

UJI KINERJA BIOREAKTOR HIBRID ANAEROB DALAM MENGOLAH LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DENGAN BEBAN KEJUT

Adrianto Ahmad, Bahrudin, Said Zul Amraini dan David Andrio

**Lab. Rekayasa Bioproses Jurusan Teknik Kimia-Universitas Riau
adri@unri.ac.id**

ABSTRACT

The performance of anaerobic processes in the bioconversion of palm oil mill effluent into gaseous fuel is very dependent on the concentration of biomass. Effort to increase the concentration of anaerobic biomass can be done by using anaerobic hybrid bioreactor. The bioreactor used had 3 chambers, each divided for an up and down flow pattern and having a working volume of 2,5 m³. This study uses two anaerobic hybrid bioreactors equipped with cell immobilization media. Media used in cell immobilization is a medium density form of solid palm oil mills waste, namely: empty fruit bunch and palm midrib. Both bioreactors tested their performance by increasing feed flow rate unexpectedly by 50%, 100% and 150% under room temperature conditions and continuous operation. The results showed that the anaerobic hybrid bioreactor system was capable of converting single-phase oil palm mill effluent with a good performance, and testing with the feed flow rate increased abruptly by 50%, 100%, and 150% indicates that the recovery time of the anaerobic hybrid bioreactor system is single-phase of media empty fruit bunches and palm midrib of media held fast with a periode of 6 to 8 days. Thus, the suddenly increase rate of the feed does not affect the performance of a single-phase anaerobic hybrid bioreactor, and the stability of the bioreactor is relatively high so as to convert liquid waste into fuel gas.

Keywords: *shock loads, single-phase, the anaerobic hybrid bioreactor, wastewater*

PENDAHULUAN

Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit di Indonesia sebagian besar menggunakan kolam anaerob fasa tunggal kemudian dilanjutkan dengan kolam aerob. Sistem ini mampu menyisihkan kandungan BOD hingga 95 %, namun dalam jangka waktu yang lama yakni 55 hari hingga 110 hari sehingga membutuhkan lahan instalasi yang sangat luas. Setiadi dan Arief (1992) berupaya mempersingkat waktu pengolahan dengan menggunakan bioreaktor unggul fluidisasi anaerob fasa tunggal menjadi 3 hari dengan efisiensi pengolahan 75 %. Sementara itu, Setiadi dan Faisal (1994) mengembangkan pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan bioreaktor berpenyekat anaerob fasa tunggal. Sistem ini mampu menyisihkan COD hingga 85 % dalam waktu pengolahan 2,5 hari. Beberapa rancangan sistem bioreaktor telah dilakukan untuk mengantisipasi agar biomassa dalam sistem tetap tinggi dengan waktu tinggal sel yang lama pada waktu tinggal hidraulik yang singkat. Ahmad dan Setiadi (1993) telah berhasil meningkatkan kinerja proses anaerob dalam mengolah limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menggunakan bioreaktor unggul fluidisasi anaerob fasa tunggal. Sistem ini mampu menyisihkan COD hingga 83 % dalam waktu 7 hari. Selanjutnya, Ahmad (2001) telah berhasil mempercepat waktu pengolahan menjadi 0,83 hari dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 80 % menggunakan bioreaktor berpenyekat anaerob.

Namun demikian, sistem tersebut belum memberikan hasil yang memuaskan karena kehilangan biomassa relatif tinggi sehingga dinilai tidak ekonomis oleh pihak pabrik kelapa sawit. Untuk mengantisipasi fenomena tersebut maka diupayakan penggabungan sistem



bioreaktor tersuspensi dan sistem bioreaktor melekat yang disebut sebagai bioreaktor hibrid anaerob.

Penggabungan ini memberikan keuntungan sinergi yakni sistem bioreaktor tersuspensi mendegradasi senyawa organik menjadi asam asetat kemudian sistem bioreaktor melekat mendegradasi asam asetat menjadi gas metan dan karbon dioksida. Di samping itu, disain bioreaktor hibrid anaerob mempunyai rasio waktu tinggal biomassa dengan waktu tinggal hidraulik jauh lebih besar dibandingkan dengan sistem bioreaktor tercampur sempurna (CSTR, *continuous stirred tank reaktor*) (Faisal, 1994). Ahmad dkk. (2011a) telah berhasil mempercepat waktu pengolahan menjadi 7 hari dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 84 % menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dengan media imobilisasi sel berupa pelepah sawit dan 88 % menggunakan media imobilisasi sel berupa tandan kosong sawit dengan produksi biogas sebesar 46 m³/kgCOD disisihkan (Ahmad, dkk, 2011b). Sistem bioreaktor tersebut telah dipatenkan dengan nomor P00201000841. Makalah ini berupaya mengungkapkan kemampuan bioreaktor hibrid anaerob tersebut dengan menggunakan media imobilisasi sel yang berbeda yakni media tandan kosong sawit dan media pelepah sawit dalam mengantisipasi perubahan secara tiba-tiba laju alir umpan akibat peningkatan produksi pabrik kelapa sawit.

METODE

Metoda penelitian yang diuraikan di bawah ini mencakup karakteristik limbah cair pabrik kelapa sawit, sumber biomassa, bioreaktor anaerob, peralatan bioreaktor, pengoperasian bioreaktor serta metoda analisa.

1. Sumber Limbah Cair

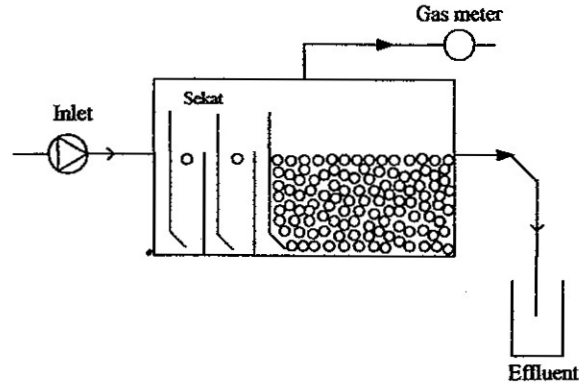
Limbah cair yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari pabrik kelapa sawit PT. Sei Pagar PTPN V Riau berlokasi di Kabupaten Kampar, Propinsi Riau. Di samping itu, limbah padat berupa tandan kosong sawit dan pelepah sawit dimanfaatkan sebagai media imobilisasi sel bakteri anaerob dalam bioreaktor.

2. Sumber Biomassa

Bakteri anaerob yang digunakan berasal dari lumpur bakteri anaerob pada kolam kedua dan keempat Instalasi Pengolah Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Sei Pagar PTPN V Riau. Lumpur biomassa kolam kedua IPAL diambil sebanyak 1 m³ dan lumpur biomassa kolam keempat IPAL diambil sejumlah 1,5 m³ dimasukkan kedalam bioreaktor. Lumpur bibit bakteri anaerob dimasukkan ke dalam ruang berpenyekat sebanyak 0,5 m³ pada ruang sekat pertama dan kedua serta 1,5 m³ pada ruang sekat ketiga. Bibit bakteri anaerob sebanyak 2,5 m³ tersebut diaklimatisasi dengan cara menginjeksikan gas nitrogen kedalam bioreaktor. Proses ini dilakukan selama 20 hari untuk memastikan bahwa bibit telah teraklimatisasi dengan baik terhadap limbah cair tersebut.

3. Peralatan Bioreaktor Hibrid Anaerob

Bioreaktor hibrid anaerob yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai volume total 4,5 m³ yang terdiri dari dua ruang sekat dengan volume masing-masing sebesar 0,75 m³ dan satu ruang sekat dengan volume 3 m³, sedangkan volume cairan efektif adalah sebesar 2,5 m³. Ruang sekat pertama dan kedua diperuntukkan sebagai bioreaktor pertumbuhan bakteri anaerob tersuspensi, sedangkan ruang sekat ketiga diperuntukkan sebagai bioreaktor pertumbuhan bakteri melekat yang dilengkapi dengan media padat sebagai media imobilisasi sel. Media padat tersebut disisikan sebanyak sepertiga dari ruang sekat. Ruang aliran arah kebawah dirancang sepertiga dari ruang aliran keatas pada setiap ruang berpenyekat. Rancangan bioreaktor tersebut secara rinci ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bioreaktor Hibrid Anaerob (BIOHAN)

Penyekat-penyekat yang dipasang secara vertikal memaksa agar aliran limbah cair yang masuk dari bagian atas mengalir sesuai dengan bentuk pola aliran di dalam ruang berpenyekat. Perjalanan aliran limbah cair tersebut kembali memaksa melewati bagian atas penyekat dan begitu seterusnya sehingga mengalir keluar dari bioreaktor. Bakteri anaerob di dalam bioreaktor cenderung terangkat dan terendapkan kembali akibat terbentuk biogas selama proses biokonversi secara anaerob. Bakteri anaerob tersebut akan bergerak secara perlahan ke arah horizontal sehingga terjadi kontak antara biomassa aktif dan limbah cair yang masuk serta aliran keluar relatif bebas dari padatan biomassa.

4. Tahap Pengujian Kinerja Bioreaktor Anaerob Dengan Beban Kejut

Variabel proses yang digunakan untuk pengujian kinerja bioreaktor hibrid anaerob adalah laju beban kejut (*shock loading*) selama 6 jam. Pada bagian ini dikaji pengaruh peningkatan laju pembebanan secara tiba-tiba 50 % dengan laju alir umpan sebesar 3750 L/hari, peningkatan 100 % dengan laju alir umpan sebesar 5000 L/hari dan peningkatan 150 % dengan laju alir umpan sebesar 7500 L/hari selama 6 jam, kemudian dikembalikan ke basis laju alir umpan 2500 L/hari. Kondisi operasi bioreaktor hibrid anaerob pada suhu ruang dan kontinu. Parameter yang diamati antara lain pH, suhu, asam lemak volatil yang dinyatakan sebagai asam asetat, alkalinitas, COD total, konsentrasi biomassa sebagai VSS, kandungan nitrogen total, kandungan phosphor dan kandungan kalium.

5. Lokasi dan Frekuensi Sampel

Parameter yang dikaji pada penelitian ini antara lain pH, suhu, COD, VSS, total asam lemak volatil (TAV), alkalinitas, produksi biogas dan komposisinya. Jenis dan frekuensi pengambilan sampel ditampilkan pada Tabel 1 berikut,

Tabel 1. Parameter, lokasi dan frekuensi sampel

PARAMETER	LOKASI SAMPEL	FREKUENSI
pH	umpan, keluaran	Tiap hari
SUHU	Umpan, keluaran	Tiap hari
COD	umpan, keluaran	Tiap 2 hari
VSS	umpan, keluaran	Tiap 2 hari
TOTAL ASAM VOLATIL	umpan, keluaran	Tiap 2 hari
ALKALINITAS	umpan, keluaran	Tiap 2 hari
VOLUME GAS	Penampung gas	Tiap hari
BIOMASSA	Dalam reactor	Tiap tunak

6. Metoda Analisa

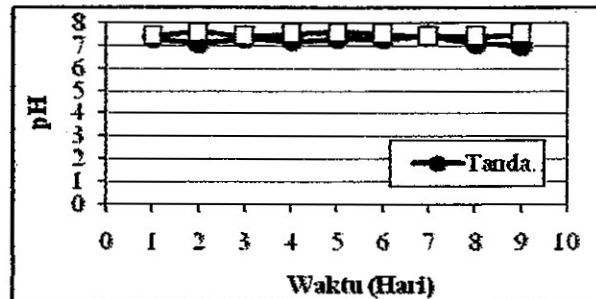
Parameter yang diamati antara lain pH, suhu, asam lemak volatil yang dinyatakan sebagai asam asetat, alkalinitas, COD total, konsentrasi biomassa sebagai VSS. Parameter tersebut dianalisa sesuai dengan metoda standar (APHA, AWWA, WCF, 1992), sedangkan volume gas dengan metoda penampungan dengan larutan NaCl jenuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

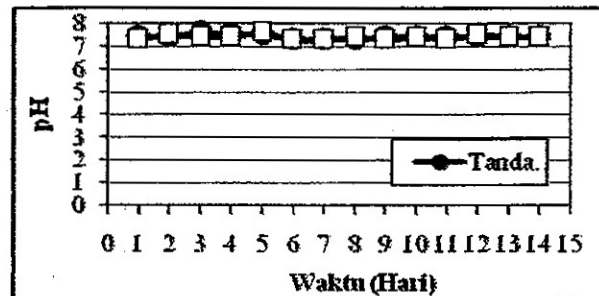
Pada bagian ini dikaji pengaruh peningkatan laju pembebanan 50 % dengan laju alir umpan sebesar 3750 L/hari, peningkatan 100 % dengan laju alir umpan sebesar 5000 L/hari dan peningkatan 150 % dengan laju alir umpan sebesar 7500 L/hari secara tiba-tiba selama 6 jam, kemudian dikembalikan ke basis laju alir umpan 2500 L/hari. Untuk mengkaji pengaruh tersebut dilakukan pengamatan dengan melihat hubungan antara waktu terhadap pH, konsentrasi asam lemak volatil, penyisihan dan efisiensi penyisihan COD, dan VSS keluaran, hingga kembali mencapai keadaan tunak (*steady state*).

pH Sistem

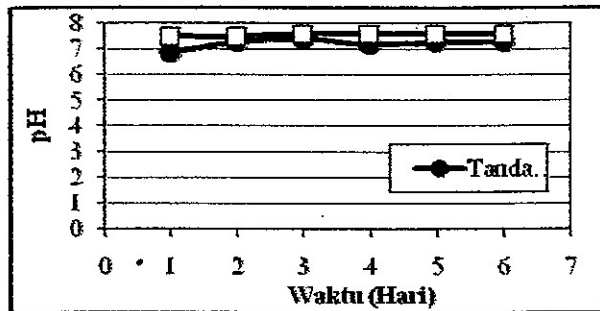
Perubahan nilai pH setelah dilakukan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba terhadap bioreaktor hibrid anaerob ditampilkan pada Gambar 2



(a)



(b)



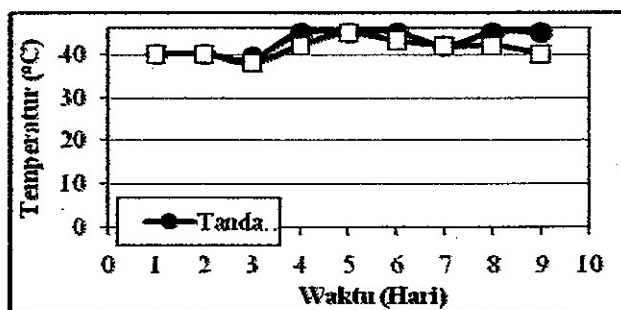
(c)

Gambar 2. Hubungan waktu terhadap pH pada bioreaktor hibrid anaerob bermedia tandan kosong sawit dan pelepah sawit dengan (a) beban kejut 3750 L/hari, (b) beban kejut 5000 L/hari, (c) beban kejut 7500 L/hari selama 6 jam

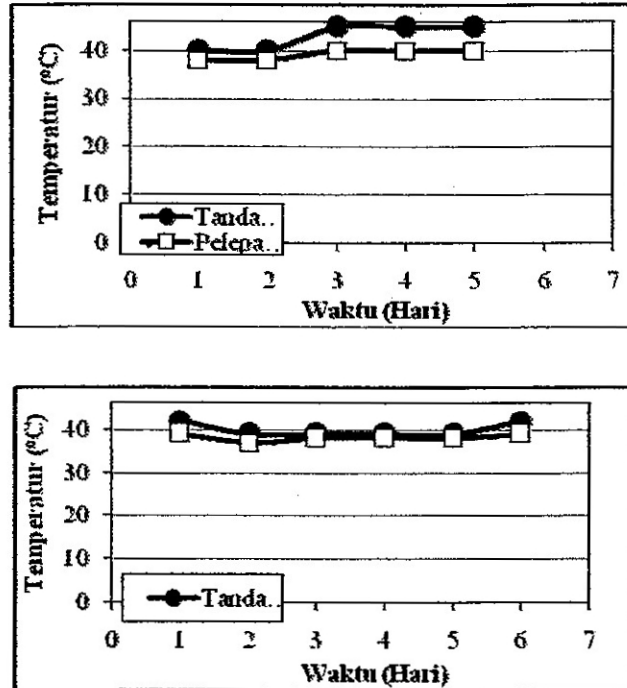
Gambar 2 menunjukkan bahwa peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 3750 L/hari selama 6 jam terhadap kedua bioreaktor tidak mempengaruhi pH sistem secara signifikan, meskipun pH limbah cair bersifat asam yakni rata-rata pH 5,6. Fluktuasi pH relatif rendah hingga 9 hari keadaan *transien*. Namun demikian, pH bioreaktor bermedia tandan kosong relatif lebih rendah dibandingkan dengan pH bioreaktor bermedia pelepah sawit. Hal yang sama diperoleh pada peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 5000 L/hari. Di samping itu, hal yang berbeda diperoleh pada peningkatan laju alir secara tiba-tiba sebesar 7500 L/hari yakni pH awal proses sebesar 6,9 diperoleh pada bioreaktor bermedia tandan kosong dan selanjutnya kembali konstan pada rentang pH 7,3-7,4, sedangkan pada bioreaktor hibrid anaerob bermedia pelepah sawit cenderung meningkat dengan rentang pH 7,5-7,6. Menurut Sahn (1984) bahwa pengolahan limbah secara anaerob berlangsung optimum pada rentang pH 6 hingga 8, sedangkan menurut Benefield dan Randall (1980) bahwa kondisi optimum fermentasi metan berlangsung pada rentang pH 6,8 hingga 7,4. Dengan demikian, peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba selama 6 jam tidak mempengaruhi kestabilan pH sistem yang diamati 24 jam kemudian sehingga pengaruh beban kejut terhadap sistem bioreaktor setelah 24 jam tidak signifikan.

Suhu Sistem

Perubahan nilai suhu selama peningkatan laju alir umpan bioreaktor hibrid anaerob secara tiba-tiba ditampilkan pada Gambar 3.



(a)



(c)

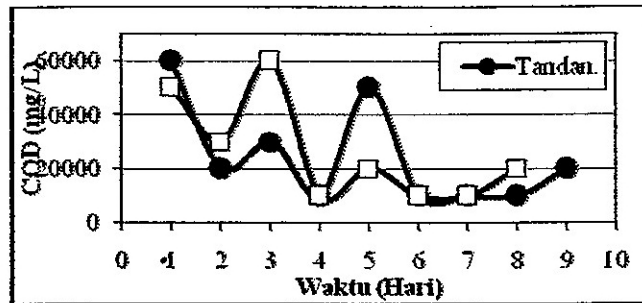
Gambar 3. Hubungan waktu terhadap suhu pada Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Tandan Kosong Sawit dan Pelepah Sawit dengan (a) beban kejut 3750 L/hari, (b) beban kejut 5000 L/hari, (c) beban kejut 7500 L/hari selama 6 jam

Gambar 3 menunjukkan bahwa suhu pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 3750 L/hari berkisar 39-45 °C, sedangkan pada bioreaktor bermedia pelepah sawit berkisar 38-42 °C. Pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 5000 L/hari diperoleh berkisar 38-45 °C, sedangkan pada bioreaktor bermedia pelepah sawit berkisar 38-40 °C. Sementara itu, pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 7500 L/hari diperoleh berkisar 40-45 °C, sedangkan pada bioreaktor bermedia pelepah sawit berkisar 38-40 °C.

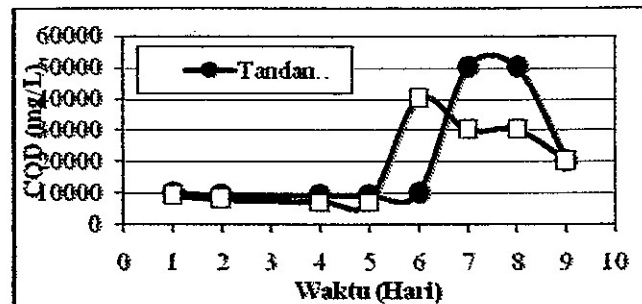
Menurut Benefield dan Randall (1980) bahwa proses anaerob berlangsung pada rentang suhu 30 hingga 35 °C merupakan kondisi pertumbuhan bakteri anaerob kelompok mesofilik, sedangkan lebih besar dari 35 hingga 40 °C masih termasuk bakteri anaerob kelompok mesofilik. Dengan demikian, bakteri anaerob yang terlibat dalam proses anaerob tersebut selama proses peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba tergolong kepada bakteri anaerob kelompok mesofilik.

Penyisihan Dan Efisiensi Penyisihan COD

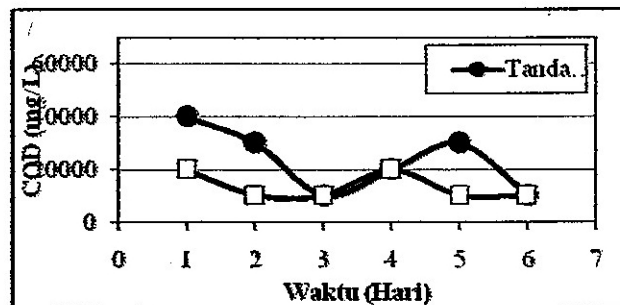
Perubahan nilai COD selama peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba terhadap bioreaktor anaerob ditampilkan pada Gambar 4.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. Hubungan waktu terhadap COD keluaran pada Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Tandan Kosong Sawit dan Pelepah Sawit dengan (a) beban kejut 3750 L/hari, (b) beban kejut 5000 L/hari, (c) beban kejut 7500 L/hari selama 6 jam

Gambar 4 menunjukkan bahwa peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 3750 L/hari selama 6 jam terhadap kedua bioreaktor mempengaruhi konsentrasi COD di dalam sistem secara signifikan. Hal ini dapat terjadi karena peningkatan laju alir umpan menimbulkan peningkatan kandungan organik yang terukur sebagai COD yang terkandung dalam limbah cair, sedangkan limbah cair yang diumpankan mengandung konsentrasi COD sebesar 50000 mg/L. Fluktuasi COD relatif besar antara hari pertama hingga hari keenam keadaan transien dan selanjutnya fluktuasi relatif rendah hingga hari ke 9. Namun demikian, konsentrasi COD pada bioreaktor bermedia tandan kosong dan bioreaktor bermedia pelepah sawit memperlihatkan

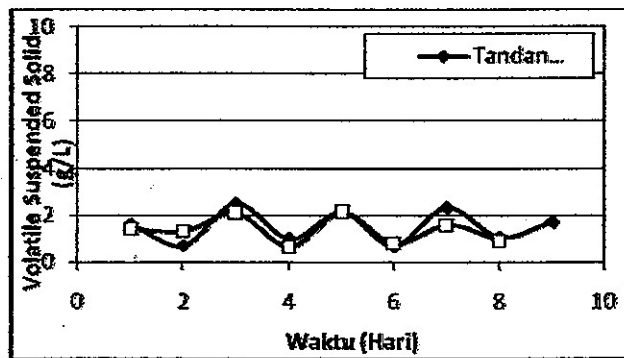
kecenderungan menurun. Hal yang berbeda diperoleh pada peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 5000 L/hari yakni menunjukkan kecenderungan meningkat dari hari ke 5 dan kembali stabil pada hari ke 9, sedangkan laju alir umpan 7500 L/hari yakni menunjukkan kecenderungan menurun dari awal proses hingga akhir proses pengamatan.

Nilai COD pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 3750 L/hari diperoleh penurunan dari 60000 hingga 10000 mg/L, sedangkan pada bioreaktor bermedia pelepah sawit diperoleh peningkatan konsentrasi COD dari 50000 hingga 10000 mg/L. Pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 5000 L/hari yang semula diperoleh COD rata-rata 10000 mg/L dari awal proses hingga hari ke 6 dan meningkat hingga hari ke 8. Hal yang sama terjadi pada bioreaktor bermedia pelepah sawit diperoleh COD rata-rata 8000 mg/L dari awal proses hingga hari ke 5 dan meningkat hingga hari ke 8. Sementara itu, pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 7500 L/hari diperoleh penurunan dari 40000 hingga 10000 mg/L, sedangkan pada bioreaktor bermedia pelepah sawit diperoleh dengan rentang 20000 hingga 10000 mg/L.

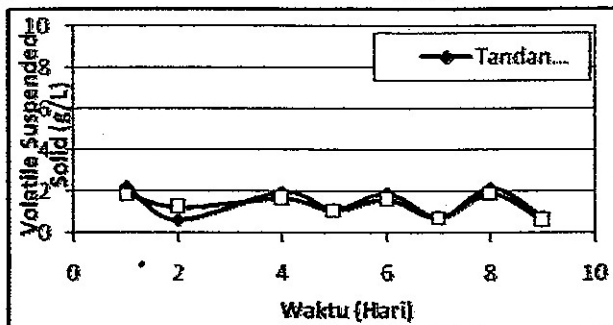
Hal yang menarik dikaji adalah kemampuan bioreaktor hibrid anarob menerima beban kejut (*shock loading*) baik yang bermedia tandan kosong maupun bioreaktor bermedia pelepah sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan bioreaktor hibrid anarob bermedia pelepah sawit relatif lebih baik menerima gangguan akibat peningkatan beban organik secara tiba-tiba dibandingkan dengan bioreaktor bermedia tandan kosong karena mampu menurunkan konsentrasi COD yang masuk dan nilai COD di dalam sistem relatif lebih rendah. Hal ini disebabkan bahwa pelepah sawit mampu bertindak sebagai media imobilisasi sel sehingga biomassa anaerob dapat melekat lebih baik pada media tersebut dengan sendirinya konsentrasi biomassa di dalam sistem menjadi lebih besar. Dengan demikian semakin tinggi konsentrasi biomassa di dalam sistem akan menyebabkan biodegradasi bahan organik menjadi lebih besar dengan sendirinya konsentrasi COD di dalam sistem menjadi lebih rendah.

Kehilangan Biomassa Anaerob

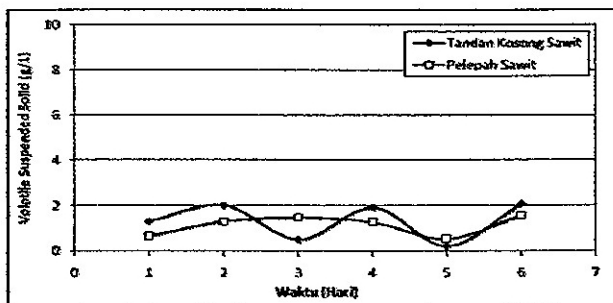
Konsentrasi bakteri anaerob di dalam sistem bioreaktor anaerob diwakili oleh konsentrasi VSS (*volatile suspended solid*) di dalam bioreaktor. Konsentrasi VSS yang terbawa aliran keluar dari sistem selama peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba dapat dilihat pada Gambar 5.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Hubungan waktu terhadap konsentrasi biomassa anaerob keluaran bioreaktor hibrid anaerob bermedia tandan kosong sawit dan pelepah sawit dengan (a) beban kejut 3750 L/hari, (b) beban kejut 5000 L/hari, (c) beban kejut 7500 L/hari selama 6 jam

Gambar 5 menunjukkan bahwa peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 3750 L/hari selama 6 jam terhadap kedua bioreaktor tidak mempengaruhi konsentrasi biomassa anaerob di dalam sistim yang diwakili oleh konsentrasi padatan volatil tersuspensi (VSS). Peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba menyebabkan biomassa keluar terbawa aliran dari sistem. Namun demikian, konsentrasi biomassa yang terbawa aliran relatif lebih kecil. Hal yang sama diperoleh pada peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 5000 L/hari dan 7500 L/hari.

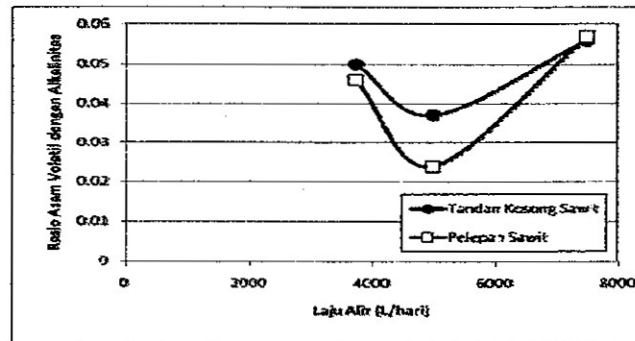
Konsentrasi biomassa terbawa aliran pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 3750 L/hari diperoleh berkisar dari 0,7 hingga 2,5 g/L, sedangkan pada bioreaktor bermedia pelepah sawit diperoleh konsentrasi biomassa berkisar dari 0,7 hingga 2,1 g/L. Pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 5000 L/hari diperoleh konsentrasi biomassa berkisar dari 0,6 hingga 2,2 g/L. Hal yang sama terjadi pada bioreaktor bermedia pelepah sawit diperoleh TSS berkisar dari 0,6 hingga 1,9 g/L. Sementara itu, pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 7500 L/hari diperoleh konsentrasi biomassa berkisar dari 0,5 hingga 2,2 g/L, sedangkan pada bioreaktor bermedia pelepah sawit diperoleh konsentrasi biomassa berkisar dari 0,5 hingga 1,6 g/L.

Hal yang menarik dikaji adalah kandungan biomassa yang terdapat di dalam bioreaktor hibrid anarob baik yang bermedia tandan kosong maupun bioreaktor bermedia pelepah sawit relatif lebih sama dengan kandungan padatan volatil tersuspensi (VSS) yang terkandung dalam

umpan limbah cair pabrik kelapa sawit yaitu 1,7 g/L. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan bioreaktor hibrid anarob bermedia tandan kosong dan bermedia pelepah sawit dalam mencegah kehilangan biomassa relatif lebih baik sehingga mampu mengimobilisasi sel pada media imobilisasi. Hal ini menyebabkan konsentrasi biomassa di dalam sistem menjadi lebih besar. Dengan demikian semakin tinggi konsentrasi biomassa di dalam sistem akan menyebabkan biokonversi limbah cair pabrik kelapa sawit menjadi bahan bakar gas semakin baik.

Kestabilan Proses Bioreaktor Hibrid Anaerob

Rasio asam lemak volatil dengan alkalinitas sebagai petunjuk dari kestabilan sistem. Rasio asam lemak dengan alkalinitas selama proses beban kejut bioreaktor hibrid anaerob ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Hubungan waktu terhadap rasio asam volatil dengan alkalinitas pada bioreaktor hibrid anaerob bermedia tandan kosong sawit dan pelepah sawit dengan (a) beban kejut 3750 L/hari, (b) beban kejut 5000 L/hari, (c) beban kejut 7500 L/hari selama 6 jam

Gambar 6 menunjukkan bahwa peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 3750 L/hari selama 6 jam terhadap kedua bioreaktor tidak mempengaruhi kestabilan sistem. Hal ini disebabkan karena nilai asam lemak volatil relatif jauh lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi alkalinitas sehingga rasionya menjadi rendah. Hal yang sama diperoleh pada peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 5000 L/hari dan 7500 L/hari.

Rasio asam lemak volatil dengan alkalinitas pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 3750 L/hari diperoleh rata-rata sebesar 0,05, sedangkan pada bioreaktor bermedia pelepah sawit diperoleh rasio asam lemak volatil dengan alkalinitas sebesar 0,046. Pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 5000 L/hari diperoleh rasio sebesar 0,037. Hal yang sama terjadi pada bioreaktor bermedia pelepah sawit diperoleh rasio sebesar 0,024. Sementara itu, pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 7500 L/hari diperoleh rasio sebesar 0,056, sedangkan pada bioreaktor bermedia pelepah sawit diperoleh rasio sebesar 0,057.

Hal yang menarik dikaji adalah rasio asam lemak volatil dengan alkalinitas yang terdapat di dalam bioreaktor hibrid anarob baik yang bermedia tandan kosong maupun bioreaktor bermedia pelepah sawit relatif lebih rendah dibandingkan kriteria optimum proses anaerob. Menurut Sahn (1984) bahwa proses anaerob mempunyai kestabilan tinggi jika mempunyai rasio asam lemak volatil dengan alkalinitas berkisar dibawah 0,1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bioreaktor hibrid anaerob yang diuji dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba pada laju alir umpan 3750 L/hari, 5000 L/hari dan 7500 L/hari mempunyai rasio asam lemak volatil dengan alkalinitas dibawah 0,1, sehingga sistem mempunyai kestabilan yang tinggi. Hal

ini menunjukkan bahwa alkalinitas berfungsi untuk menetralkan asam lemak volatil yang terbentuk sehingga kestabilan proses selalu dapat terjaga dengan baik. Secara umum, stabilitas bioreaktor hibrid anaerob bermedia tandan kosong dan bermedia pelepah sawit dapat kembali kepada kondisi normal setelah mengalami adaptasi selama beberapa waktu. Rangkuman pengaruh peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman Jangka Waktu Stabilitas Bioreaktor Hibrid Anaerob

Peningkatan Pembebanan (%)	Lama Pembebanan (jam)	Masa Pemulihan (hari)	
		MEDIA TANKOS	MEDIA PELEPAH
50 %, Laju alir 3750 L/hari	6	8	7
100 %, Laju alir 5000 L/hari	6	8	8
150 %, Laju alir 7500 L/hari	6	6	6

Keterangan: Laju alir umpan 2500 L/hari sebagai basis

Tabel 2 menunjukkan bahwa peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba selama 6 jam baik 50 %, 100 % maupun 150 % tidak mempengaruhi kestabilan bioreaktor karena masa pemulihan sistem setelah diberikan gangguan selama 6 jam dan kembali stabil seperti keadaan semula dengan basis nilai COD keadaan tunak pada laju alir umpan 2500 L/hari adalah relatif sama. Di samping itu, kestabilan sistem dengan rasio asam lemak volatil dengan alkalinitas yang relatif lebih rendah dari 0,1 mampu mempertahankan sistem bioreaktor hibrid anaerob dari gangguan peningkatan laju pembebanan secara tiba-tiba. Dengan demikian, bioreaktor hibrid anaerob bermedia tandan kosong dan bermedia pelepah sawit mampu mempertahankan kestabilan sistem dari gangguan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba.

KESIMPULAN

- 1) Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut:
- 2) Pengujian kinerja bioreaktor hibrid anaerob fasa tunggal dalam mengantisipasi fluktuasi debit limbah cair pabrik kelapa sawit dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba sebesar 50 %, 100 % dan 150 % menunjukkan bahwa waktu pemulihan sistem bioreaktor hibrid anaerob fasa tunggal bermedia tandan kosong dan bermedia pelepah sawit berlangsung relatif cepat dengan rentang waktu 6 hingga 8 hari.
- 3) Selama pengujian beban kejut diperoleh nilai pH pada bioreaktor bermedia tandan kosong dengan rentang pH 7,3-7,4, sedangkan pada bioreaktor hibrid anaerob bermedia pelepah sawit cenderung meningkat dengan rentang pH 7,5-7,6.
- 4) Hasil penelitian menunjukkan bahwa bioreaktor hibrid anaerob yang diuji dengan peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba pada laju alir umpan 3750 L/hari, 5000 L/hari dan 7500 L/hari mempunyai rasio asam lemak volatil dengan alkalinitas dibawah 0,1, sehingga sistem mempunyai kestabilan yang tinggi
- 5) Dengan demikian, peningkatan laju alir umpan secara tiba-tiba tidak mempengaruhi kinerja bioreaktor hibrid anaerob fasa tunggal karena kestabilan bioreaktor relatif tinggi sehingga proses pengolahan limbah cair berlangsung dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Penelitian Unggulan Strategis Nasional Batch I tahun 2009 dengan surat perjanjian Pelaksanaan Penelitian No. 428/SP2H/PP/DP2M/VI/2009 tanggal 20 Juni 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A, Bahruddin, S.Z. Amraini dan D. Andrio, 2011a, *Biokonversi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Fasa Tunggal*, Prosiding SNTK TOPI 2011, Universitas Riau, Pekanbaru 21-22 Juli
- Ahmad, A, Bahruddin, S.Z. Amraini dan D. Andrio, 2011b, *Bioreaktor Hibrid Anaerob Dua Fasa Untuk Biokonversi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*, Prosiding SNTK TOPI 2011, Universitas Riau, Pekanbaru 21-22 Juli
- Ahmad, A, Bahruddin, S.Z. Amraini dan D. Andrio, 2009, *Biokonversi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Menjadi Bahan Bakar Gas Dalam Bioreaktor Anaerobik*, Laporan Riset Unggulan Strategis Nasional Batch I, DP2M DIKTI DEPDIKNAS RI, Jakarta
- Ahmad, Adrianto, 2001, **Biodegradasi Limbah Cair Industri Minyak Sawit Dalam Sistem Bioreaktor Anaerob**, Disertasi, Program Pascasarjana ITB, Bandung
- Ahmad, A dan T. Setiadi, 1993, Pemakaian bioreaktor unggul fluidisasi anaerob dua tahap dalam mengolah limbah cair pabrik minyak sawit, *Seminar Nasional Bioteknologi Industri*, PAU-Bioteknologi ITB, Bandung, 27-29 Januari
- APHA, AWWA & WCF, 1992, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, Washington DC
- Faisal, 1994, *Pengolahan Air Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Berpenyekat Anaerobik*, Thesis Magister ITB, Bandung
- Sahm, H, 1984, *Aerobic Wastewater Treatment*, *Advanc. Biochem. Engg. Biotechnol*, 29, 83-115
- Benfield, L. D dan C. W. Randall, 1980, " *Biological Process Design For Wastewater*, Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs

