

**PENGARUH *PRETREATMENT* AERASI KULTUR TERCAMPUR
ANAEROB TERHADAP PROSES AKLIMATISASI PENGOLAHAN
LIMBAH CAIR PRODUKSI MINYAK SAWIT**

Hirda Nopma Pagattari¹⁾; David Andrio²⁾; Ivnaini Andesgur³⁾

¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

³⁾Dosen Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. H.R Soebrantas Km 12,5, Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : hirdanopmapagattari@gmail.com

ABSTRACT

Palm Oil Mill Effluent (POME) has potential for anaerobic treatment because it has COD concentration 50.000 – 70.000 mg/L. In this research, mixed cultures that we used is from cow dung. To increase concentration of bacteria on inoculum and decreased lag phase on anaerobic process, anaerobic mixed cultures should get seeding and acclimatized process. The bioreactor of seeding and acclimatization using circulating batch reactor, with volume 15 L and 5 L, respectively. Ratio wastewater to biomass bacteria was 70:30 (% v/v). This research used 3 variations of aeration time of mixed culture that is 0, 12, 24 and 36 hours. The parameter observed in this research was VSS and COD. Seeding process was doing in 5 days with final VSS on day-5 was 8.280 mg/L and total COD concentration was 36.454 mg/L. Acclimatization process was doing on three stages, 5 days each stage. The highest reduction of COD at the third stages of acclimatization was found within reactor with 24 hours of inoculum aeration pretreatment was 62% with 1.180 mg/L/day of increasing VSS.

Keywords : *POME, mixed culture, aeration pretreatment, seeding, acclimatization*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara penghasil *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar didunia dengan produksi sebesar 31 juta ton pada tahun 2015 (Kementrian Pertanian, 2016). Setiap ton CPO yang dihasilkan, maka membutuhkan 5-7,5 ton air dan sekitar 3,5 m³ limbah cair produksi

minyak sawit yang dihasilkan (Hassan, 2013). Limbah cair produksi minyak sawit segar yang dihasilkan memiliki kandungan organik yang tinggi yaitu *Biological Oxygen Demand* (BOD) sebesar 25.000 mg/L dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 50.000 mg/L (Madaki, 2013). Limbah

cair produksi minyak sawit saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal, dimana limbah cair produksi minyak sawit hanya diolah dengan sistem kolam terbuka yang dapat memancarkan efek rumah kaca dan menghasilkan metana (Andrio, 2013). Dengan kandungan COD yang tinggi, ketersediaan bahan yang melimpah, serta diperlukannya pengolahan dengan strategi pemulihan bioenergi secara bersamaan menjadikan limbah cair produksi minyak sawit sebagai salah satu bahan baku sumber energi alternatif berupa bioetanol (Andrio dkk, 2015).

Bioetanol terbentuk melalui reduksi asetaldehid pada tahap asidogenesis dengan bantuan dari enzim alkoholdehidrogenase. Penggunaan kultur tercampur anaerob tidak mengharuskan kita melakukan sterilisasi sehingga biaya yang dibutuhkan tidak begitu besar. Akan tetapi akan menghasilkan produk samping berupa asam lemak volatil dan non volatil sehingga mempengaruhi produksi bioetanol (Andrio dkk, 2013).

Kotoran sapi memiliki tingkat biodegradabilitas anaerobik yang ideal karena mengandung konsorsium bakteri pendegradasi sehingga dapat digunakan sebagai inokulum (Sunarso dkk., 2010).

Pretreatment aerasi dapat menjamin keberagaman mikroba dengan struktur yang lebih kompleks dan stabil. *Seeding* bertujuan untuk

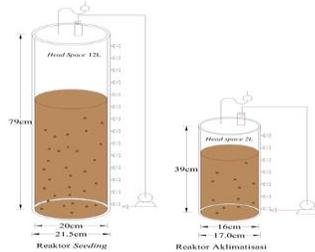
mengembangbiakkan mikroorganisme yang akan digunakan dalam proses anaerob. *Seeding* dilakukan dengan pemberian nutrisi berupa glukosa ($C_6H_{12}O_6$) kepada bakteri. Proses *seeding* selesai ketika konsentrasi VSS meningkat >2.000 mg/L (Reynold, 1982). Proses aklimatisasi dilakukan untuk menyeleksi dan mengadaptasi mikroorganisme hasil *seeding* sehingga dapat digunakan untuk mengolah limbah cair produksi minyak sawit.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Circulating Bed Reactor* (CBR). Untuk menghomogenkan substrat dan inokulum didalam reaktor, dilakukan proses pengadukan dengan cara sirkulasi gas pada *head space* oleh kompresor. Reaktor dibuat dengan bahan akrilik dengan kapasitas 27 L untuk reaktor *seeding* dan 7 L untuk reaktor *pretreatment* dan aklimatisasi. Masing-masing reaktor bervolume kerja 15 L dan 5 L, sehingga *head-space* yang disisakan sebesar 12 L dan 2 L. Bagian dan komponen pendukung CBR dapat dilihat pada Gambar 1.

Substrat yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah cair produksi minyak sawit segar yang diambil pada saluran pertama pembuangan limbah cair pada PTPN V Sei Pagar, Kabupaten Kampar.



Gambar 1. Reaktor *seeding* dan aklimatisasi

Karakteristik dari limbah cair produksi minyak sawit segar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Produksi Minyak Sawit

Parameter ^a	Nilai	Baku Mutu ^b
pH	5,06	6 – 9
VSS	10.000	-
COD Total	35.000	350
COD Terlarut	27.500	-

^a= Semua parameter dalam mg/L, kecuali pH

^b= Permen LH No. 5 Tahun 2014

Sumber : Hasil karakteristik

Inokulum yang digunakan adalah bakteri kultur tercampur anaerob yang berasal dari kotoran sapi yang didapat pada Rumah Pemotongan Hewan Cipta Karya, Pekanbaru.

Bahan – bahan kimia lainnya yang digunakan untuk analisa COD dan VSS sesuai SM 5220 C dan 2540 D.

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian diawali dengan persiapan alat dan bahan, yaitu pengambilan limbah cair produksi minyak sawit, pengambilan kotoran sapi dan persiapan reaktor. Selanjutnya dilakukan uji karakteristik limbah cair produksi minyak sawit dengan 4 parameter, yaitu pH, VSS, COD total dan COD terlarut.

Dilanjutkan dengan proses *seeding* (pembiasaan bakteri kultur tercampur) dengan cara pemberian glukosa (C₆H₁₂O₆) kepada bakteri sebanyak 20.000 mg/L. Proses *seeding* dilakukan dengan menggunakan reaktor bervolume kerja 15 L. Sebelum *seeding* dimulai, dilakukan *flushing* gas nitrogen ke reaktor selama 10 menit untuk menciptakan kondisi anaerob (Syafila dkk., 2010). *Seeding* dilakukan selama 5 hari dengan pengambilan sampel setiap 24 jam. Tahap *seeding* dapat dinyatakan berhasil jika konsentrasi VSS >2.000 mg/L (Reynolds, 1982).

Setelah tahap *seeding* selesai, maka dilanjutkan dengan tahap *pretreatment* aerasi inokulum. Aerasi digunakan berdasarkan toleransi yang berbeda mikroba terhadap oksigen, dimana *pretreatment* aerasi dapat menjamin keberagaman mikroba dengan struktur yang lebih kompleks dan stabil (Wang dan Yin, 2017). Inokulum di dalam reaktor *seeding* dikeluarkan melalui *sampling port* dan dimasukkan ke 4 reaktor aklimatisasi masing-masing 1,5 L. Kemudian

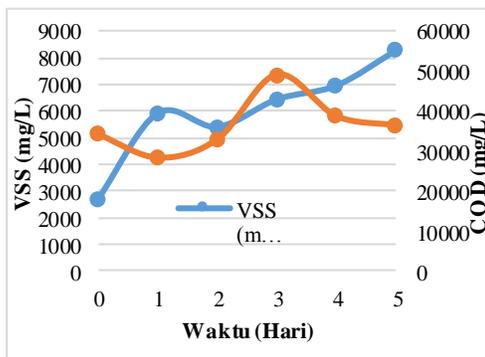
dilakukan proses aerasi dengan variasi waktu yakni 0, 12, 24 dan 36 jam.

Proses aklimatisasi merupakan tahap adaptasi bakteri terhadap limbah yang akan dijadikan penelitian. Aklimatisasi dilakukan dengan cara mengurangi konsentrasi glukosa secara bertahap dan menambahkan konsentrasi limbah secara bertingkat. Rasio pemberian glukosa dan limbah pada proses aklimatisasi % (v/v) adalah 100 : 0; 50 : 50; dan 0 : 100. Aklimatisasi dilakukan selama 5 hari pada masing-masing tahap dengan pengambilan sampel setiap 24 jam. Parameter yang diuji pada aklimatisasi yaitu COD dan VSS.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Seeding

Pertumbuhan bakteri dan penyisihan COD total pada proses *seeding* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan COD total dan VSS terhadap Waktu pada Proses *Seeding*

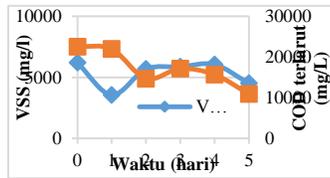
COD total menggambarkan jumlah keseluruhan senyawa organik terlarut dan tidak terlarut yang terdapat dalam suatu sampel. Berdasarkan

Gambar 2, terjadi penurunan COD total total pada hari pertama dari 34.176 mg/L menjadi 28.480 mg/L. Hal ini menandakan bahwa substrat telah dikonsumsi oleh mikroorganisme sehingga nilai VSS meningkat. Sebagian besar mikroorganisme yang belum bisa beradaptasi dan mengkonsumsi substrat akan mati ditandai dengan menurunnya nilai VSS. Pada hari ke-2 terjadi peningkatan COD karena mikroorganisme yang mati akan menurunkan nilai VSS dan berubah menjadi COD terlarut (Davis, 2010). Nilai VSS terus meningkat hingga hari ke-5 sebesar 8.280 mg/L dan COD total terus menurun menjadi 36.454 mg/L. Pertumbuhan bakteri pada hari ke-5 dianggap sudah memenuhi persyaratan pengolahan anaerob karena konsentrasi mikroorganisme >2000 mg/l. Meningkatnya nilai VSS pada proses *seeding* mengindikasikan terjadinya pertumbuhan bakteri yang dibiakkan (Reynolds, 1982).

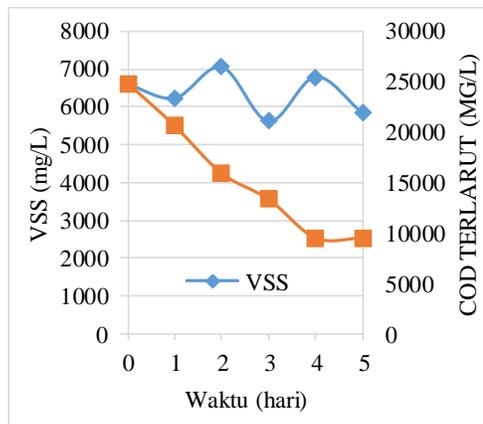
Setelah tahap *seeding* selesai, maka dilanjutkan dengan tahap *pretreatment* aerasi terhadap inokulum. *Pretreatment* aerasi dilakukan dengan variasi waktu 0, 12, 24 dan 36 jam. Selanjutnya penelitian dilanjutkan ke tahap aklimatisasi.

3.2 Aklimatisasi

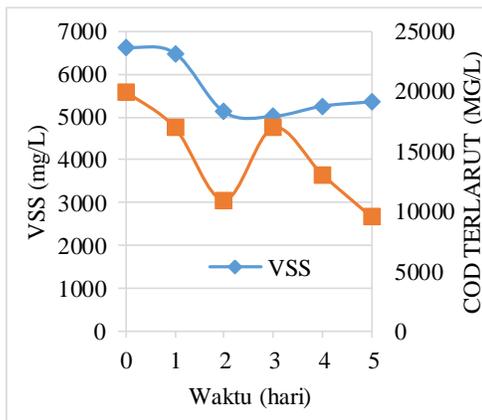
Hasil analisa aklimatisasi tahap III pada reaktor dengan *pretreatment* aerasi inokulum 12, 24, 36 jam dan kontrol dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, 5 dan 6.



Gambar 3. Hubungan COD total dan VSS terhadap Waktu pada Aklimatisasi Tahap III Reaktor dengan *pretreatment* Aerasi Inokulum selama 12 jam (R1)



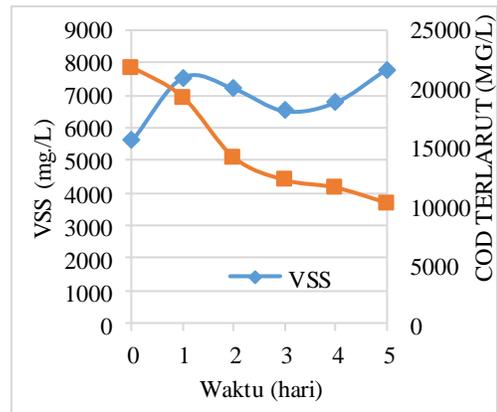
Gambar 4. Hubungan COD total dan VSS terhadap Waktu pada Aklimatisasi Tahap III Reaktor dengan *pretreatment* Aerasi Inokulum selama 24 jam (R2)



Gambar 5. Hubungan COD total dan VSS terhadap Waktu pada Aklimatisasi Tahap III

Reaktor dengan *pretreatment* Aerasi Inokulum selama 36 jam (R3)

Pada reaktor R1 dan R3, proses hidrolisis terjadi pada hari ke-3, sedangkan pada reaktor R2 proses hidrolisis terjadi pada hari ke-2. Hal ini ditandai dengan meningkatnya nilai COD terlarut, hal ini terjadi karena degradasi substrat (limbah cair produksi minyak sawit) dari senyawa polimer seperti karbohidrat, protein dan lemak menjadi senyawa monomer atau lebih sederhana (Gerardi, 2003).



Gambar 6. Hubungan COD total dan VSS terhadap Waktu pada Aklimatisasi Tahap III Reaktor kontrol (R4)

Proses adaptasi bakteri (*lag phase*) pada R1 terjadi pada hari ke-1, hal ini ditandai dengan kematian mikroorganisme yang cukup signifikan. Sedangkan fase pertumbuhan (*log phase*) diwakili oleh R3 dan R4 hari ke-5. Pada fase ini terjadi tahap disimilasi dan asimilasi (Sperling, 2007).

Kematian bakteri pada semua reaktor di awal penelitian terjadi karena bakteri masih beradaptasi dengan substrat baru yaitu 100% limbah cair produksi minyak sawit.

Akan tetapi pada hari ke-3 fase lag atau fase pertumbuhan mulai berlangsung, hal ini ditandai dengan meningkatnya nilai VSS.

Terjadinya perbedaan pola pertumbuhan bakteri pada tahap ini juga disebabkan karena inokulum yang digunakan merupakan kultur tercampur yang terdiri dari beragam konsorsium bakteri, dimana setiap bakteri memiliki kurva pertumbuhan yang berbeda-beda (Metcalf & Eddy, 1991). Pada hari ke-5 terjadi penurunan konsentrasi COD terlarut pada semua reaktor yang menandakan telah terjadi proses asidogenesis (Deublin dan Steinhauser, 2008), yaitu proses konversi produk hidrolisis menjadi asam organik volatil oleh bakteri asidogenesis.

Efisiensi penyisihan COD terlarut tertinggi terdapat pada R2 sebesar 62%, dilanjutkan dengan R4, R3 dan R1 masing masing 53%, 53% dan 52%. Laju pertumbuhan bakteri maksimum terdapat pada R1 sebesar 2.120 mg/L/hari, dilanjutkan dengan R4, R2 dan R3 masing-masing sebesar 1.920 mg/L/hari, 1.180 mg/L/hari dan 240 mg/L/hari. Konsentrasi VSS pada semua reaktor hari ke-5 berada pada rentang 4.520 – 7780 mg/L, nilai ini sudah memenuhi persyaratan minimum mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengolahan anaerob.

4. Kesimpulan

Efisiensi penyisihan COD terlarut tertinggi terdapat pada R2 (reaktor dengan *pretreatment* aerasi inokulum selama 24 jam) sebesar 62%. Sedangkan laju pertumbuhan bakteri maksimum terdapat pada R1 (reaktor

dengan *pretreatment* aerasi inokulum selama 12 jam) sebesar 2.120 mg/L/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrio, D., Syafila, M., Handajani, M., dan Natalia, D., 2013. The Influence of Sterilization Substrate and pH Control to Ethanol Formation and Acidogenic Product Distribution on Anaerobic Mixed Culture Bacteria Fermentation. *The Second International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment*, Bandung, November 19st-20nd 2013.
- Andrio, D., Syafila, M., Handajani, M., dan Natalia, D., 2015. Pengaruh Pengendalian pH Terhadap Pembentukan Etanol dan Pergeseran Produk Asidogenesis dari Fermentasi Limbah Cair Industri Minyak Sawit. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol 22, No. 1, Maret 2015: 1-11.
- Davis, M.L. 2010. *Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice*. Mc Graw Hill Inc. New York.
- Deubliein, D. dan Steinhauser, A. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction*. ISBN:978-3-527-31841-4
- Hassan, S., Kee, L. dan Al-Kayiem, H., 2013. Experimental Study of Palm Oil Mill Effluent and Oil Palm Frond Waste Mixture as an

Alternative Biomassa Fuel. *Journal of Engineering Science and Technology* Vol. 8 No. 6, 703-712.

Producing Bacteria From Mixed Cultures. *International Journal of Hydrogen Energy* 2017. 1-20.

Madaki, Y., dan Seng, L., 2013. Palm Oil Mill Effluent (POME) from Malaysia Palm Oil Mills: Waste or Resource. *International Journal of Science, Environment and Technology*, Vol. 2, No.6, 1138-1155.

Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Edisi III. Mc Graw Hill Inc. New York.

Reynolds, T.D. 1982. *Unit Operation In Enviromental Engineering*. Massachusetts : Texas A & M University; B/C Engineering Division Boston.

Sperling, M.V., 2007. *Basic Principles of Wastewater Treatment*. Departmen of Sanitary and Environmental Engineering Federal University of Minas Gerais, Brazil.

Syafila, Mindriany., Marisa Handajani dan Adearty Prayascitra. 2010. The Effect of Nitrogen Gas Flushing on Intermediate Products Formation in Acidogenic Stage of Anaerobic Process of Cocoa Sweetings. *Journal Engineering and Science*. Vol. 42, No. 2, 129-136.

Wang, J. dan Yin, Y., 2017. Principle And Application Of Different Pretreatment Methods For Enriching Hydrogen-