontinu bioreaktor hibrid anaerob ini menggunakan media batu.

Proses kontinu secara keseluruhan berlangsung selama 28 hari, dimana pada masing-masing WTH 3 hari, 5 hari dan 7 hari mencapai kondisi tunak masing-masing selama 6 hari, 8 hari dan 14 hari. Berikut

merupakan Pengaruh konsentrasi padatan terhadap perubahan Waktu Tinggal Hidrolis pada Saat Tunak pada bioreaktor hibrid anaerob, ditampilkan pada Gambar 4.



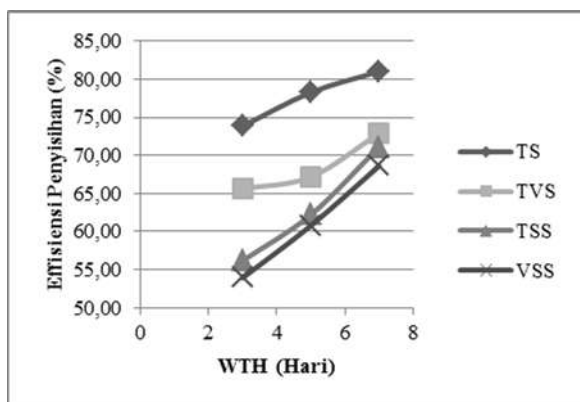
Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Padatan terhadap Waktu tinggal Hidrolis

Gambar 4. menunjukkan bahwa semakin panjang waktu tinggal hidrolis limbah cair dalam bioreaktor, maka penurunan konsentration padatan semakin besar. Penurunan konsentration padatan dikarenakan mikroorganisme anaerob dalam sistem memiliki waktu kontak yang lebih lama untuk melakukan proses biodegradasi substrat limbah cair. Konsentration TS, TVS, TSS dan VSS pada kondisi tunak (*steady state*) WTH 3 hari dengan nilai masing-masing yaitu 0,98 gr/L, 0,22 gr/L, 0,55 gr/L dan 0,15 gr/L. Pada kondisi tunak WTH 5 hari konsentration TS, TVS, TSS dan VSS masing-masing sebesar 0,81 gr/L, 0,21 gr/L, 0,48 gr/L dan 0,13 gr/L. Konsentration TS, TVS, TSS dan VSS pada kondisi tunak WTH 7 hari dengan nilai masing-masing sebesar 0,71 gr/L, 0,17 gr/L, 0,36 gr/L dan 0,1 gr/L.

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat bahwa penyisihan kandungan padatan terbesar adalah pada WTH 7 hari. Hal ini terjadi karena pada WTH 7, semakin lamanya waktu tinggal hidrolis umpan atau semakin rendahnya laju alir umpan dalam bioreaktor hibrid anaerob yang digunakan, maka penyisihan kandungan padatan dalam

limbah cair akan semakin meningkat. Dikarenakan waktu kontak antara mikroorganisme dengan limbah berlangsung lebih lama sehingga proses biodegradasi senyawa organik yang terdapat di dalam limbah berlangsung baik [Nugrahini dkk, 2008]. Selain itu, semakin tingginya laju alir akan semakin mempercepat waktu tinggal cairan dalam sistem, sehingga mikroorganisme hanya mendapatkan sedikit waktu untuk mendegradasi senyawa organik yang ada di dalam limbah [Syafila dkk, 2003].

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



Gambar 5. Pengaruh WTH terhadap Efisiensi Penyisihan Padatan

Berdasarkan Gambar 5. dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan konsentrasi padatan baik TS, TVS, TSS dan VSS, yang paling tinggi adalah dengan WTH 7 hari yaitu masing – masing sebesar 81,03%, 72,92%, 71,13% dan 68,63%. Selain itu dapat dilihat berdasarkan Gambar 10. peningkatan efisiensi terjadi seiring bertambahnya waktu tinggal pada reaktor, menunjukkan semakin lama limbah berada dalam sistem akibatnya kontak antar biomassa dengan substrat juga semakin lama dengan demikian proses degradasi biologis berlangsung semakin baik, sehingga efisiensi penurunan parameter-parameter pencemar organik (padatan total) juga

meningkat dan konsentrasi *effluent* yang dihasilkan juga semakin rendah [Husin, 2008 dan Munazah dkk, 2008].

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 Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap dengan Bioreaktor Anaerob lainnya

Jenis Bioreaktor	Limbah	Waktu Tinggal Hidrolis (Hari)	Efisiensi Penyisihan (%)			Pustaka
			TS	TSS	COD	
HUASB dua tahap bermedia PVC rings dan PUF cubes	Pengolahan susu	-	63,7	-	99	Banu, dkk [2007]
Bioreaktor Hibrid anaerob bermedia batu	Minyak sawit	4	23,49	51,66	-	Febyanti [2010]
Bioreaktor Hibrid anaerob bermedia batu	Limbah sludge and paper	5	44,03	68,85	-	Ardian [2015]
Bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu	Industri sagu	7	81,03	71,13	-	Penelitian ini [2015]

5. KESIMPULAN DAN SARAN

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

1. Kondisi optimum proses penyisihan padatan limbah cair pabrik sagu menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu dihasilkan nilai tertinggi pada WTH 7 hari dengan konsentrasi TS sebesar 0,71 g/L, TSS sebesar 0,37 g/L, TVS

sebesar 0,17 g/L dan VSS sebesar 0,11 g/L.

2. Semakin lama waktu tinggal hidrolik yang diberikan, maka efisiensi penyisihan padatan akan semakin besar.
3. Efisiensi penyisihan konsentrasi padatan terbesar dicapai pada WTH 7 hari dengan nilai TS sebesar 81,03%, TSS sebesar 71,13% dan TVS sebesar 72,92%.
4. Kehilangan biomassa menurun seiring lamanya waktu tinggal hidrolik umpan dalam bioreaktor yaitu sebesar 0,11 g/L pada WTH 7 hari.
5. Kinerja bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dalam pengolahan limbah cair industri sagu sudah cukup baik, dalam menurunkan parameter kandungan padatan.

Beberapa hal yang disarankan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi waktu tinggal hidrolik yang berbeda dalam pengolahan limbah cair dengan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap untuk penelitian selanjutnya.
2. Perlu dilakukan pengolahan limbah cair sagu dengan media imobilisasi yang berbeda sehingga didapatkan perbandingan media mana yang lebih baik dalam menyisihkan padatan limbah cair sagu dengan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A. (2004). Studi Komparatif Sumber dan Proses Aklimatisasi Bakteri Anaerob pada Limbah Cair yang Mengandung Karbohidrat, Protein dan Minyak-Lemak. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(1), 1-10.

Ahmad, A. (2009). *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Limbah Cair*. Diklat Kuliah, Pekanbaru: UR.

APHA, AWWA dan WCPF. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: American Public Health Association.

Amos. (2010). Dampak Limbah Pengolahan Sagu Skala Kecil Terhadap Mutu Air Anak Sungai di Kelurahan Cibuluh Bogor. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 12(5), 29-31.

Ardian, Siti. (2015). Pengaruh Waktu Tinggal Hidrolik Terhadap Penyisihan Padatan Pada Pengolahan *Sludge Ipal Pulp And Paper* Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerobik. *JOM Universitas Riau*, 2(2), 1-8.

Bintoro, M. H., S. Amarilis, R. K. Dewi dan D. Ahyuni. (2013). *Sagu Mutiara Hijau Khatulistiwa yang Dilupakan*. Bogor: Digreat Publishing.

Banu, J. R., Kaliappan, S. dan Yeom, I. T. (2007). Two-Stage Anaerobic Treatment of Dairy Wastewater Using HUASB with PUF and PVC Carrier. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 12 (1), 257-264.

Febyanti, A. (2010). *Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Batu*. Skripsi, Program Studi Teknik Kimia UNRI: Pekanbaru.

Keputusan Kementrian Lingkungan Hidup. Nomor KEP 51/MENKLH/10/1995 tentang *Baku Mutu Limbah cair bagi Kegiatan Industri*.

- Lestari, Y. F. (2012) *Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap pH dan Alkalinitas Limbah Cair Sagu dalam Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Batu pada Kondisi Tunak. Skripsi*, Program Studi Teknik Kimia UNRI: Pekanbaru
- Nugrahini, P., Habibi, T. M. R. dan Safitri, A. D. (2008). Penentuan Parameter Kinetika Proses Anaerobik Campuran Limbah Cair Pabrik Menggunakan Reaktor UASB. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II*. <http://www.scribd.com/doc/39177121/53>, Diakses pada tanggal 17 Oktober 2011.
- Syafila, M., Djajadiningrat, A. H. dan Handajani, M. (2003). Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu untuk Pengolahan Air Buangan yang Mengandung Molase. *Prosiding Sains dan teknologi*, 35(1), 19-31.