

**PROSES SEEDING DAN AKLIMATISASI KULTUR TERCAMPUR
PADA PENGOLAHAN ANAEROB
LIMBAH CAIR PRODUKSI MINYAK SAWIT**

Gusti Rahayu¹⁾; David Andrio²⁾; Nina Veronika³⁾

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

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

³⁾Dosen Prodi Teknik Pengolahan Sawit, Politeknik Kampar

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

Email : gustirahayu30@gmail.com

ABSTRACT

Palm Oil Mill Effluent (POME) was high strength organic wastewater contained COD 50.000 – 70.000 mg/l. Mixed cultures used in this research is from cow dung. To increase concentration of bacteria on the inokulum and decreased lag phase on anaerobic treatment for treat it, the anaerobic mixed culture bacteria should be seeding process and acclimatized toward POME. The bioreactor of seeding process and acclimatization using circulating batch reaktor with worked volume 15 L and 5 L, respectively. Ratio wastewater to biomass bacteria was 70:30 (% V/V). This study use 3 variation of heat temperature of mixed culture anaerob that is 35° C for 1 hour; 70° C for 30 minutes; 100° C for 15 minutes with control. The parameter observed in this research was VSS and COD. Seeding process was doing in 5 days with highest VSS on day's 5 was 8.280 mg/L and COD total concentration was 36.454 mg/L. Acclimatization process was doing on three stages, each of the 5 days. The most increase of VSS at the third stages of acclimatization was found within R1 (heat pretreatment inoculum 35° C for 1 hour) was 880 mg/L/day and the most reduction of soluble COD was found within R3 (heat pretreatment inoculum 100° C for 15 minutes) was 14,30%.

Keywords : *POME, mixed culture, circulating batch reactor, seeding, acclimatization, COD, VSS,*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia, dengan luas areal sebesar 11,67 juta hektar dan produksi *crude palm oil* (CPO) sebesar 33,50 juta ton pada tahun 2016 (Kementrian Pertanian, 2016). Provinsi Riau merupakan sentra penghasil minyak sawit terbesar di Indonesia, dengan jumlah pabrik minyak sawit sebanyak 192 buah dan jumlah

produksi minyak sawit mencapai 8.506.646 ton pada tahun 2016 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2015). Setiap ton minyak sawit mentah akan menghasilkan limbah cair sebesar 1,13 m³ dengan kandungan bahan organik atau *chemical oxygen demand* (COD) sebesar 50.000-70.000 mg COD/L (Andrio dkk., 2015).

Limbah cair produksi minyak sawit (LCPMS) memiliki potensi yang besar sebagai substrat untuk fermentasi bioetanol karena memiliki senyawa organik seperti karbohidrat termasuk pati, hemiselulosa, sukrosa dan karbohidrat lainnya yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme. Hal ini dapat digunakan sebagai substrat untuk menghasilkan biofuel seperti bioetanol (Wakil dkk., 2013). Bioetanol diproduksi secara fermentasi dengan bantuan mikroorganisme pada kondisi anaerob. Penggunaan kultur tercampur anaerob memiliki beberapa keuntungan yaitu kemampuan bakteri dalam beradaptasi terhadap lingkungan sehingga tidak diperlukan proses sterilisasi dan juga mampu mempercepat serta menyempurnakan degradasi senyawa pencemar. Selain itu, kultur tercampur juga memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan keanekaragaman mikroba dan berbagai jenis substrat (Mahmod dkk., 2017). Hasil penelitian Lin dan Wen (2008) melaporkan bahwa kotoran sapi merupakan kultur tercampur anaerob yang sangat baik digunakan sebagai sumber inokulum dalam upaya untuk meningkatkan produksi bioetanol.

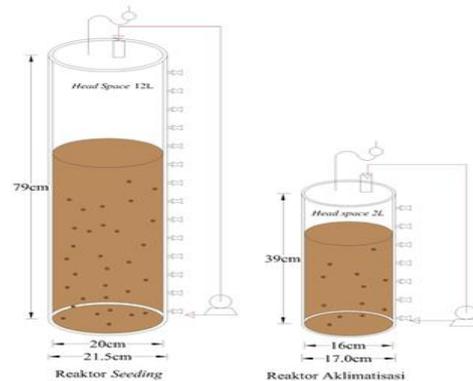
LCPMS sulit untuk didegradasi oleh mikroorganisme sehingga perlu dilakukan persiapan inokulum agar dapat mengolah limbah cair produksi minyak sawit secara efisien. *Seeding* atau pembiakan dilakukan untuk menumbuhkan bakteri pada inokulum dengan pemberian nutrisi berupa glukosa ($C_6H_{12}O_6$) kepada bakteri sampai kadar COD menjadi tunak (fluktuasi <10%) (Dworkin

dkk., 2006). 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 dalam penelitian ini adalah *Circulating bed reactor* (CBR). Proses pencampuran menggunakan sirkulasi gas pada *head space* reaktor oleh kompresor untuk menghomogenkan substrat dan inokulum dalam reaktor. Reaktor dibuat dari bahan akrilik (*plexiglass*) dengan volume 27 liter untuk reaktor *seeding* dan 7 liter untuk reaktor aklimatisasi. Masing-masing reaktor menyisakan *head space* sebanyak 12 liter dan 2 liter untuk internal biogas, sehingga volume reaktor yang digunakan adalah 15 liter dan 5 liter. Bagian dan komponen-komponen pendukung reaktor dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaktor *Seeding* dan Aklimatisasi

Substrat yang digunakan adalah limbah cair produksi minyak sawit dan dapat dilihat karakteristiknya 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 *mixed culture* (kultur tercampur) yang berasal dari kotoran sapi. Bahan-bahan kimia lain yang digunakan adalah untuk keperluan analisa sesuai dengan metode analisa SM 5220 C untuk COD dan SM 2540 D untuk VSS.

2.2 Operasional Reaktor

Seeding merupakan tahap pengembangbiakan bakteri kultur tercampur. Pembiakan bakteri ini dilakukan dengan memberikan glukosa ($C_6H_{12}O_6$) kepada bakteri sampai efisiensi COD stabil (fluktuasi < 10%) (Dworkin dkk., 2006). Penambahan glukosa tergantung pada konsentrasi COD substrat. Menurut Metcalf dan Eddy (1991), 1 g glukosa sebanding dengan 1000,7 mg COD/L sehingga jumlah glukosa yang akan ditambahkan kedalam reaktor adalah 20.000 mg/L. Sebelum *seeding* dimulai, dilakukan *flushing* gas nitrogen selama 10 menit ke dalam reaktor untuk menciptakan kondisi anaerob (Syafila dkk., 2010). Pengambilan sampel dilakukan setiap 24 jam selama 5 hari.

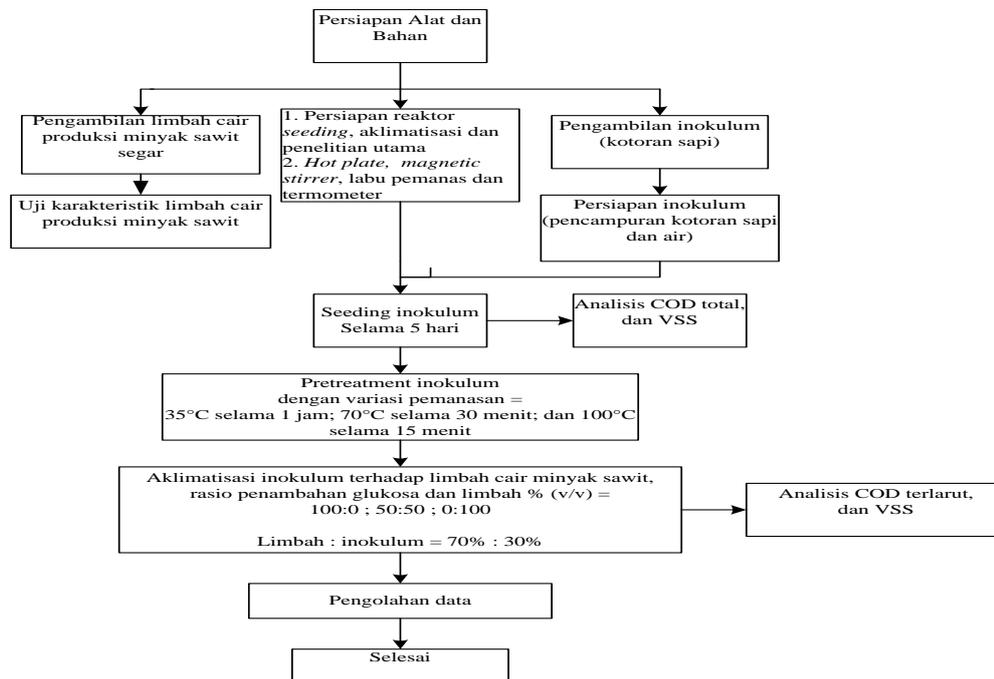
Setelah tahap *seeding* selesai, maka dilanjutkan dengan tahap *pretreatment* pemanasan inokulum. Inokulum di dalam reaktor *seeding* dikeluarkan melalui *sampling ports*

dan dimasukkan ke dalam labu pemanas yang kemudian dipanaskan menggunakan *hotplate* yang dilengkapi *magnetic stirrer*. Pemanasan inokulum dilakukan dengan variasi temperatur yaitu pemanasan pada 35 °C selama 1 jam; pemanasan pada 70 °C selama 30 menit; dan pemanasan pada 100 °C selama 15 menit.

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. Konsentrasi COD terlarut dan VSS diukur setiap 24 jam hingga konsentrasi COD turun dan konsentrasi VSS meningkat, minimal 2000 – 4000 mg VSS/liter, maka proses aklimatisasi selesai (Reynold, 1982). Pengambilan sampel dilakukan setiap 24 jam selama 5 hari untuk mengetahui mikroorganisme telah beradaptasi pada limbah cair produksi minyak sawit dan jumlah mikroorganisme dalam reaktor (Prayascitra, 2008).

3. Prosedur Penelitian

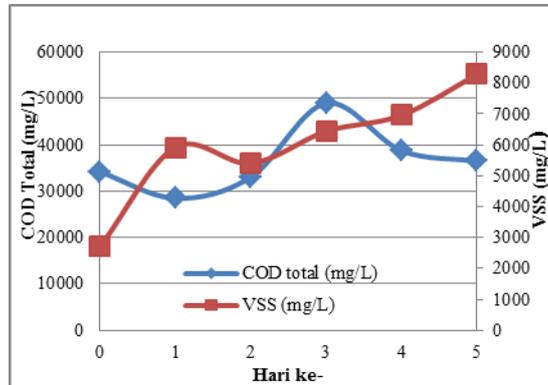
Prosedur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2. Dimulai dari persiapan alat dan bahan kemudian dilakukan uji karakteristik awal untuk substrat, *seeding*, *pretreatment* pemanasan inokulum dan aklimatisasi. Penelitian dilakukan secara duplo dengan menggunakan tiga buah reaktor untuk tiga variasi pemanasan inokulum dan 1 reaktor kontrol.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Seeding



Gambar 3. Hubungan COD Total dan VSS pada saat Seeding

COD total menggambarkan jumlah keseluruhan senyawa organik terlarut dan tidak terlarut yang terdapat dalam suatu sampel. Berdasarkan hasil pengukuran COD total (Gambar 3), pada hari ke-0 sampai hari ke-1 terjadi penurunan COD total yang menandakan bahwa bahan organik telah dikonsumsi oleh mikroorganisme sehingga nilai VSS menjadi meningkat. Namun pada

hari ke-2 mikroorganisme yang tidak dapat beradaptasi dan mengonsumsi substrat akan mati, sehingga mikroorganisme yang mati akan menurunkan produksi VSS dan menjadi COD total sehingga meningkatkan nilai COD Total (Davis, 2010). Pada hari ke-4 terjadi peningkatan VSS dan penurunan COD menandakan mikroorganisme bekerja dengan baik dalam mengonsumsi bahan organik di dalam reaktor. Hingga hari ke-5 pertumbuhan bakteri dianggap sudah memenuhi persyaratan pengolahan anarob dengan bahan organik > 4.000 mg/L, yaitu konsentrasi VSS 8.280 mg/L dan COD total 36.454,40 mg/L.

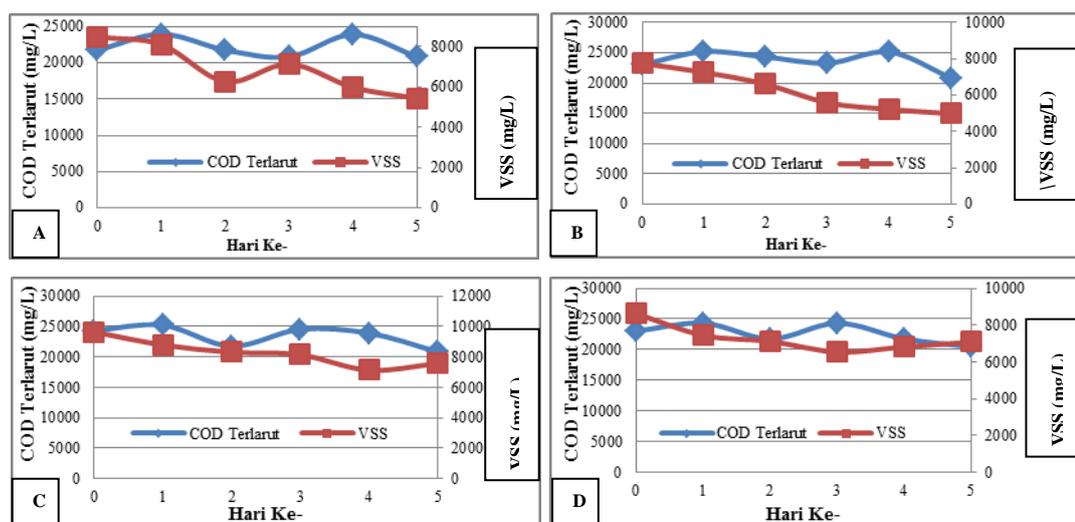
Setelah tahap *seeding* selesai, maka dilanjutkan dengan tahap *pretreatment* pemanasan terhadap inokulum untuk memungkinkan sejumlah bakteri asidogenesis untuk bertahan hidup dan berkembang biak dengan optimum (Ren dkk., 2008).

Pemanasan inokulum dilakukan dengan variasi suhu yaitu pemanasan pada 35 °C selama 1 jam; 70 °C selama 30 menit; dan 100°C selama 15 menit. Selanjutnya penelitian dilanjutkan dengan melakukan tahap aklimatisasi

3.2 Aklimatisasi

Hasil analisa aklimatisasi tahap III dapat dilihat pada Gambar 4. Terjadi peningkatan COD terlarut dan penurunan VSS pada semua reaktor di hari ke-1. Menurut Deublin dan Steinhauser (2008), 0-24 jam merupakan tahap terjadinya proses hidrolisis, yaitu degradasi senyawa organik kompleks menjadi senyawa organik sederhana yang ditandai dengan peningkatan COD terlarut. Sedangkan VSS mengalami penurunan menunjukkan bahwa bakteri sedang mengalami fase lag (adaptasi) terhadap limbah sehingga belum terjadi peningkatan VSS. Selanjutnya pada hari ke-2 konsentrasi COD terlarut semua reaktor mengalami fluktuasi hingga hari ke-4. Fluktuasi disebabkan oleh

bakteri yang beradaptasi dengan limbah yang ditambahkan (Widjajanti, 2008) dimana pada aklimatisasi III substrat yang ditambahkan lebih kompleks yaitu 100% LCPMS. 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. Konsentrasi VSS pada semua reaktor pada hari ke-5 juga berada pada rentang 4.980 – 7.560 mg/L, nilai ini sudah memenuhi persyaratan minimum mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengolahan anaerob.



Gambar 4. Hubungan COD dan VSS pada A) Reaktor pemanasan 35 °C selama 1 jam; B) Reaktor pemanasan 70 °C selama 30 menit; C) Reaktor 100°C selama 15 menit; D) Reaktor kontrol

Efisiensi penyisihan bahan organik dan pembentukan mikroorganisme pada tahap seeding dan aklimatisasi ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Laju pertumbuhan bakteri tahap Aklimatisasi III

Reaktor	Laju Pertumbuhan Maksimum (mg/L/hari)
R1 (35°C selama 1 jam)	880
R2 (70°C selama 30 menit)	-308
R3 (100°C selama 15 menit)	440
R4 (Kontrol)	270

Tabel 3. Efisiensi penyisihan COD terlarut tahap Aklimatisasi III

Reaktor	Efisiensi Penyisihan (%)
R1 (35°C selama 1 jam)	4,21
R2 (70°C selama 30 menit)	9,54
R3 (100°C selama 15 menit)	14,30
R4 (Kontrol)	11,11

Berdasarkan tabel-tabel di atas, dapat dilihat laju pertumbuhan bakteri tertinggi pada aklimatisasi tahap III terjadi pada reaktor R1 sebesar 880 mg/L/hari. Sedangkan efisiensi penyisihan COD terlarut tertinggi diperoleh pada reaktor R3 sebesar 14,30%. Rendahnya efisiensi penyisihan COD terlarut disebabkan karena substrat yang ditambahkan yaitu 100% LCPMS memiliki kandungan senyawa organik yang sangat kompleks sehingga lebih sulit untuk didegradasi. Penelitian ini juga hanya berfokus hingga tahap asidogenesis, dimana pada tahap ini masih terus terjadi konversi senyawa-senyawa organik. Efisiensi penyisihan COD optimum baru akan tercapai apabila telah memasuki tahap akhir degradasi anaerob yaitu tahap metanogenesis.

4. Kesimpulan

Peningkatan VSS tertinggi aklimatisasi tahap III terdapat pada reaktor R1 (*pretreatment* pemanasan 35°C selama 1 jam) sebesar 880 mg/L/hari. Sedangkan efisiensi penyisihan COD terlarut tertinggi diperoleh pada reaktor R3 (*pretreatment* pemanasan 100°C selama 15 menit) sebesar 14,30%.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrio, D., M. Syafila., M. Handajani dan D. Natalia. 2015. Pengaruh Pengendalian pH Terhadap Pembentukan Etanol Dan Pergeseran Produk Asidogenesis Dari Fermentasi Limbah Cair Industri Minyak Sawit. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 22 (1): 1-11.
- Davis, M.L. 2010. *Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice*. Mc Graw Hill Inc. New York.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia 2014-2016*.
- Deublein, D., dan Steinhäuser, A. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. Strauss GmbH, Morlenbach. Germany.
- Dworkin, M., Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K-H., Stackebrandt, E. 2006. *The Prokaryotes Third, Symbiotic Association. Biotechnology, Applied Microbiology*. Vol 1.
- Lin, C.Y., W.C. Hung. 2008. *Enhancement of Fermentative Hydrogen/Ethanol Production*

- from Cellulose using Mixed Anaerobic Cultures. *International Journal of Hydrogen Energy*. 33, 3660-3667.
- Mahmod, S.S., J.M. Jahim dan P.M. Abdul. 2017. Pretreatment Conditions of Palm Oil Mill Effluent (POME) for Thermophilic Biohydrogen Production by Mixed Culture. *International Journal of Hydrogen Energy*. 30, 1-2.
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Edisi III. Mc Graw Hill Inc. New York.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian. 2016. *Outlook Kelapa Sawit Komoditas Pertanian Subsektor Perkebunan*. ISSN: 1907-1507.
- Prayascitra, A. 2008. Optimasi Pembentukan Asam Asetat dari Daur Ulang (Recovery) Limbah Pulp Kakao dengan Pengaturan N₂. Tugas Akhir Sarjana. Teknik Lingkungan ITB, Bandung, Jawa Barat.
- 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.
- Wakil, S.M., A.B. Blessing., F.S. Adedayo dan O.A. Abiodun. 2013. Production of Bioethanol from Palm Oil Mill Effluent using Starter Cultures. *New York Science Journal*. 6(3): 77-85.
- Widjajanti, S. 2008. Studi Keterolahan dan Kinetika Reaksi Pengolahan Limbah Cair *Security Printing* dengan Proses Biologis Anaerob pada *Circulating Bed Reactor* (CBR) dengan Sistem *Sequencing Batch Reactor* (SBR). Tesis Prodi Teknologi Pengolahan Air dan Limbah ITB.