



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

Rahmat Gunawan¹ dan Abdul Kahar^{2,*}

¹Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman
Gn. Kelua Jl. Barong Tongkok No.4 Samarinda 75123, Indonesia
Telp. (0541) 749152 Fax (0541) 749140

²Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Gn. Kelua Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda 75119, Indonesia
Telp. (0541) 736834 Fax (0541) 749315

* Email: kahar.abdul@gmail.com

ABSTRACT

Biological treatment of wastewater containing dissolved organic substrate in an anaerobic bioreactor was also determined by seeding and acclimatization. Seeding and acclimatization are carried out to grow, multiply and adapting anaerobic microorganism populations in bioreactors. This study aims to determine the effect of recirculation flow rate on seeding and acclimatization of POME to COD, BOD and biogas pressure in anaerobic bioreactors. Seeding and acclimatization were carried out at recirculation flow rate; Q 0 L/minute, 12 L/minute and 24 L/minute with ambient temperature. Biogas pressure of seeding and acclimatization in anaerobic bioreactors at Q 24 L/minute higher than Q 12 L/minute higher than Q 0 L/minute, were 687.5 mmH₂O; 657 mmH₂O and 627 mmH₂O, respectively. BOD removal at Q 0 L/minute, 12 L/minute and 24 L/minute were 50.1%, 50.29% and 52.19%, respectively. BOD removal averages 50.86%. COD removal at Q 0 L/minute, 12 L/minute and 24 L/minute were 52.08%, 46.76% and 49.18%, respectively. COD removal averages 49.34%. The BOD/COD ratio that shows biodegradability of seeding and acclimatization of POME, at Q 0 L/minute, 12 L/minute and 24 L/minute, was 0.505, 0.465 and 0.488, respectively, with average BOD/COD 0.486.

Keywords: Palm Oil Mill Effluent (POME), Seeding, Acclimatization, Anaerobic Bioreactor

ABSTRAK

Pengolahan biologis, limbah cair yang mengandung substrat organik terlarut dalam bioreaktor anaerobik juga ditentukan oleh seeding dan aklimatisasi. Seeding dan aklimatisasi dilakukan untuk menumbuhkan, mengembang biakkan dan mengadaptasikan populasi mikroorganisme anaerob dalam bioreaktor. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh laju alir resirkulasi seeding dan aklimatisasi POME terhadap COD, BOD dan tekanan biogas dalam bioreaktor anaerobik. Seeding dan aklimatisasi dilakukan pada laju alir resirkulasi; Q 0 L/menit, 12 L/menit dan 24 L/menit serta temperature *ambient*. Tekanan biogas seeding dan aklimatisasi POME dalam bioreaktor anaerobik pada Q 24 L/menit lebih besar daripada Q 12 L/menit lebih besar dari Q 0 L/menit, berturut-turut adalah 687.5 mmH₂O; 657 mmH₂O dan 627 mmH₂O. Rentang pH seeding antara 4.1 – 6.1; sedangkan rentang pH aklimatisasi antara 5.7 – 7.2. BOD *removal* pada Q 0 L/menit, 12 L/menit dan 24 L/menit berturut-turut adalah 50.1%, 50.29% dan 52.19%. BOD *removal* rata-rata sebesar 50.86%. COD *removal* pada Q 0 L/menit, 12 L/menit dan 24 L/menit berturut-turut adalah 52.08%, 46.76% dan 49.18%. COD *removal* rata-rata sebesar 49.34%. Rasio BOD/COD yang menunjukkan biodegradabilitas seeding dan aklimatisasi POME pada Q 0 L/minute, 12 L/minute and 24 L/minute berturut-turut adalah 0.505, 0.465 dan 0.488; dengan BOD/COD rata-rata 0.486.

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 yang sangat berpotensi menyebabkan masalah serius bagi lingkungan karena kandungan polutannya yang sangat tinggi. Untuk setiap ton tandan buah segar yang diproses di Pabrik Kelapa Sawit, menghasilkan 120-200 kg minyak sawit mentah (CPO), 230-250 kg tandan buah kosong, serat 130-150 kg, dan 0,7 m³ limbah cair (Ramadhani *et al.*, 2018). POME 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) (Poh and Chong, 2009).

POME merupakan limbah cair kental kecoklatan dengan temperatur sekitar 80-90°C, bersifat asam (pH 3.8-4.5), dan konsentrasi senyawa organik cukup tinggi sehingga COD dan BOD juga tinggi. POME mengandung karbohidrat, protein, dan lemak berturut-turut dalam jumlah besar dengan komposisi 29.55%, 12.75%, dan 10.21%. Selain itu, beberapa senyawa mineral makro dan mikro seperti kalium (K), natrium (Na), kalsium (Ca), zat besi (Fe), seng (Zn), kromium (Cr), dan lainnya. Oleh karena itu, POME dapat dimanfaatkan sebagai substrat dan nutrisi untuk mikroorganisme dalam biodegradasi *methanogenic anaerobic* (Trisakti *et al.*, 2017).

Resirkulasi Limbah Cair

Peningkatan perpindahan massa pada bioreaktor sistem batch juga dapat ditingkatkan dengan sirkulasi (Ramos *et al.*, 2003). Resirkulasi memberikan keuntungan, pada kapasitas dan stabilitas *steady-state* dapat ditingkatkan dengan resirkulasi dalam reaktor (Leib *et al.*, 2001). Resirkulasi *effluent* (dengan ratio 6,7) diperlukan dalam meningkatkan pencampuran dalam bioreaktor (Appels *et al.*, 2008), dan mempercepat peningkatan aktivitas populasi mikroorganisme *methanogenic* (Tabatabaei *et al.*, 2011). Resirkulasi mempercepat laju biodegradasi, pembentukan VFA dan produksi metana bila dibandingkan antara yang diresirkulasi dengan yang tidak diresirkulasi (Liu *et al.*, 2018.).

Resirkulasi yang terus menerus (*continuous*) tidak baik dilakukan. Karena proses start-up beresiko tinggi pada asidifikasi dan akibatnya menghambat produksi metana. Sehingga disarankan dengan cara *intermittent*, selama start-up dan pada saat proses berlangsung (Kusch *et al.*, 2012).

Seeding Dan Aklimatisasi

Pada 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. Dimana mikroorganisme anaerob inilah yang akan mendegradasi kandungan 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).

Biodegradasi Anaerobik Substrat

Biodegradasi secara anaerobik bahan organik adalah suatu proses biokimia kompleks yang melibatkan banyak senyawa intermediet dan yang masing-masing dikatalisis oleh enzim atau katalis tertentu. Biodegradasi bahan organik dan anorganik terlarut, meliputi empat tahap yaitu: hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis yang terjadi secara seri maupun paralel (van Lier *et al.*, 2008; Appels *et al.*, 2008; Abdelgadir *et al.*, 2014).



Hidrolisis merupakan tahap pertama penguraian anaerobik. Tahap ini merupakan liqulfaksi bahan-bahan organik menggunakan enzim ekstra-seluler yang diproduksi oleh bakteri hidrolitik (Appels *et al.*, 2008). Hidrolisis dari polimer bahan-bahan organik seperti; protein, karbohidrat dan lipid akan membentuk asam amino, gula sederhana, asam lemak, alkohol dan lipid menjadi asam lemak rantai panjang (LCFA) (van Lier *et al.*, 2008). Tingkat hidrolisis tergantung pada parameter seperti: ukuran partikel, pH, produksi enzim, difusi (Ziemiński dan Frac, 2012), konsentrasi substrat dan temperatur (Gerber dan Roland, 2008).

Tahap asidogenesis merupakan tahapan perombakan bahan organik hasil hidrolisis menjadi berbagai produk asam-asam organik rantai-pendek, meliputi asam-asam format, asetat, propionat, butirat, laktat, suksinat, etanol, karbondioksida, dan gas hydrogen (Ziemiński dan Frac, 2012).

Tahap asetogenesis merupakan tahap pembentukan senyawa asetat, karbondioksida dan hydrogen (Ziemiński dan Frac, 2012). Oksidasi anaerobik senyawa antara (*intermediate acid product*) seperti VFA (terutama propionat dan asam butirat) menjadi asam asetat dan hydrogen oleh bakteri asetogenik disebut asetogenesis (van Lier *et al.*, 2008). Glukosa dan etanol juga dikonversi menjadi menjadi asetat pada tahap asetogenesis (Abdelgadir *et al.*, 2014).

Tahap terakhir dalam biodegradasi anaerobik adalah metanogenesis; yaitu tahap pembentukan metana; dengan cara dekarboksilasi asetat dan reduksi CO₂ dan H₂ (Sekiguchi dan Kamagata, 2004).

Pengolahan anaerobik pada prinsipnya memanfaatkan bakteri anaerobik untuk mendegradasi bahan-bahan organik atau *soluble chemical oxygen demand* (SCOD) menjadi biogas (Appels *et al.*, 2008). Penggunaan COD sebagai parameter kontrol dan operasi pada proses pengolahan anaerobik sangat beralasan karena biodegradasi yang sangat berbeda. Dimana substrat organik kompleks dalam fase padat “ditata-ulang” dengan memutus dan menyambung ikatan organiknya menjadi CH₄ dan CO₂ dalam fase gas (van Lier *et al.*, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperature pada proses seeding dan aklimatisasi terhadap pH, COD, BOD dan tekanan biogas yang dihasilkan dalam bioreaktor anaerobik.

METODE PENELITIAN

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

Laju alir resirkulasi POME seeding dan aklimatisasi dilakukan pada Q 0 L/menit, 12 L/menit dan 24 L/menit dengan temperature *ambient*. POME diresirkulasi masuk pada bagian atas dan keluar pada bagian bawah bioreactor. Untuk mengatur dan mempertahankan laju alir resirkulasi POME seeding dan aklimatisasi digunakan pompa resirkulasi, valve pengatur dan flowmeter.

Proses seeding dan aklimatisasi dianggap berhasil dan dihentikan jika pertambahan produksi biogas sekitar $\pm 10\%$ (Priyono, 2012) atau pada kondisi tekanan biogas mengalami peningkatan secara eksponensial (Kahar *et al.*, 2017). Sampling POME dan analisis uji dilakukan setiap dua hari sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

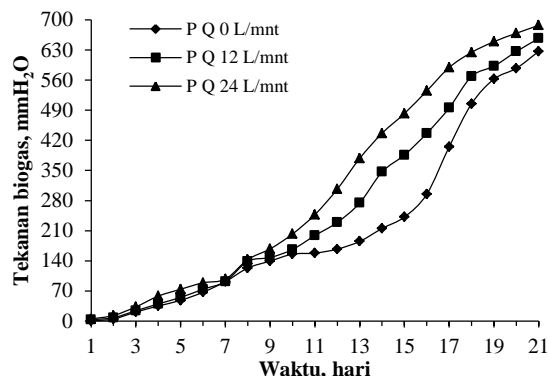
Tekanan Biogas

Sebagaimana terlihat pada gambar 1, makin tinggi laju alir resirkulasi; Q seeding dan aklimatisasi, makin tinggi pula tekanan biogas yang diperoleh. Pada Q 0 L/menit, hari ke 1-12, tekanan biogas terlihat landai, 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 mmH₂O. Dan tekanan biogas pada hari ke 21 adalah 627 mmH₂O.

Pada Q 12 L/menit, hari ke 1-9, tekanan biogas naik mulai dari 3 sampai 147.7 mmH₂O, tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Pada hari ke 10-18, tekanan biogas mengalami

kenaikan secara eksponensial mulai dari 166.5 sampai dengan 568.7 mmH₂O. Dan puncak tertinggi tekanan biogas pada hari ke 21 adalah 657 mmH₂O.

Pada Q 24 L/menit, hari ke 1-7, terlihat bahwa tekanan biogas tidak mengalami kenaikan secara eksponensial, mulai dari 5 sampai 97.5 mmH₂O. Tekanan biogas mengalami kenaikan secara eksponensial terjadi pada hari ke 8-16, yaitu mulai dari 143 mmH₂O sampai dengan 535 mmH₂O, dengan tekanan tertinggi pada hari ke 21 adalah 687.5 mm H₂O.



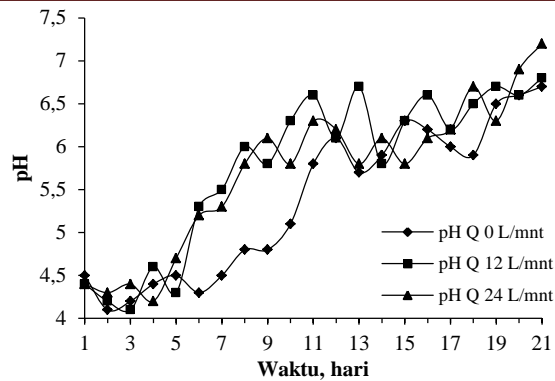
Gambar 1. Perubahan tekanan biogas pada seeding dan aklimatisasi

Gambar 1, menunjukkan bahwa tekanan biogas seeding aklimatisasi POME dalam bioreaktor anaerobik pada Q 24 L/menit lebih besar daripada Q 12 L/menit lebih besar daripada Q 0 L/menit, berturut-turut adalah 687.5 mmH₂O; 657 mmH₂O dan 627 mmH₂O. Hal ini terjadi karena, resirkulasi POME dapat meningkatkan kontak yang intensif antara mikroorganisme dengan substrat. Sehingga mempercepat pencampuran, meningkatkan aktivitas mikroorganisme *methanogenic*, meningkatkan pembentukan VFA dan produksi biogas serta meningkatkan laju biodegradasi dalam bioreaktor (Appels *et al.*, 2008; Tabatabaei *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2018).

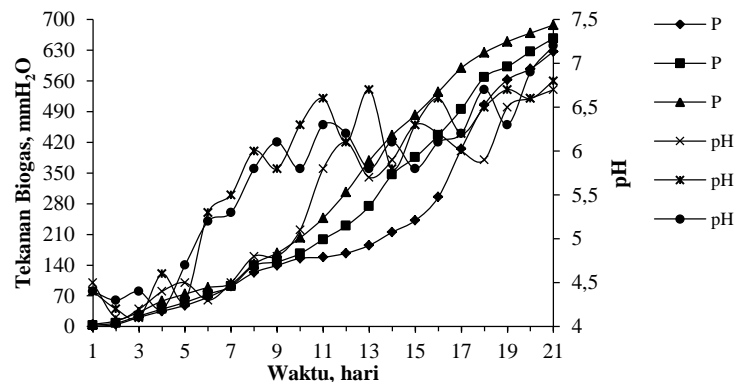
pH

pH salah satu parameter penting pada pengolahan anaerobik karena bakteri metanogenik sangat sensitif terhadap perubahan pH (Indriyati, 2007). Hidrolisis material organik dan anorganik dalam POME pada seeding aklimatisasi anaerobik menghasilkan asam-asam lemak yang akan menurunkan pH (van Lier *et al.*, 2008; Ziemiński dan Frac, 2012). Rentang pH seeding antara 4.1–6.1, sedangkan rentang pH aklimatisasi antara 5.7–6.6. Sebagaimana terlihat pada Gambar 2.

Pada gambar 2, laju alir resirkulasi 0 L/menit, pH seeding dan aklimatisasi mengalami fluktuasi penurunan dan kenaikan dari asam ke mendekati netral, mulai dari 4.5 sampai 6.7. Pada laju alir resirkulasi 12 L/menit, pH juga mengalami hal yang sama, mulai dari 4.4 sampai dengan 6.8. Demikian juga pada laju alir resirkulasi 24 L/menit mengalami kenaikan pH dari asam ke mendekati netral, yaitu dari 4.4 sampai dengan 7.2.



Gambar 2. Perubahan pH pada saat seeding dan aklimatisasi POME



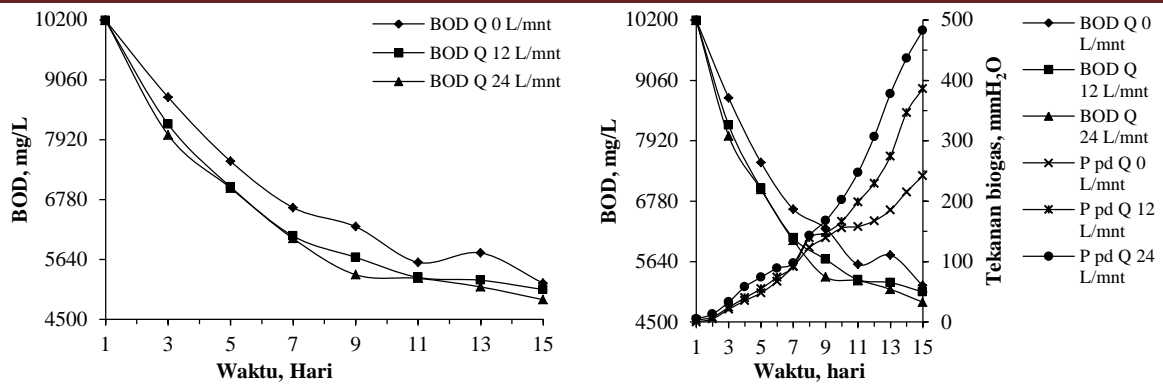
Gambar 3. Hubungan tekanan biogas dengan pH

Pada Gambar 3, menunjukkan pengaruh laju alir resirkulasi pada hubungan tekanan biogas dengan pH, dimana pada hari ke 1-10, tekanan biogas masih terlihat landai, sedangkan pH dibawah 6.1. keadaan tekanan biogas mengalami kenaikan ekponensial terjadi pada hari ke 11 keatas, dengan rentang pH 5.7-6.7. Hal ini terjadi karena pada tahap awal dekomposisi substrat organik, menghasilkan asam-asam lemak volatil yang menyebabkan penurunan pH. Selanjutnya asam-asam lemak volatil ini dikonversi menjadi metan, yang ditunjukkan dengan meningkatnya tekanan biogas yang dihasilkan.

Biological Oxygen Demand (BOD)

Laju alir resirkulasi POME pada proses seeding dan aklimatisasi berpengaruh terhadap penurunan BOD. Sebagaimana terlihat pada Gambar 4a. Pada Q 0 L/menit, BOD mengalami penurunan sekitar 50.1%, mulai dari 10191.44 mg/L menjadi 5185.9 mg/L. Pada Q 12 L/menit, BOD mengalami penurunan sekitar 50.29%, mulai dari 10191.44 mg/L menjadi 5066.05 mg/L. Sedangkan Pada Q 24 L/menit, BOD mengalami penurunan sekitar 52.19%, mulai dari 10191.44 mg/L menjadi 4872.5 mg/L.

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

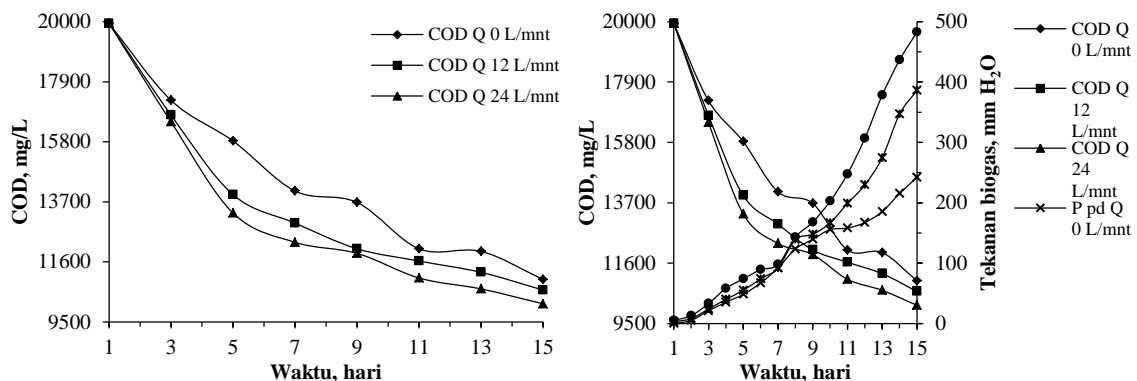


Gambar 4. a. Penurunan BOD; b. Hubungan BOD dengan tekanan biogas

Chemical Oxygen Demand (COD)

Dalam kasus substrat organik kompleks, yang umumnya diekspresikan sebagai COD suatu bagian substrat yang susah terdegradasi COD (Kahar, 2017, van Lier *et al.*, 2008; Ramos *et al.*, 2003). Resirkulasi limbah cair dapat mempercepat penurunan COD, dari 116 mg COD/L tanpa sirkulasi menjadi 52-60 mg COD/L dengan sirkulasi. Sehingga efisiensi penyisihan substrat meningkat dari 72% tanpa sirkulasi menjadi 87% dengan sirkulasi (Ramos *et al.*, 2003).

Laju alir resirkulasi POME pada tahap seeding dan aklimatisasi juga berpengaruh terhadap penurunan COD, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5a. Pada Q 0 L/menit, COD mengalami penurunan sekitar 52.08%, mulai dari 19940 mg/L menjadi 10987.9 mg/L. Pada Q 12 L/menit, COD mengalami penurunan sekitar 46.76%, mulai dari 19940 mg/L menjadi 10615.15 mg/L. Sedangkan Pada Q 0 L/menit, COD mengalami penurunan sekitar 49.18%, mulai dari 19940 mg/L menjadi 10134.28 mg/L.



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

Pada hubungan COD dengan tekanan biogas, bahwa seiring dengan menurunnya COD, terjadi peningkatan pada tekanan biogas. Sebagaimana terlihat pada Gambar 5b. Hal ini terjadi karena semakin banyak material organik yang terbiodegradasi, maka semakin banyak pula biogas yang terbentuk.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tekanan biogas seeding dan aklimatisasi POME dalam bioreaktor anaerobik pada Q 24 L/menit lebih besar daripada Q 12 L/menit lebih besar dari Q 0 L/menit, berturut-turut adalah 687.5 mmH₂O; 657 mmH₂O dan 627 mmH₂O.



2. Rentang pH seeding antara 4.1 – 6.1; sedangkan rentang pH aklimatisasi antara 5.7 – 7.2.
3. BOD *removal* pada Q 0 L/menit, 12 L/menit dan 24 L/menit berturut-turut adalah 50.1%, 50.29% dan 52.19%. BOD *removal* rata-rata sebesar 50.86%.
4. COD *removal* pada Q 0 L/menit, 12 L/menit dan 24 L/menit berturut-turut adalah 52.08%, 46.76% dan 49.18%. COD *removal* rata-rata sebesar 49.34%.
5. Rasio BOD/COD yang menunjukkan biodegradabilitas seeding dan aklimatisasi POME pada Q 0 L/minute, 12 L/minute and 24 L/minute berturut-turut adalah 0.505, 0.465 dan 0.488; dengan rata-rata 0.486.

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

- Abdelgadir, A., Xiaoguang Chen, Jianshe Liu, Xuehui Xie, Jian Zhang, Kai Zhang, Heng Wang, and Na Liu., 2014. Characteristics, Process Parameters, and Inner Components of Anaerobic Bioreactors. *BioMed Research International* Volume 2014, Article ID 841573, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/841573>, pp. 1-10.
- 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.
- Gerber, M., and Roland Span., 2008. An Analysis of Available Mathematical Models for Anaerobic Digestion of Organic Substances for Production of Biogas. *International Gas Union Research Conference IGRC, Paris.*
- 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. 2017. Perpindahan Massa Fase Cair Pada Pengolahan Lindi TPA Sampah Kota Dalam Bioreaktor Anaerobik. Disertasi Program Doktor Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- 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. *ARPN Journal Of Engineering and Applied Sciences.* ISSN: 18196-608, Vol. 12, No. 8, April 2017, p. 2610-2614.
- Kusch, S., Oechsner, H., and Jungbluth, T., 2012. Effect of various leachate recirculation strategies on batch anaerobic digestion of solid substrates. DOI: 10.1504/IJEW.2012.044161. *Int. J. Environment and Waste Management*, Vol. 9, Nos. 1/2, pp.69-88.
- Leib, T.M., Carmo J. Pereira, and John Villadsen., 2001. Bioreactors: a chemical engineering perspective. *Chemical Engineering Science* 56 (2001) 5485–5497.
- Liu, L., Huan Xiong, Jun Ma, Sai Ge, Xiao Yu, and Gang Zeng. 2018. Leachate Recirculation for Enhancing Methane Generation within Field Site in China. *Hindawi Journal of Chemistry* Volume 2018, Article ID 9056561, p. 1-7. <https://doi.org/10.1155/2018/9056561>
- 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.
- Ramadhani, L.I., S.I. Damayanti, H. Sudibyo, W. Budhijanto. 2018. Kinetics of Anaerobic Digestion of Palm Oil Mill Effluent (POME) in Double-Stage Batch Bioreactor with Recirculation and Fluidization of Microbial Immobilization Media. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 316 (2018) 012071, doi:10.1088/1757-899X/316/1/012071



- 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.
- Sekiguchi, Y., Kamagata, Y., 2004. Microbial Community Structure And Functions In Methane Fermentation Technology For Wastewater Treatment. In Nakano, M. M., and Zuber, P. (eds.), *Strict and Facultative Anaerobes: Medical and Environmental Aspects*. Horizon Bioscience, Norwich, U.K. pp. 361–384.
- Tabatabaei, M., Alawi Sulaiman, Ali M. Nikbakht., Norjan Yusof., Ghasem Najafpour. 2011. Influential Parameters on Biomethane Generation in Anaerobic Wastewater Treatment Plants. ISBN: 978-953-307-372-9, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com>
- Trisakti, B., Irvan, H. Adipasah, Taslim and M. Turmuzi. 2017. Effect of Agitation on Acidogenesis Stage of Two-Stage Anaerobic Digestion of Palm Oil Mill Effluent (POME) into Biogas. 1st Annual Applied Science and Engineering Conference, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 180(2017) 012127, doi:10.1088/1757-899X/180/1/012127.
- 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.
- Ziemiński, K., Magdalena, Franç., 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.