

PENGARUH pH PADA SEEDING DAN AKLIMATISASI LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT (LCPKS) DALAM BIOREAKTOR ANAEROBIK

Abdul Kahar^{1*} dan Rahmat Gunawan²

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Kampus Gn. Kelua Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda 75119, Indonesia
Telp. (0541) 736834 Fax (0541) 749315

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Mulawarman Kampus Gn. Kelua Jl. Barong Tongkok No.4
Samarinda 75123, Indonesia

Telp. (0541) 749152 Fax (0541) 749140

*Email: kahar.abdul@gmail.com

ABSTRAK

Pengolahan biologis, limbah cair yang mengandung substrat organik terlarut dalam bioreaktor anaerobik juga ditentukan oleh proses seeding dan aklimatisasi. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pH seeding dan aklimatisasi POME terhadap COD, BOD dan tekanan biogas dalam bioreaktor anaerobik. Seeding dan aklimatisasi dilakukan pada pH *ambient*, pH 7.2 dan pH 8.0 serta temperature *ambient*. Tekanan biogas seeding dan aklimatisasi POME dalam bioreaktor anaerobik pada pH 7.2 lebih besar dari pH *ambient* lebih besar dari pH 8.0, berturut-turut adalah 637 mmH₂O; 627 mmH₂O dan 598.6 mmH₂O. BOD *removal* pada pH *ambient*, pH 7.2 dan pH 8.0 berturut-turut adalah 50.1%, 48.86 % dan 47.25%. BOD *removal* rata-rata sebesar 48.74%. COD *removal* pada pH *ambient*, pH 7.2 dan pH 8.0 berturut-turut adalah 52.08%, 43.68% dan 43.18%. COD *removal* rata-rata sebesar 46.31%. Rasio BOD/COD yang menunjukkan biodegradabilitas seeding dan aklimatisasi POME, pada pH *ambient*, pH 7.2 dan pH 8.0 berturut-turut adalah 0.505, 0.443 dan 0.478, dengan BOD/COD rata-rata adalah 0.475.

Kata Kunci: Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS), Seeding, Aklimatisasi, Bioreaktor Anaerobik

PENDAHULUAN

POME

Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) atau *Palm Oil Mill Effluent* (POME) adalah limbah cair efluen dari olahan pabrik minyak sawit. LCPKS berasal dari air kondensat pada proses sterilisasi, air dari proses klarifikasi, air *hydrocyclone* (*claybath*) dan air pencucian (Rambe, 2015).

POME merupakan campuran air, serpihan kulit sawit dan residu lemak yang dihasilkan pada proses awal *crude palm oil* (CPO). POME adalah cairan kental berwarna kecoklatan dengan padatan tersuspensi koloid halus dengan kisaran pH 4-5. POME bertemperatur panas, pH asam, mengandung bahan organik, minyak dan lemak serta padatan tersuspensi yang sangat tinggi, sehingga memiliki COD dan BOD yang tinggi. Oleh karena itu, POME harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan (Poh and Chong, 2009). Sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair kelapa sawit POME

Parameter	Satuan	Hasil Kolam I
pH	-	4,49
BOD-5	mg/L	10.191,44
COD	mg/L	19.940
Nitrogen	mg/L	500,87
Phosphor	mg/L	89,77
Pottassium	mg/L	7.486,18
Oil and Grease	mg/L	9,78
Nitrate	mg/L	15,66
TOC	mg/L	11.431,60
C/N Ratio	mg/L	23,65

Seeding dan Aklimatisasi

Pengolahan limbah organik secara biologis menggunakan bioreaktor anaerobik sangat ditentukan oleh proses seeding dan aklimatisasi. Sebelum tahap pengolahan anaerobik, mikroorganisme anaerobik ditumbuhkan dengan seeding dan aklimatisasi untuk menjamin keberadaannya dalam bioreaktor. Seeding dan aklimatisasi dilakukan untuk menumbuhkan, mengembang biakkan dan mengadaptasikan populasi mikroorganisme anaerob.

Mikroorganisme anaerob inilah yang akan mendegradasi substrat organik dan anorganik kompleks dalam limbah cair yang diolah dalam bioreaktor (Kahar *et al.*, 2017).

Sedangkan aklimatisasi bertujuan untuk mengadaptasikan mikroorganisme dengan kondisi lingkungan yang baru. Aklimatisasi merupakan tahap penyesuaian diri mikroorganisme dengan kondisi limbah cair yang akan diolah, termasuk sumber makanannya. Seeding dan aklimatisasi dilakukan secara bersamaan karena pembenihan langsung di dalam reaktor (Rambe, 2015).

Efisiensi pengolahan dalam bioreaktor anaerobik sangat sensitif terhadap parameter seperti komposisi air limbah, temperatur dan pH (Merlin *et al.*, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH seeding dan aklimatisasi POME terhadap COD, BOD dan tekanan biogas yang dihasilkan dalam bioreaktor anaerobik.

METODOLOGI PENELITIAN

Bioreaktor seeding dan aklimatisasi yang digunakan memiliki volume 27 L. Perbandingan volume POME : biogas pada bioreaktor adalah 70 : 30. Volume POME yang digunakan adalah 70% dari volume bioreaktor, sehingga diperoleh 19 L untuk POME dan 8 L untuk volume biogas (Kahar *et al.* 2017).

Seeding dan aklimatisasi dilakukan pada pH *ambient*, pH 7.2 dan dan pH 8.0 serta temperature *ambient*. pH seeding dan aklimatisasi diatur dan dipertahankan dengan menggunakan larutan buffer. Sebelum mengumpankan POME ke dalam bioreaktor anaerobik, larutan *buffer* ditambahkan sesuai dengan pH seeding aklimatisasi masing-masing perlakuan. Proses seeding dan aklimatisasi dianggap berhasil jika tekanan biogas bertambah $\pm 10\%$ (Priyono, 2012) atau tekanan biogas mengalami peningkatan secara eksponensial (Kahar *et al.*, 2017). Sampling POME dan analisis uji dilakukan setiap dua hari sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tekanan Biogas

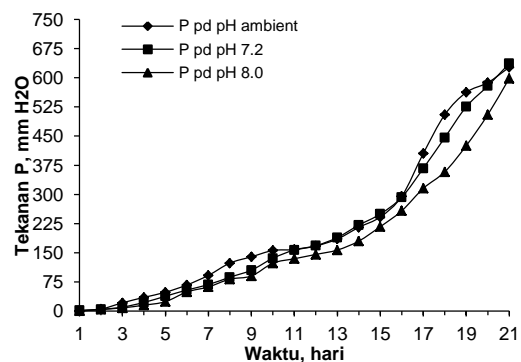
Secara umum, pengaruh pH terhadap proses seeding dan aklimatisasi POME, pada hari ke 1-12, tekanan biogas terlihat landai dan tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Sedangkan pada hari ke 13-21, terlihat kenaikan tekanan biogas terjadi secara eksponensial. Sebagaimana terlihat pada gambar 1.

Pada pH *ambient*, tekanan biogas seeding aklimatisasi masih terlihat landai, hari ke 1-12,

mulai dari 0-167.3 mmH₂O. Sedangkan pada hari ke 13-19, tekanan biogas terlihat mengalami kenaikan secara eksponensial, mulai dari 185.2 sampai 562.5 mm H₂O. Dan tekanan biogas pada hari ke 21 adalah 627 mmH₂O.

Pada pH 7.2, hari ke 1-12, tekanan biogas naik mulai dari 2 sampai 168 mmH₂O, namun tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Tekanan biogas mengalami kenaikan secara eksponensial terjadi pada hari ke 10-21, mulai dari 189 sampai dengan 637 mmH₂O.

Pada pH 8.0, hari ke 1-13, tekanan biogas seeding aklimatisasi masih terlihat landai dan tidak mengalami kenaikan secara eksponensial, mulai dari 0 sampai 156.8 mmH₂O. Tekanan biogas mengalami kenaikan secara eksponensial terjadi pada hari ke 14-21, yaitu mulai dari 179.9 sampai dengan 598.6 mmH₂O. Dan tekanan biogas tertinggi pada hari ke 21 adalah 598.6 mm H₂O.

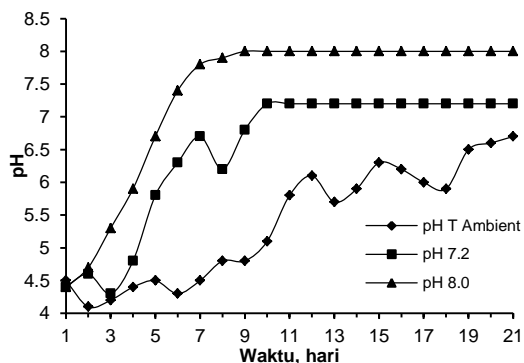


Gambar 1. Perubahan tekanan biogas pada seeding dan aklimatisasi

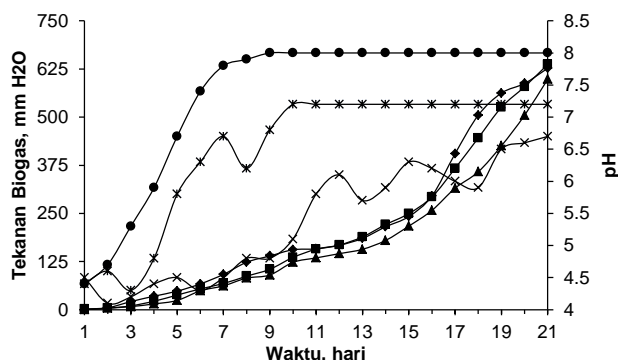
Tekanan biogas seeding dan aklimatisasi POME dalam bioreaktor anaerobik pada pH 7.2 lebih besar dari pada pH *ambient* lebih besar dari pada pH 8.0, berturut-turut adalah 637 mm H₂O; 627 mm H₂O dan 598.6 mm H₂O. Hal ini terjadi karena pH 7.2 merupakan pH optimum pertumbuhan bakteri *mesophilic*, sedangkan pH 8.0 merupakan pH minimum pertumbuhan bakteri *thermophilic*. Sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

pH

pH salah satu parameter penting pada pengolahan anaerobik karena bakteri metanogenik sangat sensitif terhadap perubahan pH (Indriyati, 2007). Rentang pH seeding antara 4.1-6.1, sedangkan rentang pH aklimatisasi antara 5.7-6.7. Sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan pH pada saat seeding dan aklimatisasi POME



Gambar 3. Hubungan tekanan biogas dengan pH

Pada keseluruhan perlakuan pengaruh pH *ambient*, 7.2 dan 8.0, seeding berlangsung pada hari ke 1-12 sedangkan aklimatisasi berlangsung pada hari ke 13-21. Pada Gambar 3, terlihat bahwa secara keseluruhan, pH seeding dan aklimatisasi meningkat, dari yang terendah 4.1 sampai 6.7. Pada perlakuan pH *ambient*, pH seeding dan aklimatisasi mengalami fluktuasi penurunan dan kenaikan dari asam ke mendekati netral, mulai dari 4.1 sampai 6.7. Pada perlakuan pH 7.2, hari ke 1-9 pH meningkat dari asam ke mendekati netral, mulai dari 4.4 sampai dengan 6.8, dan pH konstan 7.2 terjadi pada hari ke-10. Demikian juga pada pH 8.0, pH meningkat dari 4.4 sampai dengan 6.9, dan pH seeding aklimatisasi konstan 8.0 mulai ke 9.

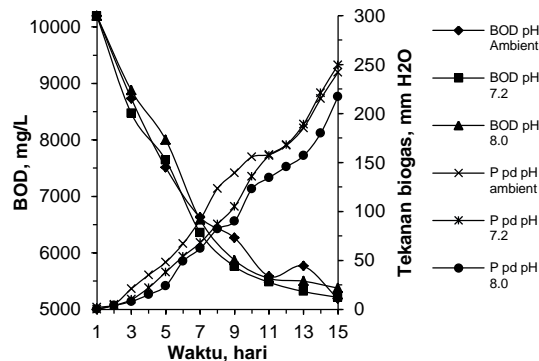
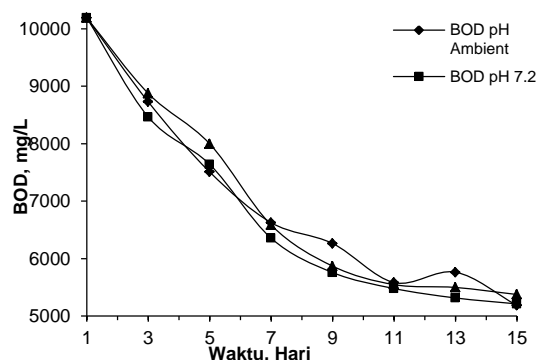
Pada Gambar 3, terlihat hubungan antara pH dengan tekanan biogas, dimana pada hari ke 1-12, tekanan biogas masih terlihat landai. Hal ini terjadi karena tahap awal dekomposisi substrat organik, menghasilkan asam-asam lemak volatil yang menyebabkan penurunan pH. Sehingga untuk mempertahankan pH seeding dan aklimatisasi pada 7.2 dan 8.0 adalah sangat sulit.

Biological Oxygen Demand (BOD)

Secara keseluruhan proses seeding dan aklimatisasi, BOD mengalami penurunan.

Sebagaimana terlihat pada Gambar 4a. Pada pH *ambient*, BOD mengalami penurunan sekitar 50.1%, mulai dari 10191.44 mg/L menjadi 5185.9 mg/L. Pada pH 7.2, BOD mengalami penurunan sekitar 48.86%, mulai dari 10191.44 mg/L menjadi 5211.50 mg/L. Sedangkan pada pH 8.0, BOD mengalami penurunan sekitar 47.25%, mulai dari 10191.44 mg/L menjadi 5375.6 mg/L.

Sedangkan pada hubungan BOD dan tekanan biogas, terlihat bahwa penurunan BOD diikuti dengan meningkatnya tekanan biogas. Sebagaimana terlihat pada Gambar 4b.



a.

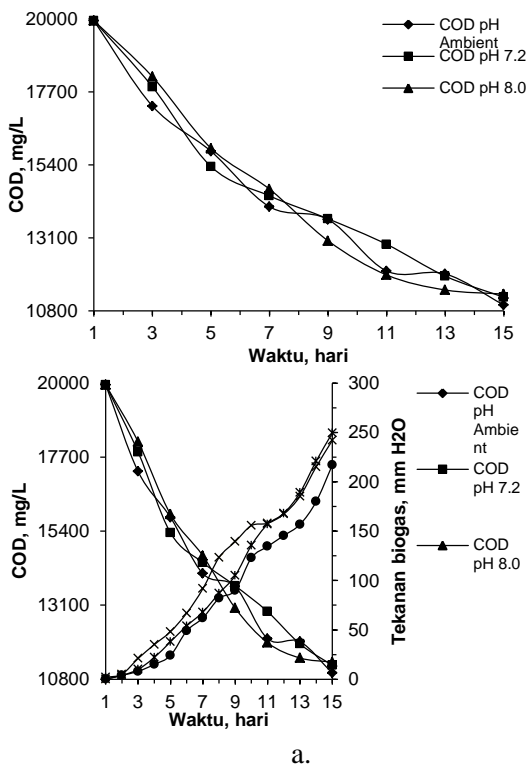
Gambar 4. a. Penurunan BOD; b. Hubungan BOD dengan tekanan biogas

Chemical Oxygen Demand (COD)

Secara keseluruhan proses seeding dan aklimatisasi, COD mengalami penurunan, seperti terlihat pada Gambar 5a. Pada pH *ambient*, COD mengalami penurunan sekitar 52.08%, mulai dari 19940 mg/L menjadi 10987.9 mg/L. Pada pH 7.2, COD mengalami penurunan sekitar 43.68%, mulai dari 19940 mg/L menjadi 11230.76 mg/L. Sedangkan Pada pH 8.0, COD mengalami penurunan sekitar 43.18%, mulai dari 19940 mg/L menjadi 11329.5 mg/L.

Sebagaimana terlihat pada Gambar 5b, hubungan COD dengan tekanan biogas, bahwa seiring dengan menurunnya COD, terjadi peningkatan pada tekanan biogas. Hal ini terjadi karena semakin banyak substrat organik yang

terbiodegradasi, maka semakin banyak pula biogas yang terbentuk.



Gambar 5. a. Penurunan COD; b. Hubungan COD dengan tekanan biogas

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tekanan biogas seeding dan aklimatisasi POME dalam bioreaktor anaerobik pada pH 7.2 lebih besar dari pH ambient lebih besar dari pH 8.0, berturut-turut adalah 637 mm H₂O; 627 mm H₂O dan 598.6 mm H₂O.
2. BOD *removal* pada pH *ambient*, ph 7.2 dan pH 8.0 berturut-turut adalah 50.1%, 48.86 % dan 47.25%. BOD *removal* rata-rata sebesar 48.74%.
3. COD *removal* pada pH *ambient*, ph 7.2 dan pH 8.0 berturut-turut adalah 52.08%, 43.68% dan 43.18%. COD *removal* rata-rata sebesar 46.31%.
4. Rasio BOD/COD yang menunjukkan biodegradabilitas seeding dan aklimatisasi POME, pada pH *ambient*, pH 7.2 dan pH 8.0 berturut-turut adalah 0.505, 0.443 dan 0.478, dengan BOD/COD rata-rata adalah 0,475.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tak terhingga kami haturkan pada Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan (DRPM) Kemenristekdikti,

dengan nomor kontrak: 193/UN17.41/KL/2019, yang telah membiaya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amani, T., M. Nosrati, and T.R. Srekrishnan., 2010. Anaerobic digestion from the viewpoint of microbiological, chemical, and operational aspects - a review. *Environ.* doi:10.1139/A10-011. Rev.18: 255–278 (2010).
- Appels., L., Jan Baeyens., Jan Degre `ve., Raf Dewil., 2008. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in Energy and Combustion Science* 34 (2008) 755–781.
- Demirel., B., Scherer, P., 2008. The Roles Of Acetotrophic And Hydrogenotrophic Methanogens Turing Anaerobic Conversion Of Biomass To Methane: A Review. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 7: 173-190.
- Deublein, D., and Steinhauser, A., 2008. Biogas from waste and renewable resources. Weinheim, Willey-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Gerardi, M.H., 2003. The microbiology of anaerobic digesters. 1st ed. Somerset NJ: Wiley.
- Hossain, Sk.M., N. Anantharaman, and Manas Das., 2009. Anaerobis Biogas Generation from Sugar Industry Wastewater in Three-phase Fluidized-Bed Bioreactor. *Indian Journal of Chemical Technology*, Vol. 16, January 2009, pp.58-64.
- Hwang, M.H., Jang, N.J., Hyun, S.H., and Kim, I.S., 2004. Anaerobic Bio-hydrogen Production from Ethanol Fermentation: The Role of pH. *J. Biotechnol.* 111(3): 297–309. doi:10.1016/j.jbiotec.2004.04.024. PMID:15246666.
- Indriyati, 2007. Unjuk Kerja Reaktor Anaerob Lekat Diam Terendam Dengan Media Penyangga Potongan Bambu. *J. Tek. Ling.* No. 3 Vol. 8, September 2007 ISSN 1441-318X, Hal. 217-222
- Kahar, A., Eko Heryadi, Lukman Malik, Budi Nining Widarti, Ika Mey Cahayanti. 2017. The Study of Seeding and Acclimatization from Leachate Treatment in Anaerobic Bioreactor. *ARNP Journal Of Engineering and Applied Sciences.* ISSN: 18196-608, Vol. 12, No. 8, April 2017, p. 2610-2614.
- Khalid, A., Muhammad Arshad, Muzammil Anjum, Tariq Mahmood, and Lorna Dawson, 2011. Review: The anaerobic

- digestion of solid organic waste. *Waste Management* 31 (2011).1737–1744.
- Kim, J., Park, C., Kim, T.H., Lee, M., Kim, S., Kim, S.W., Lee, J., 2003. Effects of various pretreatments for enhanced anaerobic digestion with waste activated sludge. *J.Biosci. Bioeng.* 95, p.271–275.
- Lee, D.H., Behera, S.K., Kim, J., Park, H.S., 2009. Methane production potential of leachate generated from Korean food waste recycling facilities: a lab scale study. *Waste Manage.* 29, p.876–882.
- Liu, C., Yuan, X., Zeng, G., Li, W., Li, J., 2008. Prediction of methane yield at optimum pH for anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. *Bioresour. Technol.* 99, p.882–888.
- Merlin., G., François Kohler., Maele Bouvier., Thierry Lissolo., Hervé Boileau., 2012. Importance of heat transfer in an anaerobic digestion plant in a continental climate context. *Bioresource Technology* 124 (2012) 59–67.
- Padmono, D., 2007. Kemampuan Alkalinitas Kapasitas Penyanggan (Buffer Capacity) Dalam Sistem Anaerobik Fixed Bed. *J. Tek.Ling.*, Mei 2007 ISSN 1441-318 Vol.8 No.2 Hal.119-127.
- Poh, P.E., Chong, M.F., 2009. Development of anaerobic digestion methods for palm oil mill effluent (POME) treatment. *Bioresour. Technol.* 100, p. 1–9.
- Priyono, A., Adrianto A., Bahruddin. 2012. Kajian aklimatisasi Proses Pengolahan Limbah Cair Pabrik Sagu Secara Anaerob. *Prosiding SNTK TOPI 2012*, ISSN 1907-0500, hal. 155-159.
- Rambe, S.M., 2015. Penentuan Model Kinetika Reaksi Hidrolisis Pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Anaerobic Baffle Reactor. Determination of Hydrolysis Kinetics Reaction Model of Palm Oil Mill Effluent Use The Anaerobic Baffle Reactor. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* Vol. 26 No. 2 Tahun 2015 Hal. 77-84.
- Ramos, A.C.T., Suzana M. Ratusznei, José A.D. Rodrigues, Marcelo Zaiat, 2003. Mass transfer improvement of a fixed-bed anaerobic sequencing batch reactor with liquid-phase circulation. *Interciencia*, vol. 28, no. 4, April, 2003, 0378-1844/03/04/214-06, pp. 214-219.
- Sötemann, S.W., Van Rensburg, P., Ristow, N.E., Wentzel, M.C., Loewenthal, R.E., and Ekama, G.A., 2005. Integrated Chemical, Physical and Biological Processes Modelling Part 2 - Anaerobic Digestion of Sewage Sludges. *Water SA* 31(4) 545-568.
- Van Lier, J.B., Mahmoud, N., and Zeeman, G., 2008. *Anaerobic Wastewater Treatment: Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design*. Edited by M. Henze, M.C.M. van Loosdrecht, G.A. Ekama, and D. Brdjanovic. ISBN: 9781843391883. IWA Publishing, London, UK. p. 401-441.
- Ward, A.J., Hobbs, P.J., Holliman, P.J., Jones, D.L., 2008. Optimization of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresour. Technol.* 99, p.7928–7940.
- Ziemiński, K., Magdalena, Frac., 2012. Review: Methane Fermentation Process As Anaerobic Digestion Of Biomass: Transformations, Stages And Microorganisms. *African Journal of Biotechnology* ISSN 1684–5315, Vol. 11(18), pp. 4127-4139.
- Zinatizadeh, A.A.L., A.R. Mohamed., G.D. Najafpour., M. Hasnain Isa., H. Nasrollahzadeh., 2006. Kinetic Evaluation Of Palm Oil Mill Effluent Digestion In A High Rate Up-Flow Anaerobic Sludge Fixed Film Bioreactor. *Process Biochemistry* 41 (2006) 1038–1046.