

Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap pH, Alkalinitas dan Asam Volatil Dalam Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Sagu

Resarizki Utami ¹⁾, Adrianto Ahmad ²⁾, Edward HS ²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, ²⁾Dosen Teknik Kimia dan Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 , Pekanbaru 28293
E-mail: resarizkiutami@gmail.com

ABSTRACT

In producing sago becomes sago flour be required 20,000 liters of water per ton of sago, where 94% of the water be liquid waste. If the liquid waste which has a high content of organic material is directly dumped into waters, it is very potentially pollute the environment. One of the liquid waste processing sago is using by hybrid anaerobic bioreactor two stages. Bioreactor performance is influenced by pH, alkalinity and volatile acid. The purpose of this research is to know the influence of flow rate feedback of pH, alkalinity and volatile acid in hybrid anaerobic bioreactor two stages and determine the stability of the bioreactor. This research was conducted by using hybrid anaerobic bioreactor two stages with stone as a medium for growth of microorganisms. The volume of work being used is equal to 10 liters in the first stage bioreactor and 20 liters in the second stage bioreactor with varied flow rate feedback in the second stage bioreactor, 2.86 liters/day, 4 liters/day and 6.67 liters/day. The results showed that the optimum of flow rate feedback obtained at 2.86 liters/day with an average pH of 6.8, alkalinity of 2341 mg/L, volatile acid of 38,67 mg/L and the stability of bioreactor of 0.0118.

Keywords : Alkalinity; Anaerobic; Hybrid bioreactor; pH; Sago wastewater; Two stages; Volatile acid

1. Pendahuluan

Tanaman sagu (*Metroxylon sp.*) merupakan tanaman pangan lokal Indonesia yang memiliki potensi cukup besar. Hal ini dikarenakan sagu merupakan sumber karbohidrat yang penting bagi kehidupan yang dapat menggantikan beras. Daerah potensial penghasil sagu di Indonesia kebanyakan terdapat di daerah timur seperti Sulawesi, Maluku dan Papua. Sedangkan untuk di daerah Sumatra, Riau tepatnya di Kepulauan Meranti juga menjadi daerah penghasil sagu. Menurut Ramadhan (2009) sebanyak 51,3% dari 2,2 juta Ha areal lahan sagu di dunia, terdapat di Indonesia. Daerah potensial penghasil

sagu di Indonesia meliputi Riau, Sulawesi, Maluku dan Papua.

Untuk mengolah tanaman sagu menghasilkan pati sagu dilakukan proses ekstraksi dengan air. Dengan media air ini pati sagu dapat dipisahkan dengan seratnya. Akibatnya air mengandung pati setelah proses ekstraksi [Amos, 2010]. 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 1 ton sagu [Banu dkk, 2006].

Bila limbah cair yang memiliki kandungan bahan organik tinggi langsung dibuang ke perairan sangat berpotensi mencemari lingkungan. Untuk itu

dilakukan pengolahan limbah cair sebelum limbah cair tersebut dibuang ke perairan [Ahmad, 1992]. Limbah cair yang dibuang ke perairan harus sesuai dengan baku mutu lingkungan. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran agar aktivitas biota perairan tidak terganggu dan kualitas air tidak menurun.

Pengolahan limbah cair dapat dilakukan secara aerob dan anaerob. Proses anaerob merupakan proses biodegradasi senyawa organik secara biologis dalam kondisi tanpa kehadiran oksigen. Salah satu contoh pengolahan limbah cair secara anaerob yang dapat dilakukan adalah dengan bioreaktor hibrid anaerob yang merupakan penggabungan antara sistem pertumbuhan tersuspensi, dan sistem pertumbuhan melekat, anaerobik filter [Ahmad, 2004].

Pada dekomposisi anaerob faktor pH sangat berperan, karena pada rentang pH yang tidak sesuai mikroba tidak dapat tumbuh dengan maksimum dan bahkan menyebabkan kematian yang pada akhirnya dapat menghambat perolehan gas metana. Derajat keasaman yang optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8 hingga 7,8 [Simamora dkk, 2006]. Sedangkan alkalinitas limbah cair membantu mempertahankan pH agar tidak mudah berubah yang disebabkan oleh penambahan asam. Selain itu, alkalinitas juga mempengaruhi pengolahan zat-zat kimia dan biologi serta dibutuhkan sebagai nutrisi bagi mikroba [Putra, 2010].

Dalam pengolahan limbah cair sagu dengan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap perlu tidak hanya memperhatikan parameter-parameter seperti pH dan alkalinitas, tetapi juga memperhatikan asam asetat. Menurut Smit (2011) 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.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh laju alir umpan terhadap pH, alkalinitas dan asam volatil dalam bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu yang terdapat di dalam pengolahan limbah cair sagu serta menentukan kestabilan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap.

2. Metode Penelitian

Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair pabrik pengolahan pati sagu Desa Belitung, Kecamatan Merbau, Kabupaten Kepulauan Meranti dengan karakteristik ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Sagu

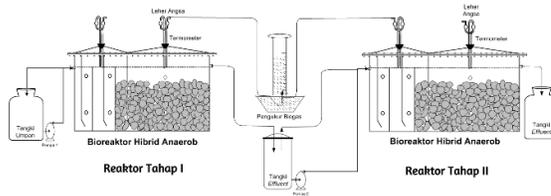
Parameter	Satuan	Nilai	Baku mutu*)
pH	-	5,6	6,0-9,0
Alkalinitas	mg/L	640	2000-3000
Asam Volatil	mg/L	253,44	-

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

Variabel proses yang digunakan adalah variasi laju alir umpan yaitu 2,86 liter/hari, 4 liter/hari dan 6,67 liter/hari. Parameter yang diamati adalah pH, alkalinitas dan asam volatil. Metode pengukuran pH menggunakan pH-meter dan metode pengukuran alkalinitas menggunakan metode titrasi volumetri (indikator warna) sedangkan asam volatil 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 Dua Tahap Bermedia Batu

Dari Gambar 1. Dapat dilihat bahwa batu dimasukkan ke dalam bagian yang tidak bersekat dengan ketinggian $\frac{3}{4}$ dari tinggi cairan. Kemudian pada bagian yang tersuspensi dan melekat dimasukkan kultur campuran yang terdiri dari kotoran sapi dan substrat berupa limbah cair sagu yang telah diaklimatisasi, sehingga volume reaktor efektif cairan 10 liter pada bioreaktor tahap satu dan 20 liter pada bioreaktor tahap dua. Lalu diinjeksikan gas nitrogen ke dalam sistem melalui lubang yang telah tersedia pada bioreaktor selama 5 menit pada masing masing fase pertumbuhan tersuspensi dan melekat yang bertujuan untuk mengusir oksigen terlarut dalam cairan. Pola aliran mengikuti rezim di dalam sistem bioreaktor hibrid anaerob dua tahap.

Limbah cair sagu yang akan diolah, dimasukkan ke dalam tangki umpan. Kemudian, dengan menggunakan pompa, limbah cair tersebut dialirkan menuju bioreaktor tahap satu dengan laju alir umpan 5 liter/hari. Aliran limbah cair sagu yang ada di dalam bioreaktor turun dan naik mengikuti sekat yang ada di dalam bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dan aliran tersebut akan keluar menuju tangki *effluent*. Dari tangki *effluent* limbah cair sagu akan

dipompakan kembali menuju bioreaktor tahap dua dengan laju alir umpan yang telah divariasikan. Pada bagian atas bioreaktor hibrid anaerob dua tahap ini dilengkapi dengan leher angsa dan selang. Larutan garam diisi pada leher angsa agar dapat mencegah masuknya mikroorganisme pengganggu dari luar bioreaktor.

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 2,86 liter/hari ; 4 liter/hari dan 6,67 liter/hari. Bioreaktor dioperasikan pada suhu ruang.

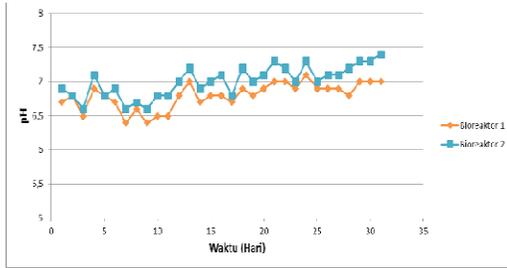
Proses operasional ini bertujuan untuk melihat pengaruh laju alir umpan terhadap pH, alkalinitas dan asam volatil. Yang diperhatikan adalah dengan nilai laju alir umpan tertentu didapat perubahan nilai pH, alkalinitas dan asam volatil. Selain itu, laju alir umpan tertentu bertujuan untuk memberikan pasokan makanan bagi bakteri anaerob sebagai nutrisi untuk pertumbuhan. Setiap laju alir umpan yang diberikan, dilakukan pengambilan sampel pada *effluent* bioreaktor sebanyak 500 ml untuk dianalisa pH, alkalinitas dan asam volatil.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan melihat perubahan pH, alkalinitas dan asam volatil pada saat *start-up* dan kontinu.

3.1 Perubahan pH Selama Transien Pada *Start-up*

Dilakukan pengukuran pH selama kondisi transien dengan laju alir umpan 3,33 liter/hari. Hasil pengukuran pH tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

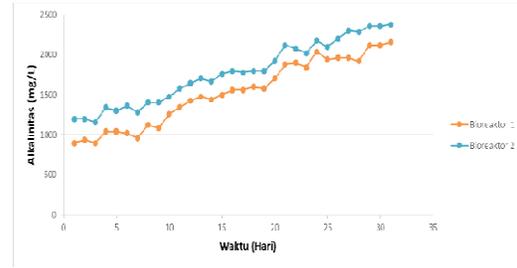


Gambar 2. Perubahan pH Selama Transien

Pada Gambar 2. Ditunjukkan bahwa nilai pH meningkat seiring meningkatnya waktu. Kondisi pH paling tinggi terjadi pada hari ke-24 dengan nilai pH 7 dan kondisi pH paling rendah terjadi pada hari ke-7 dan 9 dengan nilai pH 6,4 untuk bioreaktor tahap satu, sedangkan pada bioreaktor tahap dua, kondisi pH paling tinggi terjadi pada hari ke-31 dengan nilai pH 7,4 dan kondisi pH paling rendah terjadi pada hari ke-3, 7 dan 9 dengan nilai 6,6. Fluktuasi pH terjadi akibat asam-asam volatil yang terbentuk mampu disangga oleh unsur alkali yang terdapat dalam air buangan. Alkalinitas yang terbentuk pada air buangan berasal dari CO_2 yang bersenyawa dengan air membentuk membentuk asam karbonat dan berdisosiasi membentuk ion-ion hidrogen dan ion-ion bikarbonat. Ion-ion ini yang berfungsi sebagai *buffer*. Kondisi optimum untuk perkembangan mikroorganisme anaerobik berkisar pada pH 6,8-7,4 [Ahmad, 1992].

3.2 Perubahan Konsentrasi Alkalinitas Selama Transien Pada *Start-up*

Dilakukan pengukuran alkalinitas selama kondisi transien dengan laju alir umpan 3,33 liter/hari. Hasil pengukuran alkalinitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

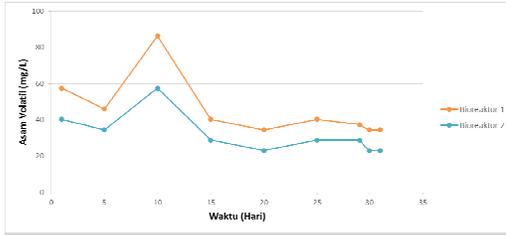


Gambar 3. Perubahan Alkalinitas Selama Transien

Gambar 3. menunjukkan konsentrasi alkalinitas tertinggi pada proses *start-up* bioreaktor tahap satu terjadi pada hari ke-31 dengan nilai sekitar 2160 mg/L dan konsentrasi alkalinitas yang paling rendah terjadi pada hari ke-1 dengan nilai sekitar 900 mg/L, sedangkan pada proses *start-up* bioreaktor tahap dua, konsentrasi alkalinitas tertinggi terjadi pada hari ke-31 dengan nilai sekitar 2380 mg/L dan konsentrasi alkalinitas terendah terjadi pada hari ke-3 dengan nilai sekitar 1160 mg/L. Konsentrasi alkalinitas mengalami peningkatan dari bioreaktor tahap satu ke bioreaktor tahap dua. Semakin meningkatnya asam-asam volatil yang tidak terpakai dan terbawa oleh aliran menjadi efluen akan mengganggu kesetimbangan antara CO_2 dan H_2CO_3 akibatnya disosiasi ion hidrogen dan ion bikarbonat yang berfungsi sebagai *buffer* ikut terganggu. Hal ini berpengaruh terhadap nilai konsentrasi alkalinitas. Kondisi optimum alkalinitas untuk fermentasi metan berkisar antara 2000-3000 mg/L [Ahmad, 1992].

3.3 Perubahan Konsentrasi Asam Volatil Selama Transien Pada *Start-up*

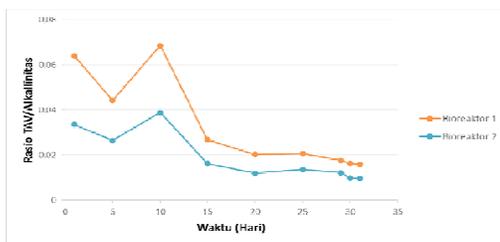
Dilakukan pengukuran asam volatil selama kondisi transien dengan laju alir umpan 3,33 liter/hari. Hasil pengukuran asam volatil tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Perubahan Asam Volatil Selama Transien

Gambar 5. menunjukkan bahwa kenaikan asam volatil paling tinggi pada bioreaktor tahap satu dan dua sama-sama terjadi pada hari ke-10 dengan nilai konsentrasi 86,4 mg/L dan 57,6 mg/L, sedangkan konsentrasi asam volatil paling rendah pada bioreaktor tahap satu dan dua dengan nilai konsentrasi 34,56 mg/L dan 23,04 mg/L. Kapasitas penyangga dari alkalinitas mampu menyangga asam-asam volatil yang terbentuk sehingga konsentrasi asam volatil tidak meningkat. Turunnya konsentrasi asam lemak volatil didalam bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dengan media batu tidak mengakibatkan aktivitas mikroorganismenya terganggu, hal ini dapat dilihat dari pH yang dihasilkan pada sistem. Menurut Ahmad (1992), kondisi optimum fermentasi metan berlangsung pada rentang asam lemak volatil 50-500 mg/L dan ekstrim pada konsentrasi 2000 mg/L.

3.4 Kestabilan Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap Pada *Start-up*
Kestabilan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dengan media batu ditunjukkan pada Gambar 6.

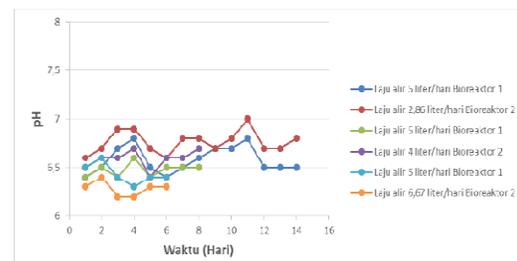


Gambar 6. Kestabilan Bioreaktor pada Kondisi *Start-Up*

Kestabilan bioreaktor ditunjukkan dari nilai rasio konsentrasi asam volatil dengan konsentrasi alkalinitas (TAV/Alkalinitas). Menurut Ahmad (2004), sistem yang mempunyai kestabilan tinggi mempunyai nisbah TAV/Alkalinitas lebih kecil dari 0,1. Kestabilan proses yang cukup tinggi disebabkan karena adanya pemisahan tahap yaitu tahap asidogenesis dan metanogenesis. Dengan adanya pemisahan tahap maka senyawa yang bersifat racun terhadap kelompok bakteri metanogen dapat dicegah dan dikendalikan pada tahap pertama (asidogenesis). Pada penelitian ini, tingkat kestabilan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dengan media batu yang paling tinggi pada bioreaktor tahap satu dan dua terjadi pada hari ke-31 dengan nilai 0,016 dan 0,0096, sedangkan nilai kestabilan bioreaktor tahap satu dan dua yang paling rendah terjadi pada hari ke-10 dengan nilai 0,0685 dan 0,0389.

3.5 Perubahan Konsentrasi pH Selama Transien Pada Proses Kontinu

Kondisi transien merupakan kondisi awal sebelum tercapainya kondisi *steady state* di dalam sistem bioreaktor hibrid anaerob dua tahap. Perubahan pH selama proses kontinu bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan antara Laju Alir terhadap pH pada Proses Kontinu

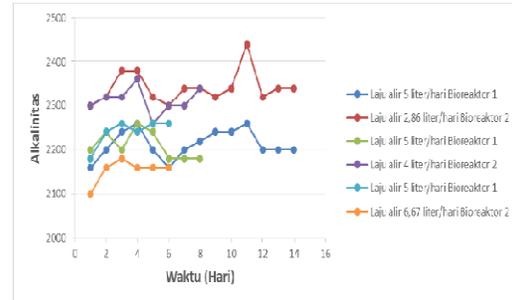
Gambar 7. menunjukkan bahwa pH meningkat berbanding terbalik dengan laju alir umpan. Dari gambar tersebut dapat dilihat pada bioreaktor tahap dua bahwa semakin besar laju alir maka pH *effluent* yang terukur semakin rendah. Kondisi bioreaktor hibrid anaerob dua tahap ini yaitu bervariasi laju alir pada bioreaktor tahap dua, sedangkan pada bioreaktor tahap satu laju alir tetap sebesar 5 liter/hari dan tidak divariasikan seperti bioreaktor tahap dua. Kondisi pH paling tinggi terjadi pada laju alir 2,86 liter/hari yaitu sebesar 7 dengan nilai rata-rata 6,76. Kondisi pH paling rendah terdapat pada laju alir 6,67 liter/hari dengan nilai rata-rata pH 6,28. Sedangkan kondisi rata-rata pH pada laju alir 4 liter/hari sebesar 6,59. Kondisi pH paling optimum berada pada laju alir terkecil yaitu 2,86 l/hari. Kondisi optimum untuk perkembangan mikroorganismen anaerobik yang berkisar pada pH 6,8-7,4 [Ahmad, 2004].

Peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian dengan menggunakan yaitu bioreaktor hibrid anaerob tetapi dengan menggunakan limbah dan media yang berbeda. Banu dkk (2006) melakukan penelitian menggunakan limbah cair sagu sintetik dengan media plastik ring, diperoleh pH sebesar 7,4 hingga 8,1.

Putra (2010) melakukan penelitian dengan substrat limbah cair sawit dan media batu diperoleh pH sebesar 6,8 hingga 7,4. Lestari (2012) melakukan penelitian menggunakan limbah cair sagu dengan media batu, diperoleh pH sebesar 6,2 hingga 7,4.

3.6 Perubahan Konsentrasi Alkalinitas Selama Transien Pada Proses Kontinu

Perubahan konsentrasi alkalinitas selama proses kontinu bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu ditunjukkan pada Gambar 8.



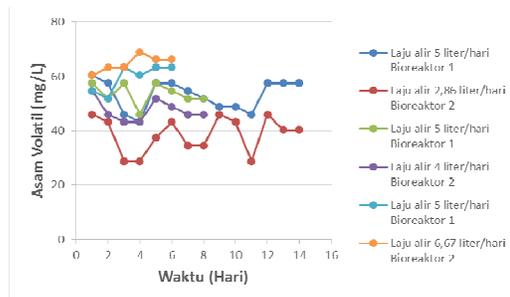
Gambar 8. Hubungan antara Laju alir terhadap Alkalinitas pada Proses Kontinu

Gambar 8. menunjukkan konsentrasi alkalinitas tertinggi pada proses kontinu bioreaktor tahap dua terjadi pada laju alir 2,86 liter/hari yaitu dengan nilai 2440 mg/L dengan nilai rata-rata sekitar 2341 mg/L sedangkan rata-rata alkalinitas terendah terjadi pada laju alir 6,67 liter/hari yaitu sebesar 2153 mg/L. Pada kondisi laju alir 4 liter/hari nilai rata-rata alkalinitas berkisar 2313 mg/L. Perairan mengandung alkalinitas ≥ 20 ppm menunjukkan bahwa perairan tersebut relatif stabil terhadap perubahan asam/basa sehingga kapasitas buffer atau basa lebih stabil [Ahmad, 1992].

Peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian dengan menggunakan jenis bioreaktor yang sama yaitu bioreaktor hibrid anaerob tetapi dengan menggunakan limbah dan media yang berbeda. Banu dkk (2006) melakukan penelitian menggunakan limbah cair sagu sintetik dengan media plastik ring, diperoleh konsentrasi alkalinitas sebesar 1510 hingga 3120 mg/L. Putra (2010) melakukan penelitian dengan substrat limbah cair sawit dan media batu, diperoleh konsentrasi alkalinitas sebesar 25.000 hingga 32.000 mg/L. Lestari (2012) melakukan penelitian dengan substrat limbah cair sagu dan media batu, diperoleh konsentrasi alkalinitas sebesar 2160 hingga 2640 mg/L.

3.7 Perubahan Konsentrasi Asam Volatil Selama Transien Pada Proses Kontinu

Perubahan konsentrasi asam volatil selama proses kontinu bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan antara Laju alir terhadap Asam Volatil pada Proses Kontinu

Pada Gambar 9. ditunjukkan bahwa konsentrasi asam volatil yang dihasilkan pada proses kontinu berbanding lurus dengan laju alir umpan. Penurunan konsentrasi asam volatil yang paling rendah terjadi pada laju alir umpan 2,86 liter/hari dengan nilai konsentrasi rata-rata sebesar 38,67 mg/L, sedangkan konsentrasi asam volatil yang paling tinggi pada laju alir umpan 6,67 liter/hari dengan nilai konsentrasi rata-rata sebesar 64,8 mg/L. Rata-rata konsentrasi asam volatil pada laju alir umpan 4 liter/hari adalah sebesar 47,52 mg/L. Dalam metabolisme pencernaan anaerobik semua asam volatil diubah menjadi asam asetat [Wijekoon dkk, 2011].

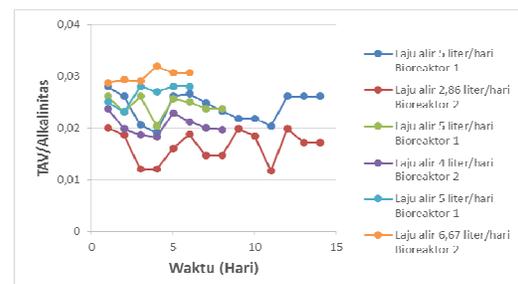
Konsentrasi asam asetat dapat dianggap sebagai indikator yang baik bagi kinerja reaktor anaerob, khususnya pada aktivitas bakteri methanogen dan *acetogenic* karena asam dikonversi ke metana pada laju yang sama mereka terbentuk jika keseimbangan tetap terjaga. Konsentrasi dan proporsi asam asetat yang 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 [EPA, 2002].

Konsentrasi asam asetat yang diperoleh berkisar dari 28,8 mg/L hingga 69,12 mg/L. Rentang konsentrasi asam asetat ini relatif rendah dibandingkan dengan peneliti lain [Banu dkk, 2006; Putra, 2010; Dewi, 2012]. Banu dkk (2006) memperoleh konsentrasi asam asetat sekitar 2.900 mg/L pada laju pembebanan organik 24,6 kg COD/m³ hari dengan menggunakan substrat limbah cair sagu sintetik bermedia plastik ring, sedangkan Putra (2010) memperoleh asam asetat sebesar 8.700 mg/L pada waktu tinggal hidraulik 4 hari dengan menggunakan limbah cair Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dengan media batu. Sementara itu, Dewi (2012) memperoleh asam asetat sebesar 76,8 mg/L pada laju pembebanan organik 50 kg COD/m³ hari dengan menggunakan substrat limbah cair sagu dengan media batu.

3.8 Kestabilan Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap Pada Proses Kontinu

Kestabilan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap dengan media batu selama proses kontinu ditunjukkan pada Gambar 10.

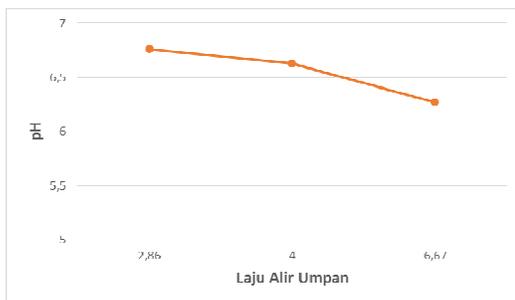


Gambar 10. Kestabilan Bioreaktor Selama Proses Kontinu

Kestabilan bioreaktor dapat ditunjukkan dari rasio total asam lemak volatil dengan konsentrasi alkalinitas. Pada proses kontinu penelitian ini, tingkat kestabilan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu sebesar 0,0118 pada hari ke-11 dengan laju alir 2,86 liter/hari, sedangkan tingkat kestabilan bioreaktor pada laju alir 4 liter/hari yaitu sebesar 0,0183 pada hari ke-4, dan pada laju alir 6,67 liter/hari tingkat kestabilan bioreaktor sebesar 0,0288 pada hari pertama. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat kestabilan bioreaktor tersebut sangat tinggi, tetapi bioreaktor yang mempunyai tingkat kestabilan paling tinggi adalah bioreaktor pada laju alir 2,86 liter/hari dengan tingkat kestabilan 0,0118. Menurut Ahmad (2004), sistem yang mempunyai kestabilan tinggi harus mempunyai nisbah TAV/Alkalinitas kecil dari 0,1. Grafik tingkat kestabilan bioreaktor hibrid anaerob dapat dilihat pada Gambar 10 di atas.

3.9 Hubungan Laju Alir Umpan terhadap Konsentrasi pH

Hubungan pH pada kondisi tunak bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu pada laju alir umpan 2,86 liter/hari ; 4 liter/ hari dan 6,67 liter/hari dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hubungan Laju Alir Umpan terhadap pH

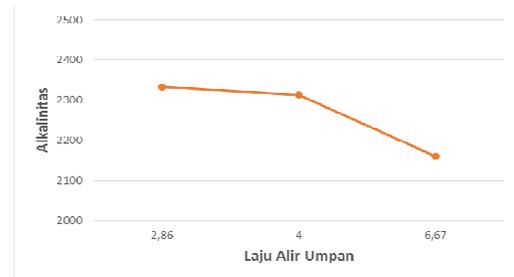
Gambar 11 menunjukkan hubungan antara kondisi rata-rata pH pada kondisi tunak masing-masing variabel laju alir.

Pada laju alir 2,86 liter/hari diperoleh rata-rata nilai pH 6,76, pada laju alir 4 liter/hari diperoleh rata-rata nilai pH 6,63 dan pada laju alir 6,67 liter/hari diperoleh rata-rata nilai pH 6,27.

Pada laju alir 2,86 l/hari nilai pH berada pada rentang optimum proses anaerob. Pada laju alir 4, dan 6,67 liter/hari nilai pH yang terukur menurun. Dari Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa hubungan laju alir umpan terhadap pH yaitu semakin tinggi pH berbanding terbalik dengan laju alir umpan.

3.10 Hubungan Laju Alir Umpan terhadap Konsentrasi Alkalinitas

Hubungan alkalinitas pada kondisi tunak bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu pada laju alir umpan 2,86 liter/hari ; 4 liter/ hari dan 6,67 liter/hari dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Hubungan Laju Alir Umpan terhadap Alkalinitas

Gambar 12. menunjukkan hubungan antara kondisi rata-rata alkalinitas pada kondisi tunak masing-masing variabel laju alir. Pada laju alir 2,86 l/hari diperoleh rata-rata konsentrasi alkalinitas sebesar 2333 mg/L, pada laju alir 4 liter/hari diperoleh rata-rata konsentrasi alkalinitas sebesar 2313 mg/L, dan pada laju alir 6,67 liter/hari diperoleh rata-rata konsentrasi alkalinitas sebesar 2160 mg/L.

Pada laju alir 2,86 liter/hari konsentrasi alkalinitas yang terhitung cukup tinggi. Pada laju alir 4 dan 6,67

liter/hari konsentrasi alkalinitas menurun dan dapat dilihat pH yang terukur pada Gambar 4.9 juga menurun. Penurunan kapasitas penyangga dari alkalinitas disebabkan karena peningkatan laju alir umpan. Hal ini sesuai dengan penelitian Soeprijanto dkk (2010) yang menyimpulkan bahwa semakin tinggi pembebanan organik atau laju alir umpan berarti semakin banyak bahan organik yang didegradasi sehingga sistem akan lebih banyak menghasilkan asam asetat. Apabila asam asetat yang dihasilkan pada proses asidogenesis lebih banyak dibanding karbondioksida maka asam karbonat yang dihasilkan dari reaksi karbondioksida dan air juga akan menjadi sedikit dan konsentrasi alkalinitas yang terukur akan bernilai kecil.

Alkalinitas juga berpengaruh terhadap pH dalam suatu perairan. Dalam kondisi basa ion bikarbonat akan membentuk ion karbonat dan melepaskan ion hidrogen yang bersifat asam sehingga keadaan pH menjadi netral, sebaliknya bila keadaan terlalu asam, ion karbonat akan mengalami hidrolisis menjadi ion bikarbonat dan melepaskan hidrogen oksida yang bersifat basa, sehingga keadaan kembali netral [Lahiank, 2011].

Dari Gambar 12. dapat dilihat bahwa hubungan laju alir umpan terhadap konsentrasi alkalinitas sama seperti hubungan laju alir umpan terhadap pH yaitu semakin tinggi pH maka konsentrasi alkalinitas yang terhitung juga semakin meningkat hal ini berbanding terbalik dengan laju alir umpan. Kondisi pH dipengaruhi oleh alkalinitas karena alkalinitas merupakan penunjuk kapasitas penyangga pH dalam fermentasi anaerobik. Semakin tinggi konsentrasi alkalinitas menyebabkan kondisi pH cairan tidak turun, sehingga bakteri anaerobik dapat berkembang optimum pada proses fermentasi anaerobik untuk menghasilkan biogas [Lestari, 2012].

3.11 Hubungan Laju Alir Umpan terhadap Konsentrasi Asam Volatil
 Hubungan asam volatil pada kondisi tunak bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu pada laju alir umpan 2,86 liter/hari ; 4 liter/ hari dan 6,67 liter/hari dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hubungan Laju Alir Umpan terhadap Asam Volatil

Pada Gambar 13. ditunjukkan hubungan kondisi rata-rata konsentrasi asam volatil setiap variabel laju alir umpan pada kondisi tunak bioreaktor. Pada laju alir umpan 2,86 liter/hari rata-rata konsentrasi asam volatil sebesar 42,24 mg/L, pada laju alir umpan 4 liter/hari rata-rata konsentrasi asam volatil sebesar 47,04 mg/L, dan pada laju alir umpan 6,67 liter/hari rata-rata konsentrasi asam volatil sebesar 67,2 mg/L. Laju alir umpan 6,67 liter/hari merupakan laju alir umpan optimum proses pembentukan asam volatil dengan konsentrasi asam volatil paling tinggi sebesar 67,2 mg/L pada kondisi tunak.

Pada laju alir umpan 4 liter/hari dan 6,67 liter/hari konsentrasi asam volatil tinggi, hal ini disebabkan karena laju alir umpan yang tinggi pada bioreaktor. Menurut Ahmad (1992), laju pembebanan yang tinggi pada bioreaktor menyebabkan meningkatnya konsentrasi asam asetat. Sedangkan pada laju alir umpan 2,86 liter/hari konsentrasi asam asetat mulai menurun dan pH semakin meningkat.

Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi pH, maka konsentrasi asam asetat cenderung menurun. Penurunan dan peningkatan pH sangat dipengaruhi oleh konsentrasi asam asetat dalam cairan. Semakin tinggi pembebanan organik yang diumpukan kedalam bioreaktor menyebabkan bakteri *acidogen* dan *acetogen* semakin aktif dan semakin cepat tumbuh, sehingga semakin banyak bahan organik dikonversi menjadi asam asetat yang menyebabkan menurunnya pH [Soeprijanto dkk, 2010].

3.12 Studi Komparatif Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Tahap

Studi komparatif kinerja bioreaktor hibrid anaerob dua tahap 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 dua tahap 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 Yang Digunakan	Variabel	pH	Alkalinitas (mg/L)	Asam Volatil (mg/L)	Sumber
Limbah Cair Sagu Sintetik	Plastik ring	Laju pembebanan organik	6,7	1510-3120	2900	Banu dkk (2006)
Limbah Cair PKS	Batu	WTH	6,8-7,4	25000-32000	8707,3	Putra (2010)
Limbah Cair Sagu	Batu	Laju Alir Umpan	6,2-7,4	2160-2640	-	Lestari (2012)
Limbah Cair Sagu	Batu	Laju Pembebanan Organik	6,2-7,4	-	76,8	Dewi (2012)
Limbah Cair Sagu	Batu	Laju Alir Umpan	6,2-7	2160-2440	67,2	Penelitian ini

Pada Tabel 2. ditunjukkan bahwa bioreaktor hibrid anaerob bermedia plastik ring yang digunakan untuk mengolah limbah cair sagu memperoleh pH sebesar 7,4 hingga 8,1 dan konsentrasi alkalinitas sebesar 1510 hingga 3120 mg/L, serta konsentrasi asam asetat sebesar 2900 mg/L. Selain itu pada bioreaktor hibrid anaerob bermedia

batu yang digunakan untuk mengolah limbah cair sawit diperoleh pH sebesar 6,8 hingga 7,4 dan alkalinitas sebesar 25.000 hingga 32.000 mg/L serta konsentrasi asam asetat sebesar 8707,3 mg/L. Disamping itu pada bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu yang digunakan untuk mengolah limbah cair ssagu diperoleh pH sebesar 6,2 hingga

7,4 dan alkalinitas sebesar 2160 hingga 2640 mg/L serta konsentrasi asam asetat sebesar 76,8 mg/L.

Bioreaktor hibrid anaerob dua tahap bermedia batu yang digunakan untuk mengolah limbah cair sagu pada penelitian ini memperoleh pH sebesar 6,2 hingga 7 dan konsentrasi alkalinitas sebesar 2160 hingga 2440 mg/L serta konsentrasi asam asetat sebesar 67,2 mg/L. Proses anaerob pada bioreaktor ini

4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Semakin besar laju alir maka pH dan nilai alkalinitas *effluent* yang terukur semakin rendah, berbanding terbalik dengan nilai asam volatil yang semakin tinggi.
2. Kestabilan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap tertinggi terjadi pada hari ke-11 dengan laju alir 2,86 liter/hari dengan nilai 0,0118, sedangkan kestabilan bioreaktor hibrid anaerob dua tahap terendah terjadi pada bioreaktor dengan laju alir 6,67 liter/hari pada hari ke-1 dengan nilai 0,0288, dan tingkat kestabilan bioreaktor dengan laju alir 4 liter/hari terjadi pada hari ke-4 dengan nilai 0,0183.

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

1. Perlu dilakukan penambahan jumlah variasi Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) pada bioreaktor I untuk penelitian selanjutnya, agar dapat melihat perubahan dan peningkatan secara signifikan.
2. Pada penelitian selanjutnya, perlu dilakukan identifikasi bakteri anaerob pada bioreaktor tersuspensi dengan bioreaktor melekat, karena terjadi kemungkinan bahwa

dikatakan berhasil atau bekerja dengan baik karena perolehan rata-rata pH dan alkalinitas berada pada rentang kondisi optimum. Menurut Ahmad (2004) kondisi pH optimum untuk perkembangan mikroorganisme anaerobik berkisar pada 6,8 hingga 7,4 dan menurut Ahmad (1992) konsentrasi alkalinitas yang optimum pada proses anaerobik berkisar pada rentang 2000 hingga 3000 mg/L.

mikroorganisme yang diharapkan tidak berkembang biak dengan baik.

5. Daftar pustaka

- Ahmad, A., 1992, *Kinerja Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerobik Dua Tahap dalam Mengolah Limbah Cair Kelapa Sawit*. Pusat Antar Universitas- Bioteknologi, 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.
- Amos, 2010, *Dampak Limbah Pengolahan Sagu Skala Kecil Terhadap Mutu Air Anak Sungai di Kelurahan Cibuluh Bogor*, 12(5), 29.
- 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 Waswater Using Hybrid Anaerobic Reactor*, *Water Qual.*

- Res. J. Canada, 2006 Volume 41, No.1, 56-62.
- Dewi, 2012, *Pengaruh Laju Pembebanan Organik terhadap pH dan Asam Asetat dalam Bioreaktor Hibrid Anaerob pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Sagu*, Skripsi, Universitas Riau.
- Environmental Protection Agency (EPA), 2002, *Anaerobic Lagoons*, Washington D.C.
- 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.
- Keputusan Menteri LH, Nomor KEP/MEN LH/10/1995 tentang *Baku Mutu Lmbah Cair bagi Kegiatan Industri*.
- Lahiank, 2011, *laporan alkalinitas*, <http://lahiank.blogspot.com/2011/11/laporan-alkalinitas.html>, 30 Desember 2014.
- 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, Universitas Riau.
- Putra, L.P., 2010, Uji kestabilan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu dengan indikator rasio asam volatil dan alkalinitas, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Ramadhan, K., 2009, *Aplikasi Pati Sagu Termodifikasi Heat Moisture Treatment Untuk Pembuatan Bihun Instan*, Skripsi, Institut Pertanian Bogor.
- Simamora, S., Salundik, S. Wahyuni, dan Surajudin, 2006, *Membuat Biogas*, Agro Media Pustaka, Jakarta.
- Smit, H.H.A., 2011, Uji Kestabilan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Soeprijanto, T. Ismail, M. Dwi dan B. Niken, 2010, Pengolahan Vinasse dari Air Limbah Industri Alkohol Menjadi Biogas Menggunakan Bioreaktor UASB, *Jurnal Purifikasi*, Vol.11, 11-20.
- Wijekoon, K.C., C. Visvanathan, dan 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.