

## **Proses Pengembangbiakan Bakteri Kultur Tercampur untuk Pengolahan Limbah Cair Produksi Minyak Sawit**

**Nesa Zafira<sup>1)</sup>, David Andrio<sup>2)</sup>, Nina Veronika<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan,

<sup>2)</sup>Dosen Teknik Lingkungan, <sup>3)</sup>Dosen Politeknik Kampar

Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,  
Pekanbaru 28293

E-mail: nesazafira@gmail.com

### ***ABSTRACT***

*Palm Oil Mill Effluent (POME) has total COD concentration 35.000 mg/L. In terms to treat the high strength organic wastewater, sludge from POME treatment plant which contained mixed cultures bacteria can be used as inoculum. This process was called seeding that has function to increase growth phase of the bacterial biomass by using glucose technical grade as substrate for bacteria to consumed. This study was conducted in Circulating Bed Reactor (CBR) as batch reactor with working volume of 25L, ratio of glucose : inoculum = 50% : 50%. This research aimed to study the effect of the glucose degradation in order to increase the bacterial biomass. This process was done in five days with removal rate of soluble COD and growth rate of VSS that has amount of 2.278 mg/L/day and 1.116 mg/L/day, respectively. Meanwhile the removal efficiency of soluble COD was 28,57% and growth efficiency of VSS was 67,4%.*

*Keywords: Palm oil mill effluent, Circulating bed reactor, Seeding process, Mixed cultures bacteria, glucose, soluble COD, VSS*

### **1. PENDAHULUAN**

Industri minyak sawit di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat, hal ini menjadikan Indonesia sebagai produsen minyak sawit terbesar di dunia. Provinsi Riau merupakan sentra produksi minyak sawit terbesar di Indonesia (Pusdatin, 2016), dengan total produksi pada tahun 2016 sebesar 8,51 juta ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2016). Proses pengolahan minyak sawit menghasilkan limbah cair sebesar 55-67 % yang dapat mencemari air (MCA-Indonesia, 2014) dan sekitar

0,5 – 0,75 ton limbah cair minyak sawit dihasilkan dari 1 ton tandan buah kelapa sawit segar (Hassan dkk., 2004 dalam Alam dkk., 2009).

Limbah cair minyak sawit merupakan cairan yang panas, mengandung suspensi koloid berwarna kecoklatan dan dapat digunakan sebagai substrat media kultur (Norfadilah dkk., 2016). Suspensi koloid limbah cair minyak sawit mentah mengandung 95 – 96 % air; 0,6 – 0,7 % minyak dan 4 – 5 % *total solids* termasuk 2 – 4 % *suspended solids* (Borja dan Banks, 1994; Khalid dan Wan Musatafa, 1992 dalam Lam dan Lee, 2011).

Komposisi kandungan karbohidrat, protein dan lipid pada limbah cair produksi minyak sawit masing-masing, yaitu  $29,55 \pm 2,44$ ;  $12,75 \pm 1,30$  dan  $10,21 \pm 1,24$  % (Habib dkk., 1997 dalam Salihu dan Alam, 2012).

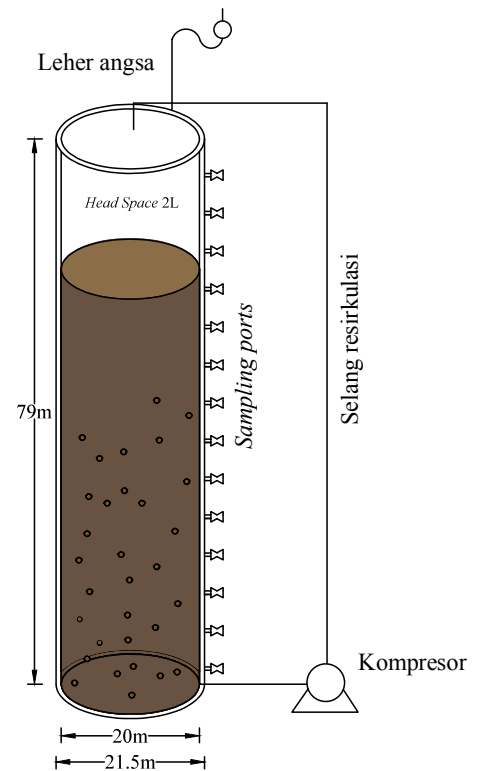
Berdasarkan hasil karakterisasi limbah cair produksi minyak sawit mengandung senyawa organik konsentrasi tinggi dengan nilai COD sebesar 35.000 mg/L. COD ini mengindikasikan besarnya konsentrasi kandungan organik dan anorganik yang terdapat pada limbah cair produksi minyak sawit yang susah untuk didegradasi secara biologi (Metcalf dan Eddy, 2003). Tingginya kandungan organik di dalam limbah cair ini akan menjadi sumber pencemar jika dibuang langsung ke lingkungan. Untuk meminimasi dampak yang ditimbulkan maka limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu. Pengolahan yang tepat untuk bahan organik dengan konsentrasi tinggi ( $COD > 4000$  mg/L) adalah dengan pengolahan biologi secara anaerob.

Untuk mengolah limbah cair produksi minyak sawit secara efisien diperlukan persiapan inokulum agar limbah cair dapat didegradasi oleh bakteri. Proses *seeding* dilakukan untuk mengembangbiakkan biomassa bakteri dengan cara pemberian substrat berupa glukosa teknis ( $C_6H_{12}O_6$ ) ke inokulum sampai kadar COD menjadi tunak (fluktuasi  $< 10\%$ ) (Dworkin dkk., 2006). Selain itu, pemberian glukosa bertujuan sebagai nutrisi bagi bakteri kultur tercampur karena substrat glukosa mudah didegradasi oleh sel-sel bakteri (Dworkin dkk., 2006).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Reaktor yang digunakan adalah *Circulating Bed Reactor* (CBR) kapasitas 27L dengan volume kerja 25L, tinggi 79 cm dan diameter 20 cm. Kompresor digunakan untuk meresirkulasikan gas internal yang terjadi selama proses berlangsung.



Gambar 1. Rangkaian alat reaktor *seeding*

Substrat yang digunakan pada penelitian ini ialah glukosa teknis ( $C_6H_{12}O_6$ ) dengan konsentrasi 20 g/L. Sumber bakteri atau inokulum yang digunakan pada penelitian ini berasal dari *sludge* IPAL produksi minyak sawit kolam ketiga, dimana menurut Ugoji (1996) terdapat bakteri-bakteri seperti *Clostridium* sp., *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Desulfovibrio* dan *Micrococcus*. Bakteri-bakteri ini mempunyai

kemampuan untuk mendegradasi senyawa organik kompleks, menghasilkan asam-asam volatil dan etanol (Gujer dan Zehnder, 1983 dalam Anderson, 2003).

Adapun bahan-bahan kimia yang digunakan adalah reagen-reagen untuk keperluan analisis sesuai *Standart Method 5220 C* untuk COD terlarut dan *Standart Method 2540 D* untuk VSS.

### B. Operasional Reaktor

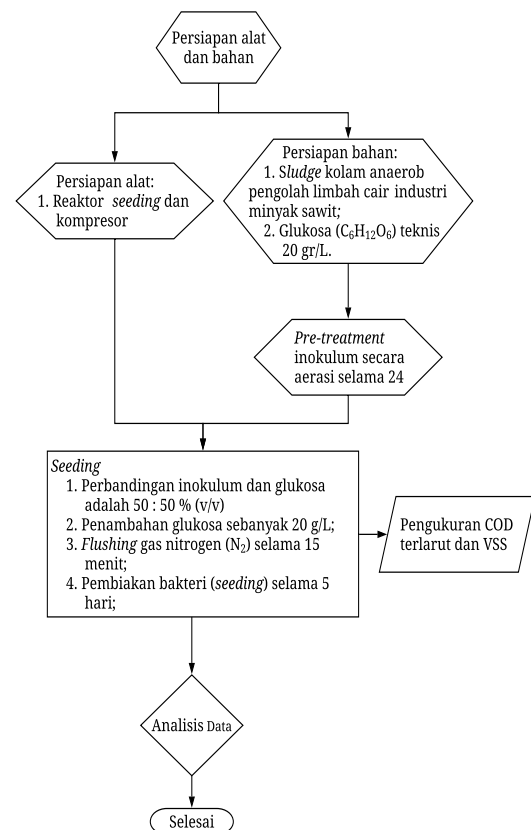
Sebelum memasuki tahapan *seeding*, terlebih dahulu dilakukan *pre-treatment* aerasi selama 24 jam pada *sludge* IPAL produksi minyak sawit. Tujuan dilakukannya *pre-treatment* aerasi diharapkan menghasilkan konsorsium bakteri penghasil etanol yang dominan (Rendek, 2008).

Setelah itu, dilakukan proses *seeding* selama lima hari dengan cara pemberian nutrisi berupa glukosa ke inokulum. Reaktor yang digunakan ialah *Circulating Bed Reactor (CBR)* yang terbuat dari bahan akrilik. Rasio pencampuran antara glukosa dan inokulum adalah 50 : 50 % (v/v). Parameter VSS dan COD terlarut dianalisis selama proses *seeding* berlangsung untuk mengetahui pertumbuhan bakteri dan penyisihan zat organik terlarut yang terdapat pada sampel uji.

### C. Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini bisa dilihat di Gambar 2. Dimulai dari persiapan alat dan bahan yang diperlukan kemudian dilakukan analisis COD terlarut dan VSS. Penambahan konsentrasi glukosa tergantung pada konsentrasi COD, dimana 1 gram glukosa sebanding dengan 1000,7 mg COD/liter

(Metcalf dan Eddy, 1991). Kemudian dialirkan gas nitrogen ke dalam reaktor selama 15 menit untuk menciptakan kondisi anaerob (Andrio, 2015). Selama proses *seeding* dilakukan uji COD terlarut dan VSS. Masing-masing parameter dilakukan secara analisis duplo untuk meminimalisir kesalahan saat uji penelitian. Kemudian dilakukan pengolahan data dengan menggunakan *Microsoft Excel*.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### D. Analisis dan Pengolahan Data

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung hasil analisis COD terlarut dan VSS, yaitu:

- $$\text{Efisiensi penyisihan COD terlarut} = \frac{\text{COD awal} - \text{COD akhir}}{\text{COD awal}} \times 100\%$$
- $$\text{Laju penyisihan COD terlarut} = \frac{\text{COD awal} - \text{COD akhir}}{\text{Hari}}$$

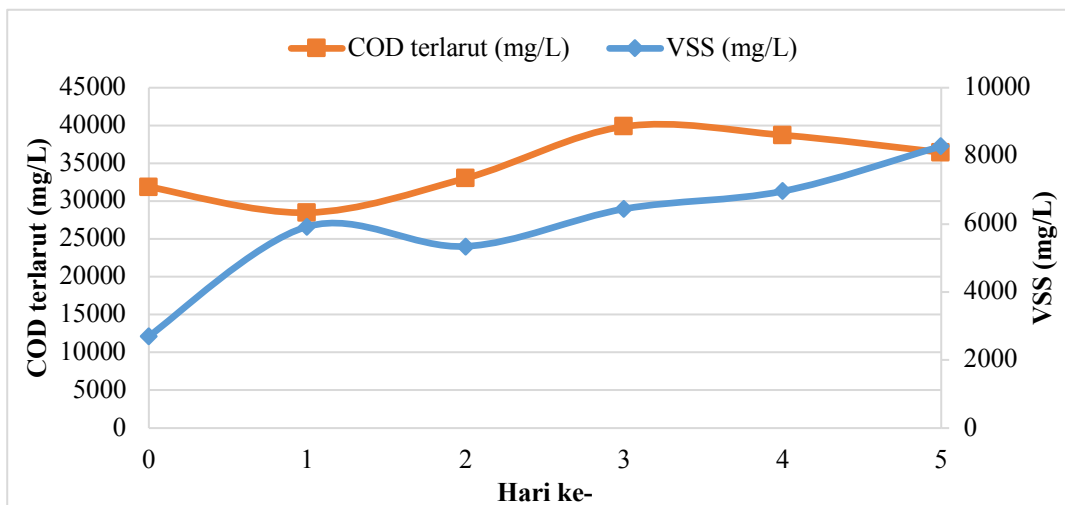
$$c. \text{ Laju pertumbuhan VSS} = \frac{\text{VSS maksimum} - \text{VSS minimum}}{\text{Hari}}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap *seeding* dilakukan untuk membiakkan dan meningkatkan konsentrasi biomassa bakteri kultur tercampur dengan substrat glukosa karena mudah didegradasi oleh sel-sel bakteri (Dworkin dkk., 2006).

industri minyak sawit ke reaktor *seeding*.

Analisis COD terlarut dan VSS dilakukan untuk mengetahui penurunan bahan organik dan peningkatan bakteri dalam reaktor. Pola penyisihan COD terlarut dan pertumbuhan VSS pada tahap *seeding* bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola penyisihan COD terlarut dan pertumbuhan VSS pada tahap *seeding*

Pada pengujian COD terlarut pada hari ke-0 sampai hari ke-1 terjadi penurunan nilai COD terlarut dari 31.898 mg/L menjadi 28.480 mg/L. Hal ini menandakan bahwa substrat yang berupa senyawa terlarut sederhana (glukosa) telah dikonsumsi oleh bakteri sehingga nilai konsentrasi VSS meningkat. Sebagian besar bakteri kultur tercampur yang tidak mendapatkan substrat sebagai nutrisi akan mati (Davis, 2010) yang ditandai dengan menurunnya nilai VSS seperti pada hari ke-2 serta meningkatnya nilai COD terlarut. Penurunan konsentrasi VSS disebabkan terjadinya kerusakan pada biomassa bakteri karena perbedaan kondisi lingkungan (Reynolds, 1982) yaitu perpindahan dari kolam anaerob IPAL

Pada hari ke-3 terjadi peningkatan nilai COD terlarut dan konsentrasi VSS sekaligus. Hal ini terjadi karena biomassa bakteri mengalami fase stasioner yaitu keadaan seimbang antara laju pertumbuhan dan kematian bakteri. Sebagian biomassa bakteri mengalami kerusakan pada hari ke-2 akan berubah menjadi bahan yang mengandung karbon dan nitrogen (*slowly biodegradable*) pada hari ke-3 sehingga degradasi menjadi lambat (Sperling, 2007) yang kemudian dikonversi kembali menjadi produk-produk hidrolisis dimana bahan organik kompleks yang tidak langsung dikonsumsi oleh bakteri, terlebih dahulu dikonversi menjadi COD terlarut (senyawa terlarut

seederhana) sehingga terjadi peningkatan nilai COD.

Pada hari ke-4 dan hari ke-5, bakteri sudah dapat mendegradasi bahan yang lebih sederhana sehingga meningkatkan laju degradasi. Hal ini ditandai dengan terjadinya penurunan nilai COD terlarut dan peningkatan nilai VSS. Pada hari ke-5, nilai VSS meningkat menjadi 8.280 mg/L. Pertumbuhan biomassa bakteri dianggap telah memenuhi persyaratan pengolahan limbah organik konsentrasi tinggi dengan lumpur aktif dalam jumlah minimum mikroorganisme yang dibutuhkan yaitu 1.600 – 3.200 mg/L (Reynolds, 1982).

Adapun efisiensi dan laju penyisihan COD terlarut pada tahap *seeding* masing-masing adalah sebesar 28,57 % dan 2.278 mg/L/hari. Sedangkan untuk efisiensi dan laju pembentukan VSS pada tahap *seeding* mencapai 67,4 % dan 1.116 mg/L/hari.

#### 4. KESIMPULAN

Laju pertumbuhan bakteri mencapai 1.116 mg/L/hari pada tahap *seeding* dimana konsentrasi VSS meningkat. Hal dikarenakan substrat yang didegradasi oleh bakteri kultur tercampur merupakan senyawa sederhana sehingga laju pertumbuhan semakin meningkat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M.Z., Kabbashi, N.A., Hussin, S.N.I.S. 2009. Production of Bioethanol by Direct Bioconversion of Oil-palm Industrial Effluent in A Stirred-tank Bioreactor. *J Ind Microbiol Bioethanol*, 36: 801-808.
- Anderson, K., Sallis, P., Uyanik, S. 2003. Anaerobic Treatment Processes. In: Mara, D dan Horan, N. *The Handbook of Water and Wastewater Microbiology*. California: Elsevier, pp 391-426.
- Andrio, D., Syafila, M., Handajani, M., 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*. New York : Mc Graw Hill, pp. 22-11 – 22-16.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2015-2017*. ditjenbun.pertanian.go.id.
- Dworkin, M., Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K-H., Stackerbrandt, E. 2006. *The Prokaryotes: A Handbook on the Biology of Bacteria*. New York: Springer Science & Business Media, Inc.
- Hassan, M.A., Yacob, S., Shirai, Y., Hung, Y.T. 2004. Treatment of Palm Oil Wastewaters. In: Wang, L.K., Hung, Y.T., Lo, H.H., Yapijakis, C. *Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment*. New York: Marcel Dekker, pp 719-736.
- Lam, M.K., Lee, K.T. 2011. Renewable and Sustainable Bioenergies Production from Palm Oil Mill Effluent

- (POME): Win-win Strategies Toward Better Environmental Protection. *Biotechnology Advances*. 29, 124-141.
- MCA-Indonesia. 2014. *Pembangkit Listrik dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Millenium Challenge Account : Jakarta.
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Edisi III. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Metcalf dan Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Edisi IV. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Norfadilah, N., Raheem, A., Harun, R., Ahmadun, F.R. 2016. Bio-hydrogen Production from Palm Oil Mill Effluent (POME): A Preliminary Study. *International Journal of Hydrogen Energy*. 41, 11960-11964.
- Pusdatin ESDM. 2014. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia* – Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ren, N.Q., Guo, W.Q., Wang, X.J., Xiang, W.S., Liu, B.F., Wang, X.Z., Ding, J., Chen, Z.B. 2008. Effects of Different Pretreatment Methods on Fermentation Types and Dominant Bacteria for Hydrogen Production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 33 (16): 4318-4234.
- Reynolds, T.D. 1982. *Unit Operation In Enviromental Engineering*. Massacusetts: Texas A & M University; B/C Engineering Division Boston.
- Salihu, A., Alam, M.Z. 2012. Palm Oil Mill Effluent: a Waste of a Raw Material?. *Journal of Applied Sciences Research*. 8 (1): 446-473.
- Sperling, M.V. 2007. *Basic Principles of Wastewater Treatment*. London: IWA Publishing.
- Ugoji, E. O. 1996 Anaerobic Digestion of Palm Oil Mill Effluent and Its Utilization As Fertilizer for Environmental Protection. *Renewable Energy*, Vol. 10, No. 2/3, pp. 291-294.