

UJI KINERJA BIOREAKTOR HIBRID ANAEROB DUA TAHAP PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI SAGU DENGAN VARIABEL BEBAN KEJUT (*SHOCK LOADING*)

Apriadi Rio¹⁾, Adrianto Ahmad²⁾, Amun Amri²⁾

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

The wider the area of sago palm in Indonesia, the more rapid development of the industry in increasing the production of sago. Industrial production sago produce wastewater with high organic matter content, if discharged directly into the water body will continually degrade water quality and environmental pollution. Thus, needs to be processed with a technology prior to disposal, wastewater treatment technology is a two-stage anaerobic bioreactor hybrid. The purpose of this study is to test the stability and performance of the two-stage anaerobic bioreactor hybrid stone in anticipation of media change suddenly arriving feed flow rate due to the increasing production of sago industry. Hybrid anaerobic bioreactor working volume of two stages used in this study was 10 L in the first bioreactor and 20 L in the second bioreactor. Operation was carried out by giving a shock loads increasing the feed flow rate suddenly by 50%, 100% and 150% for 6 hours in the first bioreactor, and then returned to the first bioreactor flow rate was 5 L/day. The results showed that the two-stage anaerobic hybrid bioreactor stone mediated able to anticipate fluctuations in the production of industrial wastewater discharge sago with the feed flow rate suddenly by 50%, 100% and 150% indicates that the system recovery time of two stage anaerobic bioreactor hybrid was faster with a span of 5 to 6 days. The highest COD removal occurred at shock loads of 100% of 3.750 mg/L.

Keywords: Anaerobic , COD Hybrid Anaerobic Bioreactor, Sago Wastewater, Shock Loading, Two Stage.

1. PENDAHULUAN

Sagu merupakan tanaman asli Indonesia. Lebih dari 95% tanaman sagu tersebar di Indonesia [Djoefrie, 2013]. Luas lahan sagu terbesar di dunia terdapat di Indonesia yaitu sekitar 2.201.000 ha [Papilaya, 2009]. Daerah potensial penghasil sagu di Indonesia meliputi Irian Jaya (Papua), Riau, Maluku, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara [Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2010]. Luas area perkebunan sagu di Provinsi Riau pada tahun 2013 seluas 83.256 ha dengan produksi sagu sebesar 126.145 ton. Salah satu kabupaten yang menghasilkan produksi sagu terbesar di Provinsi Riau yaitu

Kabupaten Kepulauan Meranti. [Data Dinas Perkebunan Provinsi Riau, 2014]. Semakin luas area tanaman sagu di Indonesia, maka semakin pesat perkembangan industri sagu. Pesatnya perkembangan industri pengolahan sagu menyebabkan peningkatan limbah sagu semakin meningkat, salah satunya limbah cair sagu. Rata-rata, pembuangan dari limbah cair industri sagu yang dihasilkan langsung dibuang ke badan perairan atau sekitar industri. Limbah cair yang dihasilkan dari pencucian unit pengolah endapan tepung sagu ini apabila tidak diolah akan berdampak terhadap pencemaran lingkungan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan

pengolahan limbah cair industri sagu sebelum limbah cair tersebut langsung dibuang ke badan perairan.

Dalam memproduksi tepung sagu dibutuhkan 20.000 liter air per ton sagu, yang mana 94 % air tersebut akan menjadi limbah cair, sehingga sekitar 19.000 kL limbah cair sagu yang dihasilkan per ton sagu [Banu dkk, 2006]. Limbah cair sagu mengandung bahan senyawa organik yang berkisar 50.000 mg/L [Kusuma, 2012], sedangkan nilai baku mutu ditetapkan oleh pemerintah melalui Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : Kep-51/MENLH/10/1995 adalah 300 mg/L untuk COD. Jika limbah cair yang memiliki kandungan bahan organik yang tinggi di buang ke badan perairan (air sungai, laut, danau) maka akan menurunkan kualitas perairan, salah satunya menyebabkan kurangnya proses kehidupan perkembangbiakan di berbagai jenis biota baik itu dipermukaan air maupun dibawah air [Ahmad, 1992].

Penanganan limbah cair industri sagu dapat dilakukan pada pengolahan limbah cair secara biologi dengan tujuan untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan senyawa organik atau anorganik di dalam suatu limbah cair industri dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme [Ahmad, 1994]. Pengolahan limbah cair secara biologi dapat dilakukan dengan proses aerob dan anaerob [Gharaufi, 2012]. Kandungan senyawa organik tinggi (COD > 4.000 mg/L) lebih tepat diolah dengan menggunakan pengolahan limbah cair secara biologi dengan proses anaerob dan sistem anaerob tidak memerlukan biaya untuk aerasi, lumpur yang dihasilkan lebih sedikit serta menghasilkan gas metan yang dapat dijadikan sumber energi alternatif [Syafila dkk, 2003].

Pada proses pengolahan secara anaerob terjadi empat tahapan proses yang terlibat diantaranya proses hidrolisis, proses asidogenesis, proses asetogenesis dan proses metanogenesis [Sumada, 2012]. Pengolahan limbah cair sagu secara anaerobik telah dilakukan dengan menggunakan sistem

bioreaktor hibrid anaerob. Bioreaktor hibrid anaerob merupakan penggabungan antara sistem pertumbuhan tersuspensi dan pertumbuhan melekat. Pada sistem tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi di dalam fasa cair [Ahmad, 1994]. Sedangkan pada sistem pertumbuhan melekat, biomassa yang terbentuk melekat pada media pendukung dan tetap tinggal dalam unit proses [Widjaja, 2012]. Mikroorganisme tumbuh dan berkembang pada permukaan media pendukung tersebut dengan membentuk lapisan *biofilm*. Media pendukung tempat melekatnya mikroorganisme dapat berbagi jenis bahan padat yaitu batu kerikil, karbon aktif, pasir, *ring polivinil klorida* (PVC) dan bahan padat lainnya dalam berbagai bentuk [Ahmad, 1994].

Pada proses anaerob dapat menggunakan bioreaktor hibrid anaerob satu tahap maupun dua tahap. Untuk bioreaktor hibrid anaerob satu tahap mempunyai beberapa kelemahan antara lain sangat rumit dalam pengendalian pH yang disebabkan laju pertumbuhan metanogenesis sehingga terjadi penumpukan asam asetat. Tapi, kelemahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan sistem bioreaktor hibrid anaerob dua tahap, yakni tahap asidogenesis dan tahap metanogenesis terpisahkan oleh sekat-sekat dalam bioreaktor hibrid anaerob. Sehingga, pertumbuhan bakteri asidogenesis dan metanogenesisnya seimbang, pengendalian pH mudah dan tidak terjadi penumpukan asam asetat [Ahmad dkk, 2000].

Dalam penelitian ini akan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dengan substrat limbah cair sagu bermedia batu untuk menurunkan senyawa organik yang melebihi nilai baku mutu lingkungan pada limbah cair sagu dan menguji kestabilan serta kinerja bioreaktor hibrid anaerob dua tahap apabila diberi beban kejut atau peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba.

2. METODE PENELITIAN

Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair industri sagu dari pengolahan

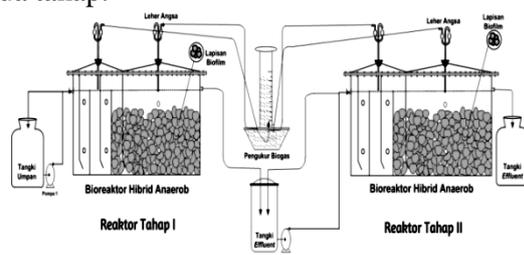
sagu CV. Harmonis yang terletak di Desa Teluk Belitung, Kecamatan Merbau, Kabupaten Kepulauan Meranti, Propinsi Riau dengan karakteristik limbah pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Industri Sagu CV. Harmonis

Parameter	Satuan	Nilai	Bakut Mutu ^{*)}
pH	-	5,1	6,0 – 9,0
COD	mg/L	55.000	300

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

Variabel proses yang digunakan adalah variasi laju beban kejut (*shock loading*) sebesar 50%, 100% dan 150% selama 6 jam dari laju alir umpan optimum pada bioreaktor pertama sebesar 5 L/hari. Pada beban kejut 50% dengan laju alir umpan 7,5 L/hari, beban kejut 100% dengan laju alir umpan 10 L/hari dan beban kejut 150% dengan laju alir umpan 12,5 L/hari selama 6 jam kemudian dikembalikan ke basis laju alir umpan optimum pada bioreaktor pertama, sedangkan laju alir umpan yang digunakan pada bioreaktor kedua adalah 2,86 L/hari yang diperoleh dari laju alir optimum dari tahap kontinu. Parameter yang diamati adalah pH, COD, dan produksi biogas. Metode pengukuran pH dengan menggunakan pH meter dan metode analisa COD dengan menggunakan metode titrasi volumetri sesuai dengan *standard methods* [APHA, AWWA dan WPCF, 1992], sedangkan untuk pengukuran produksi biogas dengan sistem perpindahan zat cair pada sebuah wadah penampung biogas. Peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah bioreaktor hibrid anaerob dua tahap.



Gambar 1. Rangkaian Instalasi Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap Bermedia Batu

Gambar 1 menunjukkan bahwa bioreaktor hibrid anaerob dua tahap memiliki dua bagian di dalam bioreaktor, bagian pertama diperuntukkan sebagai tempat pertumbuhan bakteri anaerob tersuspensi dan untuk bagian kedua di dalam bioreaktor diperuntukkan sebagai tempat pertumbuhan bakteri anaerob melekat yang dilengkapi dengan media pendukung yaitu batu kerikil [Ahmad, 2009]. Peralatan pendukung dalam penelitian ini terdiri dari tangki umpan, tangki efluen, pompa peristaltik, selang, leher angsa, labu ukur, gelas ukur dan tabung gas nitrogen.

Volume cairan pada bioreaktor pertama sebesar 10 L dan 20 L untuk volume cairan bioreaktor kedua. Pada kedua volume cairan bioreaktor tersebut telah dimasukkan kultur campuran yang terdiri dari kotoran sapi dan limbah cair sagu yang telah diaklimatisasi. Lalu, tangki umpan yang berisi substrat limbah cair sagu dialirkan ke dalam bioreaktor pertama dengan menggunakan pompa. Laju alir limbah cair yang masuk dikontrol dan diatur dengan menggunakan katup yang ada pada selang penghubung. Aliran limbah cair dalam bioreaktor pertama akan turun dan naik mengikuti sekat yang ada di dalam bioreaktor pertama dan keluar menuju tangki efluen. Efluen pada bioreaktor pertama menjadi influen pada bioreaktor kedua. Dari tangki efluen pertama tersebut dipompakan lagi menuju bioreaktor kedua dengan laju alir umpan yang optimum. Pada bagian atas bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dilengkapi dengan leher angsa dan selang yang telah terhubung ke wadah penampung biogas berupa gelas ukur. Larutan garam diisi pada leher angsa agar dapat mencegah masuknya mikroorganisme pengganggu dari luar bioreaktor. Gas nitrogen diinjeksikan ke dalam sistem selama 10 menit melalui lubang yang telah tersedia pada dinding bioreaktor pada masing-masing tahap pertumbuhan tersuspensi dan pertumbuhan melekat yang bertujuan untuk mengusir oksigen terlarut dalam cairan di dalam bioreaktor [Andriza, 2015].

Tujuan dari pembibitan adalah untuk menumbuhkan dan mengembangkan mikroorganisme yang akan digunakan dalam proses pengolahan limbah cair. Dalam penelitian ini, mikroorganisme yang digunakan berasal dari kotoran sapi yang disaring dengan ayakan untuk memisahkan bahan padatan kasar. Kemudian lumpur yang didapatkan dimasukkan ke dalam erlenmeyer volume 2 L sebanyak 1 L dan untuk mendapatkan 2 L lumpur yang mudah *digester anaerob* maka ditambahkan 100 mL limbah cair sagu segar setiap hari. Penambahan ini dilakukan selama 10 hari [Ahmad, 2004]. Dengan penambahan dilakukan setiap hari agar limbah cair yang masuk lebih *fresh* dan tidak banyak mengalami perubahan kondisi [Indriyati, 2003]. Terjadinya penambahan biomassa ditandai dengan warna lumpur yang semakin gelap (coklat kehitaman).

Tujuan aklimatisasi adalah untuk mendapatkan suatu kultur mikroorganisme yang stabil dan dapat menyesuaikan diri dengan kondisi air buangan yang akan diolah. Proses aklimatisasi dilakukan secara *batch*, yakni dengan cara mengeluarkan sampel sebanyak 200 ml, lalu menambahkan limbah cair sagu segar sebanyak 200 ml. Setelah dilakukan penambahan limbah cair sagu kemudian diinjeksikan dengan gas nitrogen. Sampel yang dikeluarkan akan dilakukan analisa terhadap padatannya atau VSS. Hal ini dilakukan sampai konstan dengan fluktuasi VSS sebesar 10%.

Start-up bioreaktor dilakukan setelah analisa VSS atau padatan pada tahap aklimatisasi sudah konstan. Selama proses *start-up*, laju alir umpan yang diberikan sebesar 3,3 L/hari pada bioreaktor pertama dan 2,5 L/hari pada bioreaktor kedua. Sampel hasil dari keluaran kedua bioreaktor diambil setiap hari sebanyak 500 ml dilakukan setiap hari dan dianalisa COD dan pH. Proses *start-up* dilakukan hingga tercapai keadaan tunak (*steady state*), yaitu ditandai dengan nilai konsentrasi CODnya berfluktuasi sebesar 10%.

Kontinu bioreaktor bertujuan untuk melihat pengaruh laju pembebanan organik

terhadap waktu serta kemampuan bioreaktor. Setiap laju pembebanan organik yang diberikan dilakukan *sampling* efluen bioreaktor sebanyak 500 ml setiap hari. laju alir umpan pada bioreaktor pertama tetap yaitu sebesar 5 L/hari dan pada bioreaktor kedua divariasikan sebesar 2,86 L/hari, 4 L/hari dan 6,67 L/hari. Proses kontinu dilakukan hingga tercapai keadaan tunak (*steady state*), yaitu ditandai dengan nilai konsentrasi CODnya berfluktuasi sebesar 10%.

Setelah diperoleh laju alir umpan optimum dengan efisiensi penyisihan COD tertinggi pada bioreaktor kedua di proses kontinu, maka selanjutnya dilanjutkan dengan pemberian beban kejut sebesar 50% dengan laju alir umpan 7,5 L/hari, beban kejut 100% dengan laju alir umpan 10 L/hari dan beban kejut 150% dengan laju alir umpan 12,5 L/hari pada bioreaktor pertama selama 6 jam dan, lalu dikembalikan lagi ke basis laju alir umpan optimum pada bioreaktor pertama [Ahmad dkk, 2009]. Kemudian, hasil keluaran di bioreaktor pertama dipompakan menuju bioreaktor kedua dengan menggunakan laju alir umpan optimum yang didapatkan pada proses tahap kontinu. Setiap laju beban kejut yang diberikan, dilakukan pengambilan sampel pada efluen bioreaktor sebanyak 500 ml setiap hari untuk dianalisa pH dan COD. Hal ini dilakukan hingga tercapai keadaan tunak yang ditandai dengan nilai konsentrasi CODnya berfluktuasi sebesar 10%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Tunak Tahap *Start-up*

Tahap *start-up* pada bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bertujuan untuk menaikkan dan menahan pertumbuhan *biofilm* di dalam bioreaktor [Ahmad, 2009]. Dalam menaikkan dan menahan pertumbuhan *biofilm* pada media batu dengan cara memberikan pembebanan organik rendah dengan waktu tinggal hidrolik yang lama. Waktu tinggal hidrolik yang menghasilkan pembentukan lapisan biomassa yang tinggi yaitu pada rentang waktu 3 sampai 6 hari [Denac dan Dun,

1988]. Selama *start-up* dilakukan pengukuran pH dan COD untuk mengetahui kondisi mikroorganisme di dalam bioreaktor hibrid anaerob dua tahap. Nilai rata-rata pH, COD dan efisiensi penyisihan COD pada kondisi tunak tahap *start-up* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-rata pH, COD dan Efisiensi Penyisihan COD pada Kondisi Tunak pada Tahap *Start-Up*

Hari Ke-	Parameter	Nilai Rata-rata	
		Bioreaktor I	Bioreaktor II
29, 30 dan 31	pH	6,8	7,0
	COD	9.167 mg/L	5.167 mg/L
	Efisiensi COD	83,33 %	90,61 %

Sumber : Andriza, 2015

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata pH cairan pada kondisi tunak cenderung naik dan berfluktuasi mulai dari 6,8 pada bioreaktor pertama dan 7,0 di bioreaktor kedua. Fluktuasi cenderung naik ini disebabkan karena pembentukan asam-asam volatil (asam asetat, asam propionat, asam valerat, asam format, asam butirat, CO₂ dan gas H₂S) sehingga akan mempengaruhi tingkat pH cairan secara keseluruhan [Ahmad, 1992]. Hal ini sesuai dengan penelitian Dewi [2012], bahwa pada laju pembebanan organik 12,5 kg COD/m³ hari rata-rata pH sebesar 6,8 dengan rata-rata konsentrasi asam asetat sebesar 51,2 mg/L.

Nilai rata-rata COD efluen pada kondisi tunak *start-up* yaitu sebesar 9.167 mg/L pada bioreaktor pertama dengan laju pembebanan organik 16,5 kg COD/m³ hari dan 5.167 di bioreaktor kedua dengan laju pembebanan organik 6,9 kg COD/m³ hari. Efisiensi penyisihan COD pada kondisi tunak *start-up* diperoleh dengan rata-rata 83,33% pada bioreaktor pertama dan 90,61% di bioreaktor kedua.

Banu dkk [2006] telah melakukan penelitian dengan bioreaktor hibrid anaerob dengan limbah cair sugu sintetik. Hasil proses *start-up* yang didapatkan berlangsung selama 120 hari. Sedangkan pada penelitian

ini proses *start-up* menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap berlangsung selama 31 hari. Ahmad [1992] menyatakan bahwa proses *start-up* membutuhkan waktu yang cukup lama dalam proses anaerob, hal ini disebabkan oleh laju pertumbuhan mikroorganisme anaerob yang lambat.

3.2. Kondisi Tunak Tahap Kontinu

Kondisi tunak adalah kondisi dimana telah tercapai nilai COD yang konstan. Proses kontinu pada bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bertujuan untuk menentukan laju alir optimum yang dapat menyisihkan COD dengan nilai COD terendah dan efisiensi penyisihan COD tertinggi. Laju alir optimum tersebut akan digunakan untuk pengoperasian beban kejut (*shock loading*). Nilai rata-rata pH, COD dan efisiensi penyisihan COD pada kondisi tunak tahap kontinu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Rata-rata pH, COD dan Efisiensi Penyisihan COD pada Kondisi Tunak pada Tahap Kontinu

Hari Ke-	Parameter	Nilai Rata-rata	
		Bioreaktor I	Bioreaktor II
12, 13 dan 14	pH	6,5	6,8
	COD	6.667 mg/L	3.333 mg/L
	Efisiensi COD	87,88 %	93,94 %

Sumber : Andriza, 2015

Tabel 3 menunjukkan bahwa pada kondisi tunak tahap kontinu, nilai COD efluen rata-rata dengan laju alir umpan 5 L/hari pada bioreaktor pertama didapatkan sebesar 6.667 mg/L dengan rentang nilai pH rata-rata sebesar 6,5. Pada bioreaktor kedua, laju alir umpan divariasikan yaitu 2,86 L/hari, 4 L/hari dan 6,67 L/hari. Maka, dari tiga variasi laju alir umpan tersebut, nilai penurunan COD efluen yang tertinggi dijadikan laju alir umpan optimum di bioreaktor kedua. Adapun laju alir umpan yang digunakan pada bioreaktor kedua yaitu 2,86 L/hari berlangsung selama waktu tinggal 7 hari dengan nilai COD efluen rata-

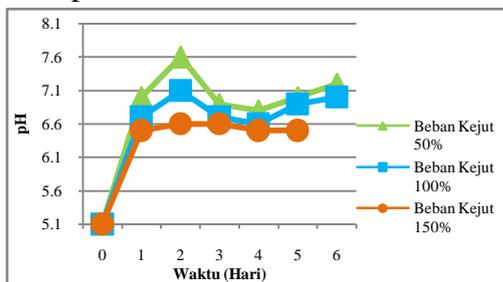
rata tertinggi yang didapatkan sebesar 3.333 mg/L dalam penyisihan nilai COD dengan nilai pH rata-rata 6,5-6,8. Untuk efisiensi penyisihan COD efluen rata-rata yaitu 87,88% pada bioreaktor pertama dan 93,94% di bioreaktor kedua.

3.3. Data Pengamatan pada Pengoperasian Beban kejut

Pengoperasian beban kejut (*shock loading*) atau peningkatan laju pembebanan dengan laju alir secara tiba-tiba diberikan pada bioreaktor pertama dengan laju alir umpan optimum sebesar 5 L/hari, lalu diberikan beban kejut (*shock loading*) sebesar 50%,100% dan 150% selama 6 jam. Maka laju alir umpan yang didapatkan setelah diberikan beban kejut (*shock loading*) adalah 7,5 L/hari, 10 L/hari dan 12,5 L/hari selama 6 jam, kemudian dikembalikan ke basis laju alir umpan optimum bioreaktor pertama. Selanjutnya laju alir optimum yang digunakan pada bioreaktor kedua sebesar 2,86 L/hari. Berikut ini akan ditampilkan nilai pH, nilai COD, efisiensi penyisihan COD dan produksi biogas.

3.3.1. Perubahan pH Setelah Diberikan Beban Kejut

Perubahan nilai pH setelah diberikan beban kejut terhadap bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu dapat dilihat pada Gambar 2.



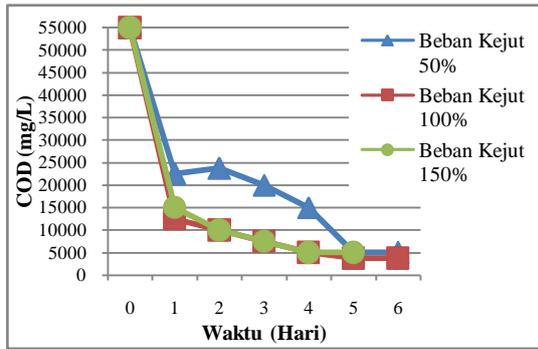
Gambar 2. Hubungan pH terhadap Waktu pada Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap Selama Beban Kejut

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada beban kejut 50% dengan laju alir umpan sebesar 7,5 L/hari selama 6 jam terhadap bioreaktor hibrid anaerob dua tahap

diperoleh nilai pH berkisar antara 6,8 hingga 7,2. Selanjutnya, pada beban kejut 100% dengan laju alir umpan 10 L/hari, nilai pH yang diperoleh tidak jauh beda dengan beban kejut 50% yaitu pH berkisar antara 6,6 hingga 7,1. Nilai pH mengalami peningkatan selama fermentasi diduga akibat mikroorganisme mampu mendegradasi asam-asam organik volatil sehingga terbentuk buffer bikarbonat yang mampu menyeimbangkan pH hingga kondisi netral [Maryanti, 2011]. Hal yang berbeda diperoleh pada beban kejut 150% dengan laju alir umpan sebesar 12,5 L/hari dengan nilai pH yang diperoleh cenderung menurun yaitu sebesar 6,5 hingga 6,6. Fluktuasi pH relatif rendah di dapatkan hingga hari ke 5 pada beban kejut 150%. Menurunnya nilai pH mempengaruhi aktivitas bakteri metan sangat rendah dan konsentrasi gas metan yang dihasilkan berkurang [Ghost dan Klass, 1978]. Ahmad [2004] menyatakan dalam penelitiannya bahwa mikroorganisme anaerobik yang digunakan di dalam bioreaktor dapat berkembang dengan optimum mengingat kondisi lingkungan mikroorganisme anaerob berkisar pada pH antara 5,8 – 7,2. Pada penelitian Malina dan Pohland [1992] menyatakan bahwa pengolahan limbah cair secara anaerob dalam pembentukan asam, pH optimum berkisar pada rentang 5 hingga 6,5. Pada tahap metanogenesis, nilai kisaran pH adalah 6,6 hingga 7,6 [McCarty, 1964]. Dengan demikian, beban kejut selama 6 jam tidak mempengaruhi kestabilan pH dan sistem bioreaktor tidak signifikan.

3.3.2. Perubahan COD Setelah Diberikan Beban Kejut

Perubahan nilai COD selama diberikan beban kejut terhadap bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu dapat dilihat pada Gambar 3.



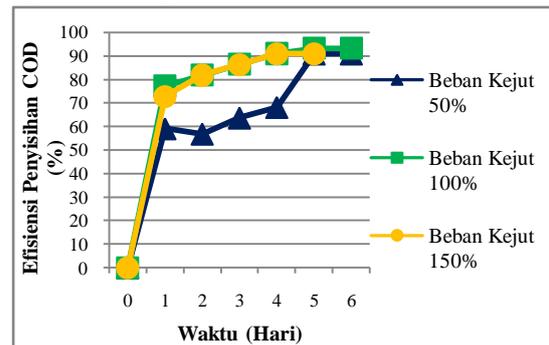
Gambar 3. Hubungan Nilai COD terhadap Waktu pada Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap Selama Beban Kejut

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai umpan awal konsentrasi COD dalam penelitian ini sebesar 55.000 mg/L. Setelah diberikan beban kejut selama 6 jam terhadap bioreaktor hibrid anaerob dua tahap mempengaruhi nilai konsentrasi COD secara signifikan. Hal ini dapat terjadi karena beban kejut atau peningkatan laju alir umpan menyebabkan peningkatan kandungan organik yang terkandung dalam limbah cair mengalami penurunan. Pada beban kejut 50% dengan laju alir umpan sebesar 7,5 L/hari selama 6 jam fluktuasi COD relatif sedang antara hari pertama hingga hari keempat keadaan transien, selanjutnya nilai COD konstan pada hari kelima dan keenam dengan diperolehnya penurunan nilai konsentrasi COD dari 55.000 hingga 5.000 mg/L. Pada beban kejut 100% dengan laju alir umpan sebesar 10 L/hari selama 6 jam nilai COD relatif menurun dan konstan pada hari kelima dan keenam dengan diperoleh penurunan nilai konsentrasi COD dari 55.000 hingga 3.750 mg/L. Kemudian, pada beban kejut 150% dengan laju alir umpan sebesar 12,5 L/hari selama 6 jam nilai COD didapatkan relatif menurun dari hari pertama hingga hari ketiga dan konstan pada hari kelima dengan diperoleh penurunan nilai konsentrasi COD dari 55.000 hingga 5.000 mg/L.

Hasil penelitian penurunan COD ini menunjukkan bahwa bioreaktor hibrid anaerob dua tahap menggunakan media batu mampu menurunkan nilai konsentrasi COD

yang masuk dengan diberikan laju beban kejut atau peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba dan nilai konsentrasi COD di dalam sistem yang didapatkan relatif lebih rendah. Hal ini juga terbukti pada penelitian Kusuma [2012] menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu dengan limbah cair sagu dengan nilai konsentrasi COD efluen yang diperoleh sebesar 5.000 mg/L pada laju pembebanan organik 12,5 kg COD/m³ hari.

Adapun perubahan efisiensi penyisihan COD setelah diberikan beban kejut atau peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba terhadap bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Efisiensi Penyisihan COD terhadap Waktu pada Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap Selama Beban Kejut

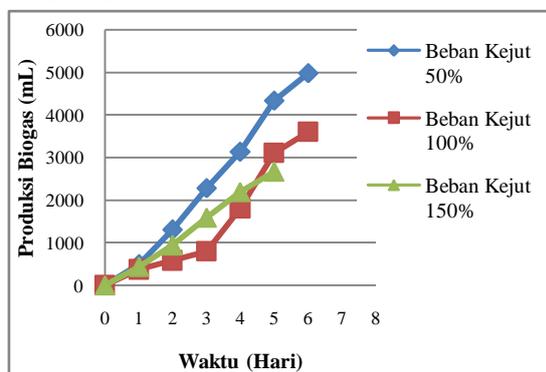
Gambar 4 menunjukkan bahwa beban kejut atau peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba selama 6 jam pada bioreaktor hibrid anaerob dua tahap mempengaruhi efisiensi penyisihan nilai COD secara signifikan. Pada beban kejut 50% dengan laju alir umpan sebesar 7,5 L/hari diperoleh efisiensi penyisihan nilai COD dalam kondisi tunak sebesar 90,91%. Hal yang berbeda terjadi pada beban kejut 100% dengan laju alir umpan sebesar 10 L/hari diperoleh efisiensi penyisihan nilai COD sebesar 93,18% dalam kondisi tunak. Selanjutnya, pada beban kejut 150% dengan laju alir umpan sebesar 12,5 L/hari diperoleh efisiensi penyisihan nilai COD dalam kondisi tunak sebesar 90,91% pada hari kelima. Maka, dari hasil penelitian menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dua

tahap bermedia batu diperoleh efisiensi penyisihan nilai COD yang tertinggi pada beban kejut 100% sebesar 93,18%.

Andriza [2015] menyatakan dalam penelitiannya bahwa semakin kecil beban organik maka proses biodegradasi senyawa organik yang terdapat di dalam limbah cair berlangsung dengan baik, hal ini dikarenakan terjadinya kontak antara mikroorganisme dengan limbah cair sebagai substratnya.

3.3.3. Produksi Biogas Setelah Diberikan Beban Kejut

Aktivitas bakteri anaerob dapat dilihat dari produksi biogas. Produksi biogas yang teramati setelah dilakukan peningkatan beban kejut terhadap bioreaktor anaerob dua tahap dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Produksi Biogas terhadap Waktu pada Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap Selama Beban Kejut

Gambar 5 menunjukkan bahwa produksi biogas mengalami peningkatan setelah diberikan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba selama 6 jam terhadap bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermediakan batu. Pada hari ke 6, produksi biogas terbesar diperoleh sebesar 4.980 mL/hari pada beban kejut 50% dengan laju alir umpan sebesar 7,5 L/hari selama 6 jam. Peningkatan produksi biogas setelah diberikan beban kejut menunjukkan aktivitas bakteri anaerob dalam mendegradasi limbah cair yang mengandung senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair berlangsung dengan cukup baik yang menghasilkan gas

metan dan CO₂. Selanjutnya, pada beban kejut 150% dengan laju alir umpan 12,5 L/hari selama 6 jam produksi biogas yang didapatkan menurun dengan nilai 2.670 mL/hari. Hal ini sesuai dengan penelitian [Ahmad dkk, 1999], karena semakin tinggi pembebanan organik yang diberikan, maka sistem lebih banyak menghasilkan asam asetat dengan hasil samping gas hidrogen dan gas CO₂. Akibatnya konsentrasi gas CO₂ menjadi meningkat sedangkan konsentrasi gas metan berkurang.

Menurut Ghost dan Klass [1978] bahwa rentang pH dibawah 6,5, aktivitas bakteri metan sangat rendah dan diperkirakan terjadi kematian terhadap bakteri anaerob tersebut. Dalam penelitian ini pada beban kejut 150% dengan laju alir umpan 12,5 L/hari, pH berkisar 6,4 hingga 6,6. Keadaan tunak produksi biogas dimulai dari hari ke 5 hingga hari ke 6.

3.4. Studi Komparatif Kestabilan Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap

Studi komparatif kestabilan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap ditinjau dengan membandingkan stabilitas bioreaktor hibrid anaerob dua tahap menggunakan substrat limbah cair industri sagu bermedia batu terhadap stabilitas bioreaktor hibrid anaerob menggunakan substrat limbah cair industri kelapa sawit bermedia tandan kosong dan pelepah sawit. Perbandingan jangka waktu stabilitas bioreaktor hibrid anaerob dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Studi Komparatif Jangka Waktu Stabilitas Bioreaktor Hibrid Anaerob

Sumber Penelitian	Jenis Bioreaktor	Waktu Pembebanan (Jam)	Media	Masa Pemulihan Bioreaktor (Hari)		
				Beban Kejut 50%	Beban Kejut 100%	Beban Kejut 150%
Ahmad dkk. [2009]	Bioreaktor Hibrid Anaerob	6	Tandan Kosong Sawit	8	8	7
			Pelepah Sawit	7	8	6
Penelitian Ini [2015]	Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap	6	Cangkang Sawit dan Batu	6	6	5

Tabel 4 menunjukkan bahwa setelah diberikan beban kejut atau peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 50%, 100% dan 150% selama 6 jam tidak mempengaruhi sistem kestabilan bioreaktor. Kemudian masa pemulihan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap setelah diberikan beban kejut atau peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba relatif lebih singkat dibandingkan dengan bioreaktor hibrid anaerob bermedia tandan kosong dan pelepah sawit. Penelitian sebelumnya, Ahmad dkk [2009] menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermediakan tandan kosong dan pelepah sawit memerlukan masa pemulihan bioreaktor 6 hingga 8 hari. Hal yang berbeda diperoleh pada penelitian ini menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dengan media batu membutuhkan masa pemulihan bioreaktor 5 hingga 6 hari.

Dengan demikian, bioreaktor hibrid anaerob dua tahap mampu bertahan dalam menstabilkan bioreaktor terhadap beban kejut atau dari gangguan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba selama 6 jam.

3.5. Studi Komparatif Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap

Studi komparatif kinerja bioreaktor hibrid anaerob dua tahap ditinjau dengan membandingkan kinerja bioreaktor hibrid anaerob dua tahap menggunakan substrat limbah cair industri sagu bermedia batu terhadap bioreaktor hibrid anaerob menggunakan substrat serta media yang sama dan berbeda. Perbandingan kinerja bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dengan bioreaktor hibrid anaerob dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Studi Komparatif Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob

No	Sumber Penelitian	Jenis Bioreaktor	Limbah Cair	Variabel	Media	Efisiensi Penyisihan COD
1.	Banu dkk [2006]	Bioreaktor Hibrid Anaerob	Sagu Sintetik	Laju Pembebanan Organik	Plastik Ring	91%
2	Ahmad dkk [2009]	Bioreaktor Hibrid Anaerob	Sawit	Beban Kejut	Tandan Kosong Sawit	80%
					Pelepah Sawit	84%
3.	Kusuma [2012]	Bioreaktor Hibrid Anaerob	Sagu	Laju Pembebanan Organik	Batu	90%
4.	Penelitian Ini [2015]	Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap	Sagu	Beban Kejut	Batu	93,18%

Tabel 5 menunjukkan bahwa kinerja bioreaktor hibrid anaerob dua tahap memiliki kemampuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bioreaktor hibrid anaerob. Bioreaktor hibrid anaerob dengan media batu dan plastik *ring* hanya mampu menyisihkan COD sebesar 90% dan 91%. Pada penelitian Ahmad dkk [2009] menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia tandan kosong sawit dan pelepah sawit diperoleh efisiensi penyisihan COD sebesar 80% dan 84% pada beban kejut 100% dari laju alir umpan, sedangkan pada penelitian ini menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu dalam mengolah limbah cair industri sagu diperoleh efisiensi penyisihan COD optimum sebesar 93,18% pada beban kejut 100% dengan laju alir umpan sebesar 10 L/hari. Dengan demikian, bioreaktor hibrid anaerob dua tahap ini mampu digunakan untuk mengolah limbah cair industri sagu menjadi biogas dengan nilai beban COD tinggi.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Selama pengujian beban kejut pada bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu diperoleh nilai pH pada rentang 6,3 hingga 7,2.
2. Hasil pengujian stabilitas bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dalam mengantisipasi fluktuasi kecepatan limbah cair industri sagu dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 50%, 100% dan 150% menunjukkan bahwa waktu pemulihan sistem bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu berlangsung lebih cepat dengan rentang waktu 5 hingga 6 hari.
3. Penyisihan COD tertinggi terjadi pada beban kejut 100% diperoleh sebesar 3.750 mg/L dengan efisiensi penyisihan COD tertinggi sebesar 93,18%. Oleh sebab itu, beban kejut tidak mempengaruhi kinerja bioreaktor hibrid anaerob dua tahap karena kestabilan bioreaktor relatif tinggi sehingga proses pengolahan limbah cair industri sagu berlangsung dengan baik.
4. Nilai COD limbah cair yang diperoleh dari pengolahan dengan menggunakan bioreaktor hibrid dua tahap ini masih melebihi nilai baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 1995. Nilai COD yang diizinkan adalah sebesar 300 mg/L sedangkan nilai COD hasil pengolahan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap diperoleh sebesar 3.750 mg/L, sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut terhadap limbah cair tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., 1992, *Kinerja Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerobik Dua Tahap dalam Mengolah Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit*, Laporan Magang Pusat Antar Universitas-Bioteknologi ITB, Bandung.
- Ahmad, A., 1994, *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*, Diktat Kuliah, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Ahmad, A., T. Setiadi, M. Syafila dan O.B.Liang, 1999, *Bioreaktor Berpenyekat Anaerob Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri yang mengandung Minyak dan Lemak, Pengaruh Pembebanan Organik Terhadap Kinerja Bioreaktor*, Prosiding Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo, ISSN 0854-7769, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau.
- Ahmad, A., 2000, *Pemakaian Bioreaktor Membran Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses II, Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia, Universitas Indonesia.
- 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, Vol.3 No.1, Hal 1-10.
- Ahmad, A., 2009, *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*, Diktat, Pekanbaru.
- Ahmad, A., Bahrudin, S.Z. Amraini dan D. Andrio, 2009, *Uji Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob Dalam Mengolah Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Beban Kejut*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia dan Kongres MAKSI 2012, 20 Juni 2009, Hal 97.
- Andriza, P., 2015, *Efisiensi Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah Cair Pabrik Sagu Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap Dengan Variabel Laju Pembebanan Organik*, Skripsi, Universitas Riau, Pekanbaru.
- APHA, AWWA dan WCPF, 1992, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, Washington DC.
- Banu, J.R., S. Kaliappan, dan D. Beck, 2006, Treatment of Sago Wastewater Using Hybrid Anaerobic Reactor, *Water Qual. Res. J. Canada*, 2006 Volume 41, No. 1, 56-62.
- Denac, M dan I.J Dun, 1988, Packed and Fluidized Bed Biofilm Reactor Performance for Anaerobic Wastewater Treatment, *Biotech, Bioeng*, 32, 159-173.
- Dewi, 2012, *Pengaruh Laju Pembebanan Organik Terhadap pH dan Asam Asetat dalam Bioreaktor Hibrid Anaerob pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Sagu*, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Dinas Perkebunan Provinsi Riau, 2014, Sumber Daya Alam, <http://www.riau.go.id>, di akses pada tanggal 20 Oktober 2014.
- Djoefrie, M.H.B, 2013, *Sagu Mutiara Hijau Khatulistiwa yang Dilupakan*, Digreat Publishing, Bogor, hal 44.
- Gharaufi, H, 2012, *Kestabilan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Batu pada Kondisi Start-Up dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Sagu*, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Ghosh, S dan Klass, D.L, 1978, *Two-Phase Anaerobic Digestion*, Process Biochemistry, april, 15-24.
- Keputusan Menteri KLH. Nomor KEP 51/MENKLH/10/1995 tentang *Baku Mutu Limbah cair bagi Kegiatan Industri*.
- Kusuma, Yatri L, 2012, *Efisiensi Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah Cair Pabrik Sagu Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob Pada Kondisi Tunak Dengan Variabel Laju Pembebanan Organik*, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Malina. Joseph F dan Frederick G. Pohland, 1992, *Design of Anaerobic Processes for the Treatment of Industrial and Municipal Waste*, Pennsylvania : Technomic Publishing Company.
- Maryanti, 2011, *Peningkatan Kinerja Reaktor Biogas Dalam Pengolahan Air Limbah Industri Bioetanol Berbahan Baku Ubi Kayu*, Tesis, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 101 Halaman.
- McCarty, P. L, 1964, The Methane Fermentation, *Principles and Applications of Aquatic Microbiology*, edited by H. Heukelekian and N. C. Dondero, J. Wiley and Sons, Inc., New York, 314-343.
- Papilaya, E.C, 2009, *Sagu untuk Pendidikan Anak Negeri*, IPB Press, Bogor.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2010, *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*, Volume 16 Nomor 2, Agustus 2010, http://perkebunan.litbang.deptan.go.id/wpcontent/uploads/2010/perkebunan_warta_2010.pdf, diakses pada tanggal 9 Desember 2014.
- 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 & Tek. Vol. 35 A, No. 1, hal 19-31.
- Sumada, K, 2012, *Pengolahan Air Limbah Secara Biologi Anaerob*.http://ketutsumada.blogspot.com/2012/04/pengolahan-air-limbah-secara-biologi_10.html, diakses pada tanggal 9 Desember 2014.
- Widjaja, T., 2012, *Pengolahan Limbah Industri (Proses Biologis)*, ITS Press, Surabaya.