

Efisiensi Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Limbah Cair Pabrik Sagu Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob Pada Kondisi Tunak Dengan Variabel Laju Pembebanan Organik

Yatri lestyana kusuma, Adrianto Ahmad, Yelmida

Laboratorium Rekayasa Bioproses, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
adriantounri@gmail.com

Abstrak

Meranti Islands producing sago 450.000 tons / year. In producing one ton of sago need 20.000 liters of water, so the water can be estimated in need 9 million kl of water / year, of which 94% of the water would be liquid waste, so the wastewater generated in the production of sago approximately 8.46 million kl of water / year or 23.000 kl of water / day. Liquid waste has a high concentration of COD, this causes the dissolved oxygen content in the water is low. One way to lower the COD concentration by using hybrid anaerobic bioreactor. The purpose of this research is to set aside a COD removal efficiency of COD and determine optimal treatment of sago wastewater on the conditions of steady state. Volume hybrid bioreactor used in this study is equal to 10 L with dimensions of length 40 cm, width 26 cm, height 24 cm. Do variations in organic loading rate is 12.5 kgCOD/m³day a flow rate of 2.5 L / day; 16.7 kgCOD/m³ day a flow rate of 3.3 L / day, 25 kgCOD/m³day a flow rate of 5 L / day; 50 kgCOD/m³day with a flow rate of 10 L / day. Each organic loading rate operated until steady state is obtained based on the data of COD. The results showed that the COD removal efficiency obtained at the operation site organic loading rate of 12.5 kgCOD/m³day by 90%. Thus, the design of hybrid anaerobic bioreactor system mediated stones can be realized to create a technology that is used to treat waste effectively and efficiently.

Keywords: anaerobic hybrid bioreactor, COD, sago wastewater.

1. Pendahuluan

Kabupaten Kepulauan Meranti menjadi daerah penghasil sagu terbesar bukan hanya di Indonesia tetapi juga menempati urutan ketiga daerah penghasil sagu di dunia. Produksi sagu di kabupaten Kepulauan Meranti dapat mencapai 450.000 ton/tahun [Riau Pos, 2012]. Dalam memproduksi tepung sagu dibutuhkan 20.000 liter air per ton sagu [Banu dkk, 2006], jadi dapat diperkirakan air yang dibutuhkan 9.000.000 kl air/tahun, yang mana 94 % air tersebut akan menjadi limbah cair [Awi-Adeni dkk, 2010], sehingga limbah cair yang dihasilkan dalam produksi sagu sekitar 8.460.000 kl air/tahun atau 23000 kl air/hari. Limbah cair dari pengolahan sagu yang mengandung COD dengan konsentrasi tinggi menyebabkan kandungan oksigen terlarut di dalam air menjadi rendah, bahkan habis sama sekali. Oleh karena itu untuk menghindari dampak negatif ini perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu terhadap limbah cair sagu sebelum dibuang ke perairan. Pengolahan secara biologi merupakan salah satu alternatif usaha untuk menanggulangi limbah cair pengolahan sagu.

Banu dkk (2006) telah melakukan penelitian limbah cair sagu di Talimandu, India Selatan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia plastik *ring* dengan volume 5,9 L yang dioperasikan dengan laju pembebanan organik 10,4-24,6 kg COD/m³hari. Dari Penelitian ini didapatkan efisiensi penyisihan COD terbesar pada laju beban organik 10,4 kg COD/m³hari sebesar 91 %. Ahmad dkk (2011) juga telah melakukan pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia cangkang sawit. Efisiensi penyisihan COD terbesar diperoleh pada pengoperasian beban organik 12 kgCOD/m³hari dengan waktu tinggal hidrolis (WTH) 5 hari sebesar 90,2 %. Sementara itu Firdha dkk (2011) melakukan pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu efisiensi penyisihan COD terbesar diperoleh pada pengoperasian beban organik 12 kgCOD/m³hari dengan waktu tinggal hidrolis (WTH) 4 hari sebesar 90 %.

Hasil penelitian Banu dkk (2006) telah didapatkan efisiensi penyisihan COD sebesar 91 %

tetapi menggunakan media yang cukup mahal yaitu *plastic ring*, sedangkan hasil penelitian Firdha dkk (2011) menggunakan media batu didapatkan efisiensi penyisihan COD yang tidak jauh berbeda yaitu 90 %. Oleh karena itu pada penelitian ini akan digunakan media batu sebagai media melekat bioreaktor hibrid anaerob yang diharapkan dapat menyisihkan kadar COD limbah cair yang sama dengan Banu dkk (2006) yaitu limbah cair sagu tetapi menggunakan media batu yang lebih murah dari *plastic ring*. Selain itu batu

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang diuraikan dibawah ini mencakup karakteristik limbah cair, instalasi bioreaktor hibrid anaerob, kalibrasi pompa dan proses kontinu bioreaktor hibrid anaerob.

2.1 Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair sagu dari Pabrik Siberida Wahana Sejahtera Desa Lalang Tanjung Kecamatan Tebing Tinggi Kabupaten Kepulauan Meranti dengan karakteristik seperti ditampilkan pada Tabel 1.

digunakan karena memenuhi persyaratan sebagai media melekatnya mikroorganisme yaitu bahan yang memiliki tingkat kekasaran yang cukup baik, kuat terhadap tekanan, porositas yang besar, murah dan mudah didapat [Syafila dkk, 2003] .

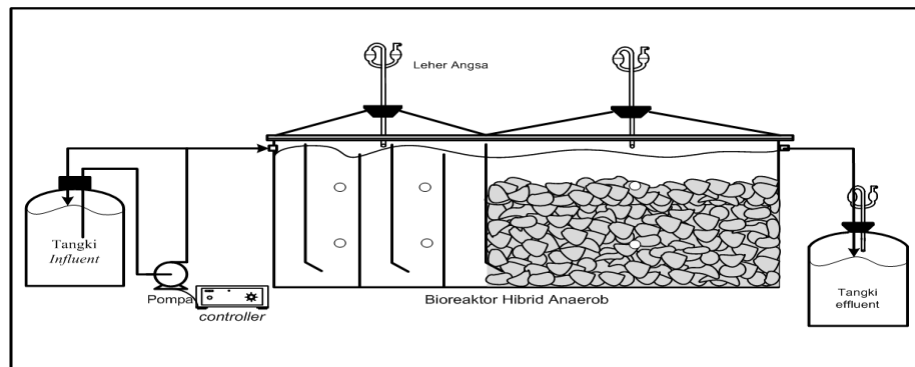
Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi penyisihan COD optimal pengolahan limbah cair sagu menggunakan bioreaktor hibrid anaerob pada kondisi tunak dengan variabel laju pembebanan organik.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Sagu

Parameter	Satuan	Nilai	BML
pH	-	5,6	6-9
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	mg/L	50000	100 – 300

2.2 Instalasi Alat Pengolahan Limbah Cair Sagu

Alat utama yang digunakan pada penelitian ini adalah bioreaktor hibrid anaerob (menyatukan sistem tersuspensi dan melekat) agar biomassa yang dihasilkan sedikit. Rangkaian alat bioreaktor hibrid anaerob yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Rangkaian peralatan pengolahan limbah menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu

Bioreaktor hibrid anaerob yang terbuat dari bahan *flexiglass* dan mempunyai ukuran sebagai berikut:

Tebal reaktor	: 0,5 cm
Tinggi kolom	: 24 cm
Tinggi sekat	: 19 cm
Lebar kolom	: 26 cm
Panjang kolom	: 40 cm
Volume Kerja	: 10L

Dari Gambar 1. dapat dilihat bahwa batu dimasukkan ke dalam bagian yang tidak bersekat dengan ketebalan $\frac{3}{4}$ dari tinggi cairan. Pada bagian tersuspensi dimasukkan kultur campuran yang telah diaklimatisasi, sedangkan bagian yang melekat dimasukkan kultur campuran sehingga volume reaktor efektif cairan 10 L. Kemudian diinjeksikan gas nitrogen ke dalam sistem yang bertujuan untuk menghilangkan oksigen terlarut dalam cairan. Reaktor dидiamkan selama 3 hari untuk mengendapkan biomassa dari kultur

campuran, selanjutnya dialirkan umpan dengan laju alir 2 L/hari dan diresirkulasi. Pola aliran mengikuti rezim di dalam sistem bioreaktor hibrid anaerob.

Limbah cair sagu yang akan diolah, dimasukkan ke dalam tangki umpan. Dengan menggunakan pompa, limbah cair dialirkan ke dalam tangki dengan mengontrol bukaan *valve* sesuai dengan laju alir yang diinginkan. Aliran limbah cair sagu di dalam bioreaktor adalah turun dan naik mengikuti sekat yang ada di dalam bioreaktor dan akhirnya aliran akan keluar menuju tangki *effluent*.

2.3 Kalibrasi pompa

Kalibrasi pompa bertujuan untuk mengatur laju alir limbah cair sagu yang dialirkan secara kontinu agar mencapai laju pembebanan organik yang diinginkan. Tangki umpan diisi dengan air. Pompa dihidupkan dengan mengontrol kecepatan dimulai dari angka 1. Air

yang keluar ditampung dengan gelas ukur pada periode waktu tertentu untuk menentukan laju alir. Dilakukan langkah yang sama untuk mengatur laju alir sampel.

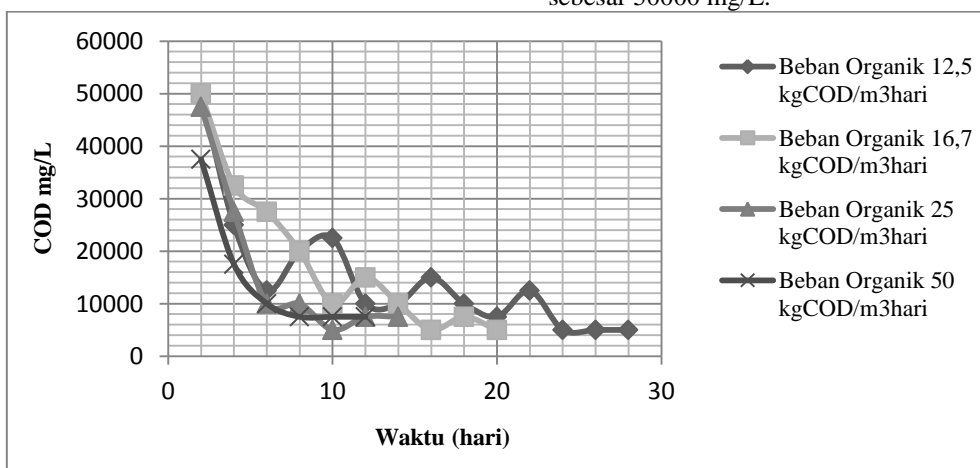
2.4 Proses Kontinu Bioreaktor Hibrid Anaerob

Setelah keadaan tunak tercapai, selanjutnya bioreaktor dikondisikan pada kondisi lingkungan mikroorganisme dengan mengubah laju beban organik. Proses kontinu ini bertujuan untuk melihat pengaruh laju beban organik terhadap waktu serta kemampuan bioreaktor dalam mengolah limbah cair. Setiap laju beban organik yang diberikan, dilakukan *sampling* efluen bioreaktor sebanyak 500 mL setiap dua hari. Parameter yang diamati antara lain nilai COD.

3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil pengamatan dan analisa selama tahap kontinu pada bioreaktor hibrid anaerob dengan variasi laju pembebanan organik yang ditampilkan dengan melihat hubungan antara nilai COD beserta persentase efisiensi penyisihannya ditampilkan dalam bentuk grafik pada kondisi transien dan kondisi tunak.

3.1 Kondisi Transien



Gambar 2 Hubungan Waktu Pada masing – masing beban organik terhadap nilai COD Pada tahap kontinu

Gambar 2. menunjukkan bahwa hubungan nilai COD pada tahap kontinu terhadap waktu pada masing-masing beban organik memiliki kecenderungan menurun. Pada beban organik 12,5 kgCOD/m³hari nilai COD mengalami penurunan sampai keadaan tunak sebesar 5000 mg/L dengan waktu 28 hari. Pada beban organik 16,7 kgCOD/m³hari nilai COD mengalami penurunan sampai keadaan tunak sebesar 5833 mg/L dengan waktu 20 hari. Pada beban organik 25 kgCOD/m³hari nilai COD mengalami penurunan sampai keadaan tunak sebesar 6666 mg/L dengan waktu 14 hari. Sedangkan pada beban organik 50 kgCOD/m³hari nilai COD mengalami penurunan sampai keadaan tunak sebesar 7500 mg/L dengan waktu 12 hari. Penurunan nilai COD tidak terlalu jauh berbeda jauh setiap beban organiknya, nilai tertinggi didapat pada beban organik 12,5 kgCOD/m³hari.

Kondisi transien adalah kondisi awal yang terjadi sampai saat terakhir ketika konsentrasi COD relatif konstan. Dilakukan perhitungan nilai COD selama kondisi transien untuk setiap laju pembebanan organik. Berikut akan dibahas kondisi transien untuk masing-masing laju pembebanan organik.

3.1.1 Nilai COD pada periode transien terhadap masing – masing beban organik.

Chemical oxygen demand (COD) digunakan untuk menyatakan banyaknya oksigen yang digunakan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi menggunakan kalium dikromat (K₂Cr₂O₇) dalam kondisi asam (Metcalf dan Eddy, 2003).

Nilai COD selama masa kontinu dengan masing – masing beban organik menunjukkan bahwa nilai COD cenderung menurun dan berfluktuasi (lihat Gambar 2). Peningkatan beban organik yang besar terhadap bioreaktor dapat mempengaruhi konsentrasi COD di dalam sistem secara signifikan. Hal ini dapat terjadi karena peningkatan beban organik menimbulkan peningkatan kandungan/senyawa-senyawa organik yang terukur sebagai COD yang ada dalam limbah cair (Ahmad dkk, 2011), sedangkan limbah cair yang diumpungkan mengandung konsentrasi yang tinggi sebesar 50000 mg/L.

Sementara itu Ahmad dkk (2011) telah melakukan penelitian menggunakan limbah cair pabrik kelapa sawit bermedia cangkang sawit menunjukkan bahwa nilai tertinggi didapatkan pada beban organik 12 kgCOD/m³hari (WTH 5 hari) nilai COD mengalami penurunan sampai keadaan tunak sebesar 5833 mg/L dengan waktu 13 hari. Hal yang lain didapat dari Banu dkk (2006) dalam penelitiannya menggunakan limbah cair sagu sintetik bermedia *plastic ring* menunjukkan bahwa pada laju pembebanan organik 10,4 kg COD/m³hari menyisihkan COD sekitar 2,1 kg COD/m³hari dengan waktu 121 hari. Sementara itu, Firdha dkk (2010) telah melakukan penelitian menggunakan limbah cair pabrik kelapa sawit bermedia batu diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa nilai tertinggi didapatkan pada WTH 4 hari nilai COD

mengalami penurunan sampai keadaan tunak sebesar 5000 mg/L dengan waktu 7 hari.

3.2 Kondisi Tunak / Steady State

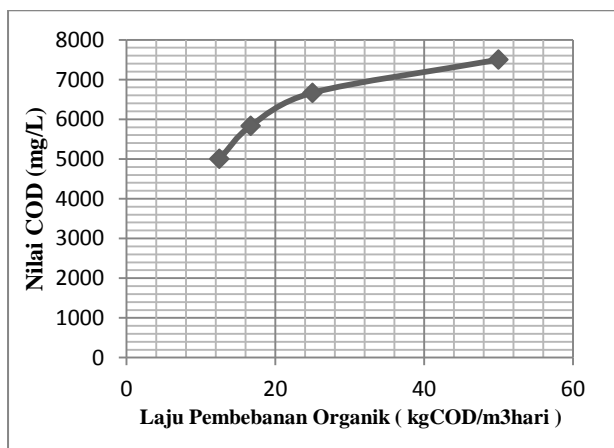
Kondisi Tunak / steady state merupakan kondisi dimana telah tercapainya nilai COD yang konstan. Nilai

Tabel 2 Analisis Kondisi Tunak COD Efluen dan Penyisihan COD Pada Masing – masing Laju Pembebanan Organik.

Parameter	Satuan	Laju Pembebanan Organik (kgCOD/m ³ hari)			
		12,5	16,7	25	50
COD Efluen	mg/L	5000	5833	6666	7500
Penyisihan COD	mg/L	45000	44167	40834	30000
% Efisiensi Penyisihan COD	-	90	88	86	80

3.2.1 Pengaruh Laju Pembebanan Organik terhadap Nilai COD Pada Kondisi Tunak

Nilai COD pada laju pembebanan organik 12,5; 16,7; 25 dan 50 kgCOD/m³hari dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Pengaruh Laju Pembebanan Organik Terhadap Nilai COD

Gambar 3. menunjukkan bahwa pengaruh laju pembebanan organik terhadap nilai COD. Nilai COD paling rendah didapatkan pada beban organik 12,5 kgCOD/m³hari (WTH 4 hari), nilai ini menandakan

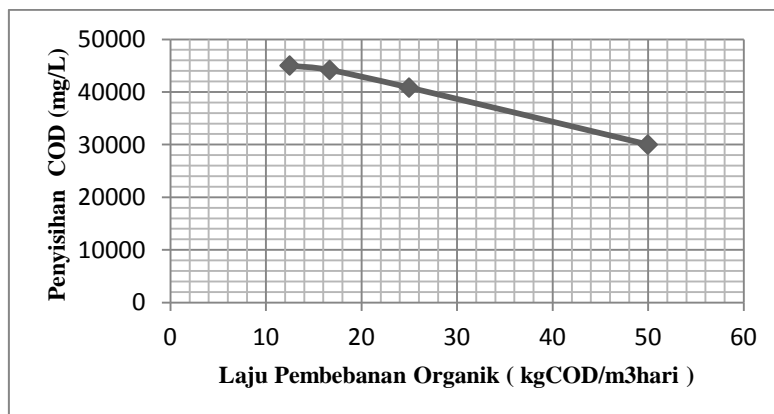
COD yang konstan menunjukkan bahwa mikroorganisme anaerob telah sampai pada kemampuan optimumnya pada laju pembebanan tertentu dalam menurunkan nilai COD [Widjaja dkk, 2008].

Analisis kondisi tunak masing – masing beban organik dapat dilihat pada tabel 2 .

bahwa zat – zat organik yang ada didalam limbah hampir seluruhnya dapat didegradasi oleh mikroorganisme yang bekerja di dalam bioreaktor hibrid anaerob. Makin lama waktu tinggal akan memberikan waktu kontak antara bahan organik yang terdapat dalam limbah cair dengan mikroorganisme juga semakin lama sehingga degradasi senyawa organik (penurunan COD) menjadi paling besar (Ambar dkk, 2004). Hal yang lain didapat dari Syafila dkk (2003) dalam penelitiannya menggunakan air buangan mengandung molase diperoleh nilai COD yang terendah pada konsentrasi 10000 mg/L. Sementara itu Ahmad dkk melakukan penelitian menggunakan limbah cair pabrik kelapa sawit bermedia cangkang sawit memperoleh nilai COD paling rendah didapatkan pada beban organik 12 kgCOD/m³hari (WTH 5 hari). Sedangkan Firdha dkk (2010) melakukan penelitian menggunakan limbah cair pabrik kelapa sawit bermedia batu diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa nilai COD yang menurun pada WTH 4 hari lebih tinggi dibandingkan pada WTH lainnya.

3.2.2 Pengaruh Beban Organik Terhadap Penyisihan COD Pada Kondisi Tunak

Hubungan laju pembebanan organik dalam penyisihan COD limbah cair pabrik sagu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Laju Pembebanan Organik Terhadap Penyisihan COD

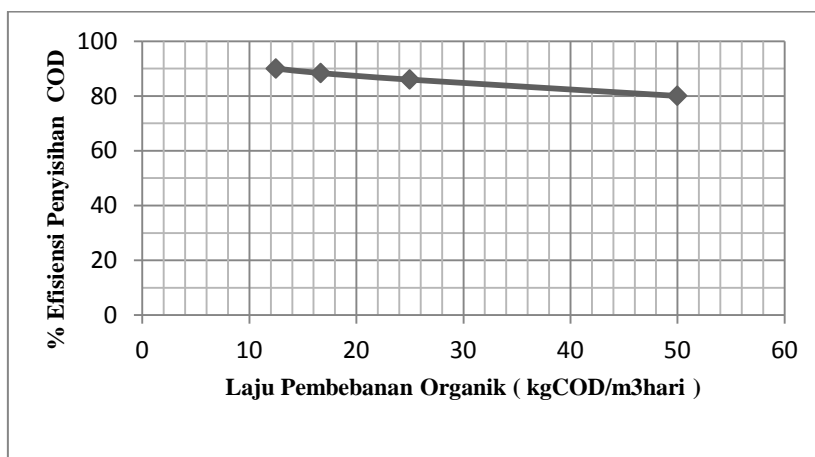
Gambar 4. menunjukkan bahwa penyisihan COD secara umum menurun dengan menurunnya laju pembebanan organik. Penurunan COD menunjukkan bahwa mikroorganismenya bekerja dengan baik sehingga proses dapat berlangsung karena dapat mendegradasi/menyisihkan senyawa-senyawa organik di dalam limbah cair. Pada laju pembebanan organik 50 kgCOD/m³hari didapatkan penyisihan COD sebesar 30 kgCOD/m³hari, pada pembebanan organik 25 kgCOD/m³hari didapatkan penyisihan COD sebesar 20,4 kgCOD/m³hari, pada pembebanan organik 16,7 kgCOD/m³hari didapatkan penyisihan COD sebesar 14,57 kgCOD/m³hari, pada pembebanan organik 12,5 kgCOD/m³hari didapatkan penyisihan COD sebesar 11,25 kgCOD/m³hari. Hal ini dapat dimengerti karena

dengan semakin tinggi pembebanan organik berarti semakin banyak bahan organik yang diberikan dengan sendirinya semakin banyak yang dapat disisihkan (Ahmad, 2001).

Disamping itu Ahmad dkk (2011) telah melakukan penelitian menggunakan limbah cair pabrik kelapa sawit bermedia cangkang sawit diperoleh hasil pada pembebanan organik 12 kgCOD/m³hari didapatkan penyisihan COD sebesar 10,833 kgCOD/m³hari.

3.2.3 Pengaruh Beban Organik Terhadap Efisiensi Penyisihan COD Pada Kondisi Tunak

Besarnya efisiensi penyisihan COD dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Pengaruh Laju Pembebanan Organik Terhadap % Efisiensi Penyisihan COD

Data percobaan yang menunjukkan bahwa nilai sudah relatif konstan menandakan bahwa keadaan tunak (steady state) telah tercapai. Kemampuan bioreaktor dalam menurunkan nilai COD dapat dilihat dengan efisiensi penyisihan COD pada setiap pengoperasian laju beban organik. Pada laju pembebanan organik 50 kgCOD/m³hari didapatkan efisiensi penyisihan COD sebesar 80 %, pada pembebanan organik 25 kgCOD/m³hari didapatkan efisiensi penyisihan COD sebesar 85,96 %, pada pembebanan organik 16,7 kgCOD/m³hari didapatkan efisiensi penyisihan COD sebesar 88,3 % dan efisiensi penyisihan COD terbesar diperoleh pada pengoperasian beban organik 12,5 kgCOD/m³hari sebesar 90 %. Hubungan ini menunjukkan bahwa semakin kecil beban organik maka proses biodegradasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam limbah cair berlangsung dengan baik karena kontak antara mikroorganismenya dengan limbah cair sebagai substratnya cukup lama.

Hal yang lain didapat dari Syafila dkk (2003) dalam penelitiannya pengolahan air buangan yang mengandung molase menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu diperoleh efisiensi penyisihan COD terbesar pada untuk konsentrasi 10.000mg/L adalah 55%. Sedangkan Ahmad dkk (2011) melakukan pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan

bioreaktor hibrid anaerob bermedia cangkang sawit efisiensi penyisihan COD terbesar diperoleh pada pengoperasian beban organik 12 kgCOD/m³hari dengan waktu tinggal hidrolis (WTH) 5 hari sebesar 90,2 %. Banu dkk (2006) melakukan penelitian limbah cair sugu sintetik di Talimandu, India Selatan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia plastik *ring* dengan volume 5,9 L yang didapatkan efisiensi penyisihan COD terbesar pada laju beban organik 10,4 kg COD/m³hari sebesar 91 %. Sementara itu, Firdha dkk (2011) melakukan pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu efisiensi penyisihan COD terbesar diperoleh pada pengoperasian beban organik 12 kgCOD/m³hari dengan waktu tinggal hidrolis (WTH) 4 hari sebesar 90 %.

3.2.4 Studi Komparatif Efisiensi Penyisihan COD Limbah Cair Pabrik Sagu Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob.

Studi komparatif ditinjau dengan membandingkan hasil efisiensi penyisihan COD terbaik dengan menggunakan bioreaktor yang sama yakni hibrid anaerob namun berbeda media melekat dan substratnya. Perbandingan efisiensi penyisihan COD disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Efisiensi Penyisihan COD Bioreaktor Hibrid Anaerob Dengan Media Imobilisasi Lainnya.

Media Imobilisasi	Limbah Cair	Laju pembebanan organik (kgCOD/m ³ hari)	Efisiensi penyisihan COD (%)	Pustaka
Cangkang sawit	Sawit	12	90,2	Ahmad dkk (2011)
Plastic ring	Sagu Sintetik	10,4	91	Banu dkk (2006)
Batu	Sawit	12	90	Firdha dkk (2010)
Batu	Sagu	12,5	90	Penelitian Ini

Tabel 3. menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD pada penelitian ini tidak jauh berbeda secara signifikan. Pada penelitian ini dihasilkan efisiensi mencapai 90 % pada laju pembebanan 12,5 kgCOD/m³hari yang membuktikan bahwa limbah cair sagu dapat diolah menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu. Dibandingkan dengan penelitian – penelitian sebelumnya penelitian ini lebih ekonomis dan memiliki waktu yang lebih singkat. Bila dibandingkan dengan Banu dkk (2006) yang mengolah limbah sagu sintetik dengan laju pembebanan 10,4 kgCOD/m³hari, penelitian ini lebih baik karena mengolah limbah cair sagu dari pabrik yang mengandung nilai COD awal lebih tinggi yang laju pembebanan organiknya lebih besar yaitu 12,5 kgCOD/m³hari dengan COD efluen terendahnya 5000 mg/l.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Penyisihan COD limbah cair pabrik sagu menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu dihasilkan nilai tertinggi pada laju pembebanan organik 12,5 kgCOD/m³hari sebesar 45000 mg/L .
2. Nilai efluen terendah sebesar 5000 mg/L pada laju pembebanan organik 12,5 kgCOD/m³hari dengan waktu selama 28 hari.
3. Efisiensi penyisihan COD tertinggi didapatkan pada laju pembebanan organik 12,5 kgCOD/m³hari yaitu sebesar 90 %.

5. Saran

Beberapa hal yang disarankan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Perlu dilakukan penambahan jumlah variasi laju pembebanan organik untuk penelitian selanjutnya.
2. Perlu dilakukan identifikasi bakteri yang terlibat selama proses penyisihan COD.

Daftar Pustaka

- Ahmad,A.. 2001, Biodegradasi Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit Dalam Sistem Pembangkit Biogas Anaerob, *Disertasi*, Program Pascasarjana ITB, Bandung.
- Ahmad, A., M, Atikalidia., dan Syarfi., 2011, Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit,*Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”*,ISSN 1693 – 4393.
- Ambar, H., Sumarno, dan Sutrisnanto. 2004. *Uji Kinerja Pengolahan Limbah Cair Industri Partikel Board Secara Aerobik*. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2004 ISSN : 1411-4216. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Awg-Adeni, D.S., S Abd-Aziz, K, Bujang dan M.A Hassan, 2010, *Bioconversion of Sago Residue Into Value Added Product*, *African journal of Biotechnology*, Vol 9 (14) , Hal 2006 - 2012
- Banu, J., R, S, Kaliappan., dan D Beck, 2006, *Treatment of Sago Wastewater Using Hybrid Anaerobic Reactor*, *Water Qual. Res. J*, 1(41), 56 – 62.
- Firdha, I., 2010, Penentuan waktu tinggal hidrolis terhadap penyisihan COD limbah cair pabrik minyak sawit dengan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu, Skripsi, Universitas Riau, Riau.
- Metcalf and Eddy Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F., Stensel, H.D. (2003), *Wastewater engineering treatment and reuse*, McGraw-Hill Companies, New York.
- Riaupos, 2012, Meranti Penghasil Sagu Terbesar Ketiga di Dunia, <http://www.riapos.com>, 28 Januari 2012.
- Syafila, M, A, D., dan M Handajani., 2003, *Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu untuk Pengolahan Air Buangan yang Mengandung Molase*, Prosiding ITB Sains & Teknologi Vol 35 A, No.1, 19-31.
- Widjaja, T., A. Altway, P. Prameswarhi, dan F. S. Wattimena. 2008. *Pengaruh HRT dan Beban COD Terhadap Pembentukan Gas Metan pada Proses Anaerobic Digestion Menggunakan Limbah Padat Tepung Tapioka*. Institut Teknologi Surabaya. Surabaya.