

Pengaruh Laju Pembebanan Organik terhadap pH dan Asam Asetat dalam Bioreaktor Hibrid Anaerob pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Sagu

Dewi Wimin, Adrianto Ahmad, Chairul

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

Abstrak

Sago demand continues to rise along with the development of processing industries that use raw sago starch. Today's national sago production reached 400,000 tons / year. In the production of starch required 20,000 liters of water per ton of sago, so it can be expected that the processing of sago require 21 000 kilolitres of water per day, of which 94% of the water will be liquid waste. Sago wastewater has high organic matter composition, when thrown into water it will degrade water quality and contaminate the environment. One of sago waste water treatment is by using hybrid anaerobic bioreaktor. Acetic acid content and pH is one factor affecting the performance of bioreaktor. The purpose of this study was to determine the effect of organic loading rate on pH and the concentration of acetic acid by seeing the parameters of pH and acetic acid as well as determining the optimum loading rate on the formation of acetic acid. The research was conducted by using a hybrid anaerobic bioreaktor mediated the stone as a medium growth of microorganisms. Volume of work used in this study amounted to 10 L by varying the organic loading rate is 12.5: 16.7, 25 and 50 kg COD/m³ day. These results indicate that the optimum organic loading rate of 50 kg COD/m³ days with acetic acid concentration of 76,8 mg / L and pH of 6.13. Thus a hybrid anaerobic bioreaktor with the media of stone is capable to treat sago waste water that contains high organic.

Keywords: *Anaerobic; Acetic acid; Hybrid anaerobic bioreaktor; Sago waste water*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara utama penghasil sagu di dunia. Berdasarkan data Perhimpunan Pendayagunaan Sagu Indonesia (PPSI), produksi sagu nasional saat ini mencapai 400.000 ton per tahun atau baru mencapai sekitar 8 persen dari potensi sagu nasional. Dari jumlah produksi tersebut, hampir separuhnya dihasilkan dari Propinsi Riau [Fadila, 2011]. Di provinsi Riau, sagu tersebar di beberapa kabupaten salah satu kabupaten yang menghasilkan sagu terbesar yaitu Kabupaten Kepulauan Meranti dengan total produksi mencapai 250.000 ton per tahun dan mendapat predikat penghasil

sagu terbesar ketiga di dunia [Dumai Pos, 2012]. Dalam memproduksi tepung sagu di butuhkan 20.000 liter air per ton sagu [Banu dkk, 2006], jadi dapat diperkirakan bahwa 1 tahun Indonesia membutuhkan 8.000.000 kl air atau 21.000 kl air per hari, yang mana 94% air tersebut akan menjadi limbah cair [Awg-Adeni dkk, 2010], sehingga sekitar 19.000 kl limbah cair sagu yang dihasilkan per hari.

Limbah cair sagu memiliki komposisi bahan organik, kadar COD dan kadar BOD yang tinggi [Awg-Adeni dkk, 2010]. Jika limbah cair yang memiliki kandungan bahan organik yang tinggi di buang ke permukaan air maka

akan menurunkan kualitas perairan dan mencemari lingkungan. Dampak yang akan terjadi yaitu terjadinya pembusukan pada permukaan air dan pada selang waktu tertentu akan mengeras sehingga menutupi permukaan air, akibatnya menghambat kontak antara air dengan udara bebas sekitarnya yang akan mempengaruhi kehidupan biota di permukaan air tersebut [Ahmad, 1992]. Oleh karena itu, perlu adanya upaya penanggulangan limbah cair sagu sebelum dibuang ke perairan. Bahan organik tinggi (COD > 4.000 mg/L) lebih tepat diolah dengan menggunakan pengolahan biologi secara anaerob [Syafila dkk, 2003].

Proses anaerob ini dapat dilakukan dengan menggunakan jenis bioreaktor anaerob. Salah satu jenis bioreaktor anaerob ini adalah bioreaktor hibrid anaerob. Bioreaktor hibrid anaerob memiliki dua pola pertumbuhan mikroorganisme, yaitu pola pertumbuhan tersuspensi dan pola pertumbuhan melekat. Desain bioreaktor ini memiliki kelebihan dalam mempertahankan konsentrasi biomassa dengan jumlah yang tinggi di dalam reaktor sehingga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengolahan limbah cair dengan konsentrasi organik tinggi dan mempunyai kestabilan yang relatif tinggi [Syafila dkk, 2003].

Dalam pengolahan limbah cair pabrik sagu dengan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob perlu diperhatikan parameter-parameter seperti pH dan asam asetat. Asam asetat yang bersifat volatil ini bisa berdampak sebagai pencemaran udara yang menyebabkan bau asam terhadap lingkungan sekitarnya. Kandungan asam asetat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terhadap kinerja bioreaktor [Smit dkk, 2011].

Pada dekomposisi anaerob faktor pH sangat berperan, karena pada rentang

pH yang tidak sesuai mikroba tidak dapat tumbuh dengan maksimum dan bahkan dapat menyebabkan kematian [Simamora dkk, 2006]. Kelompok bakteri asidogenik dan asetogenik merupakan bakteri yang memproduksi asam asetat. Laju pertumbuhan optimum bakteri asidogen dan asetogen berlangsung pada kondisi pH 5,8 hingga pH 6,2 [Ahmad, 2001]. Penurunan dan peningkatan pH sangat dipengaruhi oleh kandungan asam asetat dalam cairan. Peningkatan konsentrasi asam asetat akan relatif kecil dan memiliki efek pemutus pada pH. Jika sistem mempunyai kapasitas penyangga yang cukup, akan menjaga perubahan yang sangat signifikan pada konsentrasi asam asetat tanpa terjadi perubahan besar pada pH [Grady dan Lim, 1980]. Apabila tidak ada *buffer*, maka pH akan turun yang menyebabkan meningkatnya laju pembentukan asam asetat.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian dengan menggunakan jenis bioreaktor yang sama yaitu bioreaktor hibrid anaerob tetapi dengan menggunakan limbah atau media yang berbeda. Media yang digunakan pada penelitian ini adalah batu sebagai media immobilisasi sel mikroorganisme.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh laju pembebanan organik terhadap pH dan asam asetat dalam bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu yang terdapat di dalam pengolahan limbah cair sagu serta menentukan laju pembebanan optimum proses pembentukan asam asetat.

2. Metode Penelitian

Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair pengolahan pati sagu PT. Siberida Wahana Sejahtera (SWS) Kabupaten Kepulauan Meranti dengan karakteristik ditampilkan dalam Tabel 1.

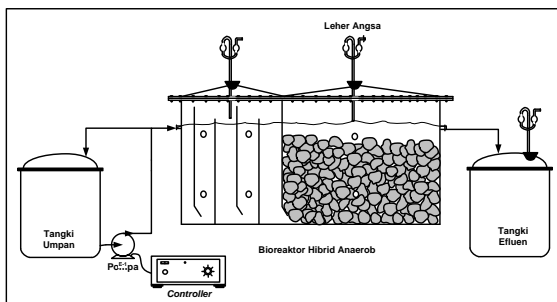
Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Sagu PT.SWS Kep. Meranti

Parameter	Satuan	Nilai	Baku mutu*)
pH	-	5,6	6,0-9,0
Asam Asetat	mg/L	273,6	-

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

Variabel proses yang digunakan adalah variasi laju pembebanan organik yaitu 12,5 kgCOD/m³hari, 16,7 kgCOD/m³hari, 25 kgCOD/m³hari, dan 50 kgCOD/m³hari. Parameter yang diamati adalah pH dan asam asetat. Metode pengukuran pH menggunakan pHmeter sedangkan asam asetat dengan metode destilasi uap sesuai dengan standard methods [APHA, AWWA dan WPCF,1992]. Peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah bioreaktor hibrid anaerob dan peralatan pendukung sistem secara keseluruhan terdiri dari tangki umpan, selang, pompa sirkulasi, tangki *effluent* dan pemasok gas nitrogen.

Gambar rangkaian alat bioreaktor hibrid anaerob dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Peralatan Pengolahan dengan Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Batu

Dari Gambar 1. dapat dilihat bahwa batu dimasukkan ke dalam bagian yang tidak bersekat dengan ketebalan $\frac{3}{4}$ dari tinggi cairan. Kemudian pada bagian yang tersuspensi dan melekat dimasukkan

kultur campuran yang telah diaklimatisasi sehingga volume reaktor efektif cairan 10 L. Kemudian diinjeksikan gas nitrogen ke dalam sistem yang bertujuan untuk mengusir oksigen terlarut dalam cairan. Lalu dibiarkan selama 3 hari untuk mengendapkan biomassa dari kultur campuran. Setelah itu, dialirkan umpan dengan laju alir 2 L/hari. Pola aliran mengikuti rezim di dalam sistem bioreaktor hibrid anaerob.

Kemudian limbah cair sagu yang akan diolah dimasukkan ke dalam tangki umpan. Dengan menggunakan pompa, limbah cair tersebut 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 hibrid anaerob dan pada akhirnya aliran akan keluar menuju tangki *effluent*.

Setelah keadaan tunak (*steady state*) pada proses *start-up* tercapai, bioreaktor diberikan laju pembebanan organik yang berbeda-beda dengan mengatur laju alir umpan yang berbeda-beda pula. Laju alir yang diberikan adalah 2,5 L/hari untuk laju pembebanan organik 12,5 kg COD/m³ hari, 3,3 L/hari untuk laju pembebanan organik 16,7 kg COD/m³ hari, 5 L/hari untuk laju pembebanan organik 25 kg COD/m³ hari, dan 10 L/hari untuk laju pembebanan organik 50 kg COD/m³ hari. Bioreaktor dioperasikan pada suhu ruang.

Proses operasional ini bertujuan untuk melihat pengaruh laju pembebanan organik terhadap pH dan konsentrasi asam asetat. Yang diperhatikan adalah dengan nilai pembebanan organik tertentu didapat perubahan nilai pH dan konsentrasi asam asetat. Selain itu, laju pembebanan organik tertentu bertujuan untuk memberikan pasokan makanan bagi bakteri anaerob sebagai nutrisi untuk pertumbuhan. Hal ini menyebabkan

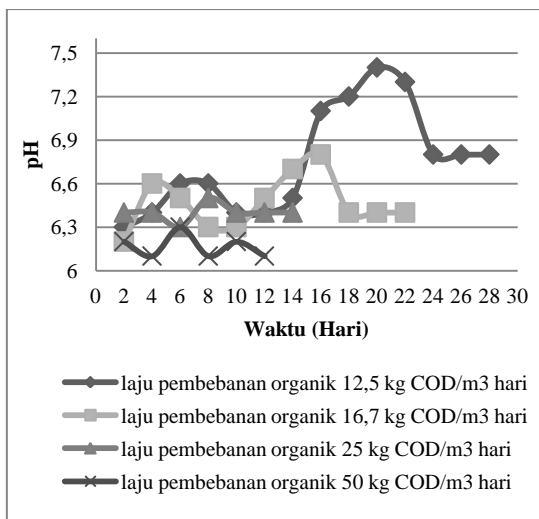
degradasi semakin baik. Setiap laju pembebanan organik yang diberikan, dilakukan pengambilan sampel pada *effluent* bioreaktor sebanyak 500 ml untuk dianalisa pH dan konsentrasi asam asetat.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan melihat perubahan pH dan asam asetat pada kondisi transien dan kondisi tunak.

3.1 Perubahan pH Selama Transien

Dilakukan pengukuran pH selama kondisi transien dengan variasi laju pembebanan organik 12,5; 16,7; 25 dan 50 kgCOD/m³hari. Hasil pengukuran pH tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan pH Selama Transien

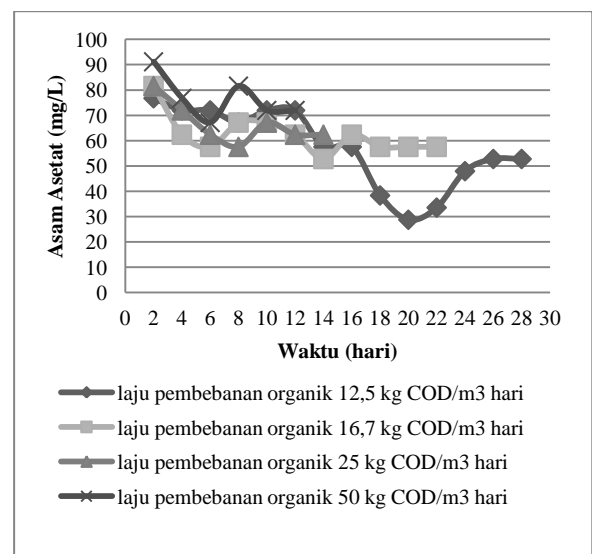
Pada Gambar 2. ditunjukkan bahwa pH meningkat berbanding terbalik dengan laju pembebanan organik. Semakin besar laju pembebanan organik maka pH *effluent* yang diperoleh semakin menurun. Pada laju pembebanan organik 50 kg COD/m³ hari diperoleh rentang pH 6,1-6,3 dan nilai rata-rata pH sebesar 6,17, sedangkan pada laju pembebanan organik 12,5 kg COD/m³ hari diperoleh

rentang pH 6,3-7,4 dan nilai rata-rata pH sebesar 6,75. Rata-rata kondisi pH pada laju pembebanan organik 16,7 kg COD/m³ hari adalah sebesar 6,46, pada laju pembebanan organik 25 kg COD/m³ hari adalah sebesar 6,4. Laju pembebanan organik 50 kg COD/m³ hari merupakan kondisi pH optimum untuk laju pertumbuhan bakteri asetogen yang berlangsung pada kondisi pH 5,8 hingga 6,2 [Ahmad, 2001].

pH yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 6,1-7,4. Pada rentang pH tersebut diperkirakan mikroorganisme anaerobik yang digunakan di dalam bioreaktor dapat berkembang dengan optimum mengingat kondisi lingkungan optimum lingkungan mikroorganisme anaerobik adalah dengan pH antara 5,8 – 8,2 [Ahmad, 2004].

3.2 Perubahan Konsentrasi Asam Asetat Selama Transien

Dilakukan pengukuran konsentrasi asam asetat selama kondisi transien dengan variasi laju pembebanan organik 12,5; 16,7; 25 dan 50 kgCOD/m³hari. Hasil pengukuran ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan Asam Asetat Selama Transien

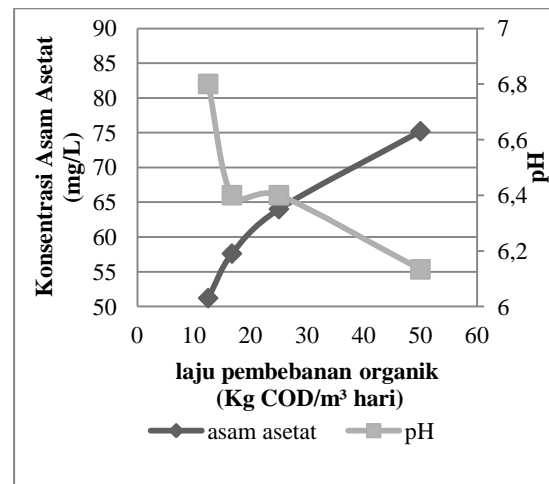
Pada Gambar 3. ditunjukkan bahwa konsentrasi asam asetat yang dihasilkan pada proses kontinu semakin menurun pada tiap laju pembebanan organik. Penurunan konsentrasi asam asetat yang paling rendah terjadi pada laju pembebanan organik 12,5 kg COD/m³ hari dengan nilai konsentrasi rata-rata sebesar 57,26 mg/L, sedangkan konsentrasi asam asetat yang paling tinggi pada laju pembebanan organik 50 kg COD/m³ hari dengan nilai konsentrasi rata-rata sebesar 76,8 mg/L. Rata-rata konsentrasi asam asetat pada laju pembebanan organik 16,7 kg COD/m³ hari adalah sebesar 62,4 mg/L, pada laju pembebanan organik 25 kg COD/m³ hari adalah sebesar 66,51 mg/L. Hal ini sesuai dengan penelitian Soeprijanto dkk (2010) yang menyimpulkan bahwa semakin tinggi pembebanan organik berarti semakin banyak bahan organik yang didegradasi sehingga sistem akan lebih banyak menghasilkan asam asetat.

Konsentrasi dan proporsi asam asetat yang diproduksi dalam tahap *acidogenic* dan *acetogenic* adalah penting dalam kinerja keseluruhan sistem pencernaan anaerobik karena asam asetat adalah prekursor yang lebih disukai untuk pembentukan metana [Hwang dkk, 2001]. Sebagai aturan umum pada proses anaerob konsentrasi asam asetat harus kurang dari 250 mg/L. Penghambatan terjadi pada konsentrasi asam asetat lebih dari 2.000 mg/L [USEPA, 2002]. Dalam metabolisme pencernaan anaerobik semua asam volatil diubah menjadi asam asetat [Wijekoon dkk, 2011].

3.3 Hubungan pH terhadap Konsentrasi Asam Asetat pada Kondisi Tunak

Hubungan pH terhadap konsentrasi asam asetat pada kondisi tunak bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu pada laju pembebanan organik 12,5; 16,7; 25 dan

50 kgCOD/m³hari dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hubungan pH terhadap Konsentrasi Asam Asetat

Pada Gambar 4. ditunjukkan hubungan kondisi rata-rata pH dengan rata-rata konsentrasi asam asetat setiap laju pembebanan organik pada kondisi tunak bioreaktor. Pada laju pembebanan organik 50 kg COD/m³ hari rata-rata pH yang diperoleh sebesar 6,13 dengan rata-rata konsentrasi asam asetat sebesar 75,2 mg/L, pada laju pembebanan organik 25 kg COD/m³ hari rata-rata pH sebesar 6,4 dengan rata-rata konsentrasi asam asetat sebesar 64 mg/L, pada laju pembebanan organik 16,7 kg COD/m³ rata-rata pH sebesar 6,4 dengan rata-rata konsentrasi asam asetat 57,6 mg/L, dan pada laju pembebanan organik 12,5 kg COD/m³ rata-rata pH sebesar 6,8 dengan rata-rata konsentrasi asam asetat sebesar 51,2 mg/L. Laju pembebanan organik 50 kg COD/m³ hari merupakan laju pembebanan organik optimum proses pembentukan asam asetat dengan konsentrasi asam asetat paling tinggi sebesar 75,2 mg/L dan pH sebesar 6,13 pada kondisi tunak.

Pada laju pembebanan organik 25 kg COD/m³ dan 50 kg COD/m³ konsentrasi asam asetat tinggi, hal ini

disebabkan karena laju pembebanan organik yang tinggi pada bioreaktor. Menurut Ahmad (1992), laju pembebanan yang tinggi pada bioreaktor menyebabkan meningkatnya konsentrasi asam asetat. Sedangkan pada laju pembebanan organik 12,5 kg COD/m³ dan 16,7 kg COD/m³ konsentrasi asam asetat mulai menurun dan pH semakin tinggi.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Chaisri dkk (2007) yang menggunakan limbah cair pabrik minyak kelapa sawit dengan menggunakan reaktor UASB dan UFAF dengan variasi laju pembebanan organik 2,5-17,5 kg COD/m³ hari untuk reaktor UASB dan 1,1-10 kg COD/m³ hari untuk reaktor UFAF. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi asam volatil sebagai asam asetat semakin meningkat dengan meningkatnya laju pembebanan organik. Dimana laju pembebanan optimum untuk

pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan reaktor UASB dan UFAF adalah 15,5 dan 7,5 kg COD/m³ hari didapat asam asetat 1730 mg/L dan pH 6,43 untuk reaktor UASB dan 179 mg/L dan pH 7,01.

3.4 Studi Komparatif Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob

Studi komparatif kinerja bioreaktor hibrid anaerob ditinjau dengan membandingkan kinerja bioreaktor hibrid anaerob dalam pengolahan limbah cair pabrik sagu bermedia batu terhadap bioreaktor hibrid anaerob yang mengolah limbah cair industri lainnya dengan media yang berbeda pula. Perbandingan kinerja bioreaktor hibrid anaerob pengolahan limbah cair sagu bermedia batu ini dengan pengolahan limbah cair industri lain dengan menggunakan media yang berbeda ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Studi Komparatif Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob

Limbah	Media Imobilisasi	Variabel	pH	Asam Asetat	Sumber
Limbah cair sagu sintetik	Plastik ring	Laju pembebanan organik	6,7	2900 mg/L	Banu dkk (2006)
Limbah cair PKS	Tandan kosong	WTH	7,4	1015,8 mg/L	Syahrizal dkk (2010)
Limbah cair PKS	Pelepah sawit	WTH	7,4	891 mg/L	Syahrizal dkk (2010)
Limbah cair PKS	Cangkang sawit	WTH	6,8	842 mg/L	Smith dkk (2010)
Limbah cair PKS	Batu	WTH	6,8-7,4	8707,3 mg/L	Putra dkk (2010)
Limbah cair sagu	Batu	Laju pembebanan organik	6,13	75,2 mg/L	Penelitian ini

Pada Tabel 2. ditunjukkan bahwa kondisi operasi optimum bioreaktor hibrid anaerob pada kondisi tunak dalam mengolah limbah cair sagu sintetik

dengan media plastik ring pada laju pembebanan organik 24,6 kg COD/m³ hari dengan konsentrasi asam asetat 2900 mg/L dan pH 6,7. Kondisi operasi

optimum bioreaktor hibrid anaerob dalam mengolah limbah cair pabrik kelapa sawit dengan media tandan kosong pada WTH 4 hari dengan konsentrasi asam asetat 1015,8 mg/L dan pH 7,4. Di samping itu, kondisi optimum bioreaktor hibrid anaerob dalam mengolah limbah cair pabrik kelapa sawit dengan media pelepah sawit pada WTH 1 hari dengan konsentrasi asam asetat 842 mg/L dan pH 6,8. Sementara itu, kondisi optimum bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu

dalam mengolah limbah cair kelapa sawit terjadi pada WTH 4 hari dengan konsentrasi asam asetat 8707,3 mg/L dan pH dioperasikan pada rentang 6,8-7,4.

Kondisi operasi optimum bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu dalam mengolah limbah cair sagu pada penelitian ini terjadi pada laju pembebanan organik 50 kg COD/m³ hari dengan konsentrasi asam asetat 75,2 mg/L dan pH 6,13.

4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Semakin tinggi pembebanan organik yang diumpukan kedalam bioreaktor menyebabkan bakteri *acidogen* dan *acetogen* semakin aktif dan semakin cepat tumbuh karena mendapatkan nutrisi yang banyak, sehingga semakin banyak bahan organik dikonversi menjadi asam asetat dan terjadi akumulasi asam asetat yang menyebabkan pH semakin asam.
2. Pada laju pembebanan organik 50 kg COD/m³ hari diperoleh nilai rata-rata pH sebesar 6,17 dan konsentrasi asam asetat 76,8 mg/L, sedangkan pada laju pembebanan organik 12,5 kg COD/m³ hari diperoleh nilai rata-rata pH sebesar 6,75 dan konsentrasi asam asetat 57,26 mg/L.
3. Laju pembebanan organik 50 kg COD/m³ hari merupakan laju pembebanan organik optimum proses pembentukan asam asetat dengan konsentrasi asam asetat paling tinggi sebesar 76,8 mg/L dan pH sebesar 6,17.

Saran lanjutan yang dapat ditindak lanjuti pada penelitian ini antara lain:

1. Pada penelitian selanjutnya, perlu dilakukan variasi dari spesifikasi media batu yang digunakan sebagai media melekat mikroorganisme.
2. Pemilihan variasi laju pembebanan organik dan pengaturan kondisi lingkungan yang optimum untuk bakteri penghasil asam/ *acids farming bacteria* sehingga diperoleh konsentrasi asam asetat yang lebih tinggi.

5. Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Riau yang telah membiayai penelitian ini dalam skema penelitian pola ilmiah pokok.

6. Daftar pustaka

- Ahmad, A., 1992, *Kinerja Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerobik Dua Tahap dalam Mengolah Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit*, Pusat Antar Universitas-Bioteknologi, Institut Teknologi Bandung.
- Ahmad, A., 2001, "Biodegradasi Limbah Cair Industri Minyak Sawit dalam Sistem Bioreaktor Anaerob",

- Disertasi Doktor*, Institut Teknologi Bandung
- 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, Universitas Riau.
- APHA, AWWA dan WPCF, 1992, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, Washington DC.
- Awg-Adeni, D.S., S. Abd-Aziz., K. Bujang dan M.A. Hassan., 2010. Bioconversion of Sago Residue Into Value Added Products”, *African Journal of Biotechnology* Vol. 9 (14). Hal 2016-2012.
- Banu. J.R., S. Kaliappan. dan D. Beck., 2006, Treatment of Sago wastewater Using Hybrid Anaerobic Reactor. *Water Quality Res J*, Vol 41, No 1, Hal 56-62.
- Dumaipos, 2012, Simposium Sagu Internasional: Penghasil Terbesar Ketiga Dunia, <http://www.dumai pos.com>, 24 Oktober 2011.
- Fadila.,I, 2011, *Potensi Sagu dalam Upaya Diversifikasi Pangan*, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan.
- Grady,Jr., C.P.L dan H.C Lim, 1980, *Biological Wastewater Treatment, Theory and Application*, Marcel Dekker Inc, New York.
- Hwang , S., Lee , Yongse., Yang, Keunyoung, 2001, Maximization of acetic acid production in partial acidogenesis of swine wastewater, *Biotechnology and Bioengineering*, 75(5): 521 – 529
- Simamora,S., Salundik, S. Wahyuni, dan Surajudin, 2006, *Membuat Biogas*, Agro Media Pustaka, Jakarta.
- Smith,H.H.A., A.Ahmad, dan Jecky Asmura, 2011, Uji Kestabilan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia”Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber daya Alam Indonesia*, Yogyakarta.
- Syafila M., A. H. Djajadiningrat dan M. Handajani, 2003, Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu untuk Pengolahan Air Buangan yang Mengandung Molase, *Prosiding ITB Sains dan Tek. Vol. 35 A, No 1, 19-31*.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 2002, *Anaerobic Lagoons*, Washington D.C.
- Wijekoon, K.C., C. Visvanathan, A. Abeynayaka, 2011, Effect of Organic Loading Rate on VFA Production, Organic Matter Removal and Microbial Activity of a two stage Thermophilic Anaerobic Membrane Bioreactor. *Bioresource Tehnology*, 102, 5353-5360