

Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Pabrik Sagu Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Pada Kondisi *Start-up*

Taufiq Ul Fadhli, Adrianto Ahmad, Yelmida

Laboratorium Rekayasa Bioproses Jurusan Teknik Kimia-Universitas Riau

Jl. HR Subrantas Km 12,5 Kampus Bina Widya Panam Pekanbaru 28293

adriantounri@gmail.com

Abstrak

Limbah cair sagu meningkat seiring dengan perkembangan industri sagu di Indonesia. Limbah cair sagu bersifat asam, berbau busuk dan memiliki konsentrasi padatan yang tinggi. Padatan adalah salah satu parameter dalam mengidentifikasi tingkat pencemaran suatu limbah cair. Padatan limbah cair pabrik sagu dapat berupa padatan organik dan anorganik. Padatan organik umumnya dapat didegradasi oleh mikroorganisme, sementara padatan anorganik sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, limbah cair sagu ini perlu penanganan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air atau perairan. Penanganan padatan dari limbah cair pabrik sagu dapat dilakukan secara anaerob menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu. Keberhasilan bioreaktor ini dalam mengolah limbah cair tergantung pada strategi melakukan *start-up* bioreaktor. Penelitian ini bertujuan untuk menyisihkan dan mendapatkan tingkat penurunan kandungan padatan limbah cair sagu pada kondisi *start-up*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *start-up* bioreaktor hibrid anaerob berlangsung selama 57 hari dengan WTH 2 L/hari, kondisi operasi suhu ruang dan pH rata-rata 6,0. Efisiensi penyisihan TS sebesar 63 %, TVS sebesar 43 %, TSS sebesar 60 % dan VSS sebesar 61 %. Hal ini menunjukkan bahwa bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu baik dalam menyisihkan kandungan padatan limbah cair pabrik sagu.

Kata kunci : Anaerob, Bioreaktor Hibrid, Limbah Cair Sagu, Penyisihan Kandungan Padatan, *Start-up*

1 Pendahuluan

Perkembangan industri sagu dalam beberapa tahun terakhir mengalami pertumbuhan yang sangat pesat sehingga menimbulkan dampak positif dan negatif bagi masyarakat. Dampak positif yaitu meningkatkan devisa negara dan kesejahteraan masyarakat, sedangkan dampak negatif yaitu menimbulkan limbah. Limbah cair sagu umumnya bersifat asam, berbau busuk dan konsentrasi padatan tinggi [Banu *et al*, 2006]. Bila limbah cair tersebut langsung dibuang ke perairan sangat berpotensi mencemari lingkungan. Untuk itu dilakukan pengolahan limbah cair sebelum limbah cair tersebut dibuang ke perairan [Ahmad, 1992].

Karakteristik padatan dalam limbah cair pabrik sagu memiliki padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) senilai 1,405 gr/L yang melebihi kadar maksimum baku mutu limbah yang ditentukan oleh pemerintah RI melalui KEPMEN Lingkungan Hidup No.51 Tahun 1995 untuk TSS senilai 0,1 gr/L. TSS yang cukup tinggi tersebut

mempunyai dampak buruk terhadap kualitas air karena mengurangi penetrasi matahari kedalam badan air, meningkatnya kekeruhan air dan dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan bagi organisme dan kelarutan oksigen di dalam perairan [Huda, 2009]. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cair pabrik sagu secara anaerob dengan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu. Bioreaktor hibrid anaerob yang digunakan merupakan penggabungan antara sistem pertumbuhan mikroorganisme tersuspensi dan pertumbuhan melekat. Pada sistem pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*), mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi didalam fasa cair. Sedangkan dalam sistem pertumbuhan melekat (*attached growth*), mikroorganisme tumbuh dan berkembang melekat diatas media pendukung dengan membentuk lapisan *biofilm* [Ahmad, 2009]. Diharapkan dengan penggabungan kedua sistem pertumbuhan mikroorganisme ini, akan diperoleh hasil yang lebih

maksimal, konsentrasi biomassa tinggi dan efisiensi padatan total yang tinggi. Bioreaktor ini memiliki kelebihan dalam mempertahankan konsentrasi biomassa dengan jumlah yang tinggi didalam bioreaktor sehingga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengolahan air buangan dengan konsentrasi organik tinggi.

Keberhasilan bioreaktor ini dalam mengolah limbah cair tersebut sangat tergantung kepada strategi melakukan *start-up* bioreaktor. *Start-up* ini bertujuan untuk mengembangbiakan bakteri anaerob didalam sistem bioreaktor sehingga diperoleh bakteri anaerob yang terbiasa memanfaatkan limbah cair sagu sebagai substrat. Febyanti [2010] melakukan penelitian menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu dalam pengolahan limbah cair industri minyak sawit memperoleh waktu proses *start-up* selama 10 hari dan efisiensi penyisihan padatan tersuspensi total (TSS) sebesar 32%. Rahmi [2011] melakukan penelitian menggunakan bioreaktor hibrid anaerob dalam mengolah limbah cair pabrik kelapa sawit didapatkan waktu proses *start-up* selama 39 hari dan efisiensi penyisihan TSS sebesar 60%. Dalam penelitian ini media pendukung pertumbuhan biomassa yang digunakan adalah batu. Batu dipilih karena dianggap lebih murah, kuat, mudah didapat, dan dianggap cukup baik sebagai tempat melekatnya mikroorganisme [Syafila *et al*, 2003].

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyisihkan dan mendapatkan tingkat penurunan kandungan padatan limbah cair sagu pada kondisi *start-up* serta mendapatkan waktu optimal pada proses *start-up* dalam mengolah limbah cair pabrik sagu.

2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang diuraikan dibawah ini mencakup karakteristik limbah cair, bioreaktor hibrid anaerob, *start-up* bioreaktor dan metode analisa.

2.1 Karakteristik limbah cair

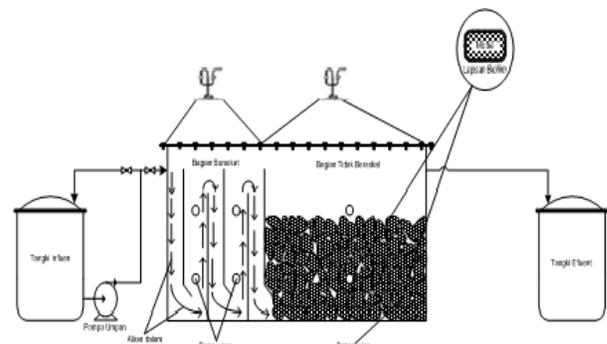
Limbah cair sagu yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. Siberida Wahana Sejahtera (SWS) yang terletak di Desa Lalang Tanjung, Kecamatan Tebing Tinggi, Kabupaten Kepulauan Meranti dengan karakteristik seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Sagu PT. SWS

Parameter	Nilai	Satuan
pH	6,2	-
Total Solid (TS)	3,76	gr/ L
Total Volatile Solid (TVS)	0,64	gr/ L
Total Suspended Solid (TSS)	1,27	gr/ L
Volatile Suspended Solid (VSS)	0.34	gr/ L

2.2 Bioreaktor Hibrid Anaerob

Bioreaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioreaktor hibrid anaerob yang menggabungkan sistem pertumbuhan bakteri tersuspensi dan melekat. Volume dari bioreaktor ini adalah 10 L. Media padat tempat melekat mikroorganisme diisikan sebanyak ¾ tinggi cairan sampai tinggi cairan sama dengan bagian tersuspensi. Rancangan bioreaktor hibrid anaerob secara rinci ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Peralatan Pengolahan Limbah Cair

Dari Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa penyekat-penyekat dipasang secara vertikal memaksa agar aliran limbah cair yang masuk dari bagian atas mengalir sesuai dengan bentuk pola aliran di dalam ruang. 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. Kemudian sampel akan keluar menuju tangki efluen.

2.3 Start-up Bioreaktor Hibrid Anaerob

Kondisi operasi bioreaktor selama start-up dilakukan pada suhu kamar dan pH 6,5-8,2. Pada proses start-up limbah cair sagu ditambahkan sebagai umpan sebanyak 2 L/hari dan diresirkulasi. Penambahan umpan ini bertujuan untuk menaikkan dan menahan pertumbuhan biofilm. Keluaran dari hasil start-up ditampung dan diambil sebanyak 500 ml untuk dianalisa. Proses start-up dilakukan hingga tercapai keadaan tunak (steady state) dengan fluktuasi efisiensi penyisihan padatan berkisar 10%.

2.4 Metode Analisa

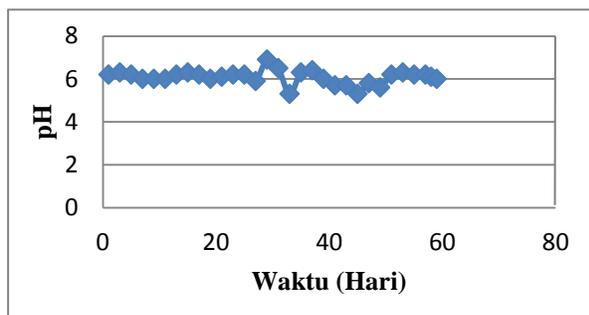
Paramater yang diamati selama proses start-up bioreaktor hibrid anaerob antara lain pH, padatan total (TS), padatan tersuspensi total (TSS), padatan volatil total (TVS) dan padatan tersuspensi volatil (VSS). Analisa padatan dilakukan sesuai dengan Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [APHA, AWWA dan WPCF, 1992].

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan selama berlangsungnya proses start-up bioreaktor hibrid anaerob diketengahkan dengan melihat hubungan antara waktu start-up terhadap pH, waktu start-up terhadap konsentrasi padatan, waktu start-up terhadap efisiensi penyisihan kandungan padatan serta konsentrasi padatan pada kondisi tunak.

3.1 Perubahan pH selama Proses Start-up

Perubahan pH selama berlangsung proses start-up ditampilkan pada Gambar 2



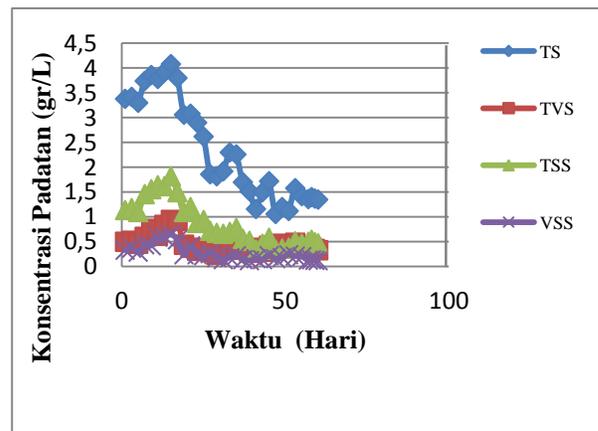
Gambar 2. Hubungan Waktu Start-up Terhadap pH

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada hari pertama proses start-up, pH sistem sekitar 6,2. Nilai perubahan pH sistem relatif konstan setelah hari ke-51 proses start-up bioreaktor yaitu berkisar antara 6 - 6,3. Pada rentang pH tersebut diperkirakan

mikroorganismen anaerobik yang digunakan di dalam bioreaktor dapat berkembang dengan optimum mengingat kondisi lingkungan optimum lingkungan mikroorganismen anaerobik adalah dengan pH antara 5,8 – 8,2 [Speece, 1996]. Selama proses start-up bioreaktor, fluktuasi nilai pH tidak dipengaruhi oleh peningkatan pembebanan organik [Ahmad et al, 1999].

3.2 Konsentrasi Padatan Pada Proses Start-up

Konsentrasi padatan pada proses start-up dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Waktu Start-up Terhadap Konsentrasi Padatan

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa konsentrasi padatan baik TS, TVS, TSS dan VSS mengalami kenaikan sampai hari ke 15 proses start-up bioreaktor dan cenderung mengalami penurunan pada hari ke 16 hingga akhir proses start-up walaupun tetap terjadi fluktuasi terhadap nilai konsentrasi padatan. Tingginya konsentrasi padatan pada 15 hari pertama proses start-up disebabkan sebagian besar mikroorganismen belum mampu bertahan dalam sistem dengan membentuk flok, sehingga lebih banyak mikroorganismen yang terbawa aliran keluar [Ahmad et al, 2000]. Banyaknya mikroorganismen yang terbawa aliran keluar akan menyebabkan sedikit mikroorganismen yang tetap bertahan dalam sistem, sehingga sedikit senyawa organik pada limbah cair yang dapat didegradasi oleh mikroorganismen [Ahmad et al, 2000].

Konsentrasi padatan dalam sistem mulai menunjukkan penurunan pada hari ke-16. Penurunan konsentrasi TS tersebut menandakan bahwa mikroorganismen sudah bisa bertahan di dalam sistem dengan membentuk flok membentuk komunitas mikroorganismen, sehingga akan semakin banyak

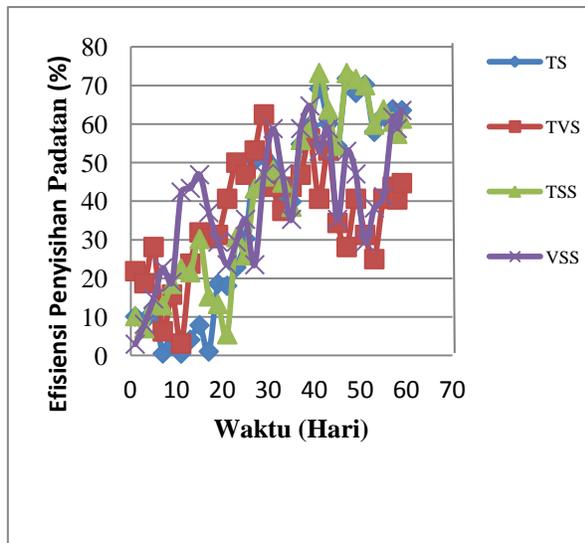
senyawa organik yang bisa didegradasi oleh mikroorganisme [Ahmad *et al*, 2000].

Dari Gambar juga dapat dilihat bahwa Jika dibandingkan dengan konsentrasi TS, maka konsentrasi TS di dalam sistem lebih tinggi sebesar 73 % dari konsentrasi TVS. Tingginya konsentrasi TS dibandingkan konsentrasi TVS disebabkan karena pada pengukuran konsentrasi TS juga terukur padatan yang mudah menguap dan padatan organik maupun anorganik lainnya [Ahmad *et al*, 2000].

Konsentrasi VSS didalam bioreaktor mewakili konsentrasi bakteri anaerob dalam sistem bioreaktor [Ahmad *et al*, 2000]. Jika dibandingkan terhadap konsentrasi padatan volatil tersuspensi (VSS), maka konsentrasi TSS lebih tinggi sebesar 74 % daripada konsentrasi VSS. Tingginya konsentrasi TSS tersebut diakibatkan pada saat pengukuran TSS akan terukur seluruh padatan baik yang mudah menguap maupun seluruh padatan total yang tersuspensi, sementara pada pengukuran VSS hanya akan terukur padatan yang mudah menguap saja [Ahmad *et al*, 2000].

3.3 Efisiensi Penyisihan Padatan

Efisiensi penyisihan pada kondisi start-up dapat dilihat pada Gambar 4.



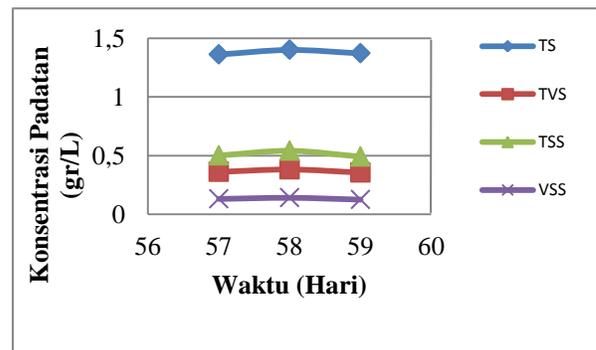
Gambar 4. Hubungan Waktu *Start-up* Terhadap Efisiensi Penyisihan Padatan

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan kandungan padatan untuk TS sebesar 63 %, TVS sebesar 43 %, TSS sebesar 60 % dan VSS sebesar 61 %. Tingginya efisiensi penyisihan kandungan padatan disebabkan karena laju alir umpan yang rendah sehingga mikroorganisme

memiliki waktu yang lebih lama untuk mendegradasi senyawa organik yang terkandung didalam limbah cair yang diolah. Tingginya efisiensi penyisihan padatan pada proses *start-up* dapat diartikan bahwa bakteri anaerob telah mampu memanfaatkan limbah cair sagu sebagai substrat sehingga konsentrasi mikroorganisme meningkat di dalam sistem dan dapat menguraikan senyawa organik yang ada di dalam limbah cair [Ahmad *et al*, 2000].

3.4 Konsentrasi Padatan Pada Kondisi Tunak

Konsentrasi padatan pada keadaan tunak dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Konsentrasi Padatan Pada Kondisi Tunak

Dari Gambar diatas menunjukkan bahwa pada hari ke-57 konsentrasi TS, TVS, TSS dan VSS yaitu 1,36 gr/L; 0,36 gr/L; 0,5 gr/L dan 0,13 gr/L. Pada hari ke-58 konsentrasi TS dan TVS mengalami kenaikan yaitu 1,4 gr/L dan 0,38 gr/L, sedangkan untuk TSS dan VSS juga mengalami kenaikan yaitu 0,54 gr/L dan 0,14 gr/L. Pada hari ke-59 TS, TVS, TSS dan VSS mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi padatan tersebut adalah pertanda bahwa konsentrasi mikroorganisme telah meningkat di dalam sistem dan dapat menguraikan senyawa organik yang ada di dalam limbah cair [Ahmad *et al*, 2000].

3.5 Studi Komparatif Efisiensi Penyisihan Padatan dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Pada Kondisi *Start-up*

Studi komparatif ditinjau dengan membandingkan efisiensi penyisihan padatan dengan bioreaktor yang sama yakni bioreaktor hibrid anaerob namun berbeda media melekat dan limbah cair yang digunakan.

Tabel 2. Perbandingan efisiensi Padatan Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Substrat dan Media Imobilisasi lainnya

Media	Substrat	Efisiensi Penyisihan TSS	Pustaka
Batu	Limbah Cair Minyak Sawit	32 %	Febyanti (2010)
Cangkang Sawit	Limbah Cair Kelapa Sawit	60 %	Rahmi (2011)
Batu	Limbah Cair Pabrik Sagu	60 %	Penelitian ini

Tabel 2. menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan TSS limbah cair sagu dengan menggunakan media batu pada proses *start-up* cukup tinggi yaitu sebesar 60%. Hal ini disebabkan karena batu dianggap cukup baik sebagai tempat melekatnya mikroorganisme. Pada penelitian ini juga didapatkan waktu proses *start-up* selama 57 hari, lebih lama dibandingkan media imobilisasi lainnya. Efisiensi TSS yang cukup tinggi tersebut menunjukkan bahwa bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu baik dalam menyisihkan kandungan padatan limbah cair pabrik sagu.

4 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Proses *start-up* bioreaktor hibrid anaerob berlangsung selama 57 hari
2. Proses *start-up* bioreaktor Hibrid Anaerob berlangsung pada pH sekitar 6 - 6,3
3. Konsentrasi padatan limbah cair pabrik sagu yang didapatkan pada proses *start-up* relatif rendah yaitu 1,36 grTS/ L, 0,36 grTVS/L, 0,5 grTSS/L dan 0,13 grVSS/L
4. Kondisi tunak berlangsung pada hari ke 57, 58 dan 59 yang ditandai dengan fluktuasi penyisihan padatan 10 %
5. Sistem bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu dapat mendegradasi senyawa organik yang relatif tinggi dengan efisiensi penyisihan TSS sebesar 60 % pada proses *start-up*

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., dan T., Setiadi,. 1993, *Pemakaian Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerob Dua Tahap dalam Mengolah Limbah Cair Pabrik Minyak Sawit*, Makalah Seminar Nasional Bioteknologi Industri, PAU-Bioteknologi ITB, Bandung, 27-29 Januari.

Ahmad, A., T. Setiadi, M. Syafila dan O.B. Liang, 1999, *Bioreaktor Berpenyekat Anaerob untuk Pengolahan Limbah Industri yang Mengandung Minyak dan Lemak: Pengaruh Pembebanan Organik Terhadap Kinerja Bioreaktor*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 1999, TK-ITB, Bandung, 19-20 Oktober .

Ahmad, A., T. Setiadi, M. Syafila dan O.B. Liang, 2000. *Bioreaktor Berpenyekat Anaerob untuk Pengolahan Limbah Industri yang Mengandung Minyak dan Lemak: Kajian Dinamik Bioreaktor dengan Pembebanan Organik Rendah*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses , FT-Universitas Diponegoro, Semarang, 26-27 Juli.

Ahmad, A., 2004, *Studi Komperatif Sumber dan Proses Aklimatisasi Bakteri Anaerob pada Limbah Cair yang Mengandung Karbohidrat, Protein dan Minyak-Lemak*, Jurnal Sains dan Teknologi Vol.3 No.1, 2004 : 1-10

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 Quality Res J*. Volume 41. No 1. Hal 56-62.

Febyanti, A., 2010, *Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Industri Minyak Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bernedia Batu*, Laporan Penelitian Universitas Riau, Riau.

Huda, T., 2009, *Hubungan antara Total Suspended Solid dengan Turbidity dan Dissolved Oxygen*, <http://thorik.staff.uui.ac.id/2009/08/23/hubungan-antara-total-suspended-solid-dengan->

- turbidity-dan-dissolved-oxygen/,10 Oktober 2011
- Rahmi, A., 2011. *Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit*, Laporan Penelitian Universitas Riau, Riau.
- Speece R.E., 1996, *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters*, Archae Press, Vanderbilt University.
- Syafila, M., A. H. Djajadiningrat dan M.Handajani, 2003. *Kinerja bioreaktor hybrid anaerob dengan media batu untuk pengolahan air buangan yang mengandung molase*, Prosiding ITB sains & teknologi, 35 (1), 19-31