

## Proses Aklimatisasi pada Pengolahan Limbah Cair Produksi Minyak Sawit Menggunakan *Circulating Batch Reactor* (CBR)

Christiani Widia BR Karo<sup>1)</sup>; David Andrio<sup>2)</sup>; Nina Veronika<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup> Dosen Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>3)</sup> Dosen Prodi Teknik Pengolahan Sawit, Politeknik Kampar  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: christianiwidia5@gmail.com

### ABSTRACT

*Palm Oil Mill Effluent (POME) is highly polluting wastewater with high chemical oxygen demand (COD) and biochemical oxygen demand (BOD) in which can caused severe pollution to the environment, typically pollution to water resources. On the other hand, POME was identified as potential source to generate renewable bioenergy through anaerobic digestion. Anaerobic processes need seeding and acclimatization so the microorganism could be adapted. The acclimatization process used circulating batch reactor with worked volume 25 L and glucose and sequential waste ratio of wastewater 50:50 and 0:100 (% V/V). This research observed degradation of soluble COD and growth of VSS. Experiment results showed microbial consortium has been able to adapt to the new environment and degrade organic matter along with increasing waste volume ratio and decreasing glucose volume ratio.*

**Keywords:** *Acclimatization, circulating batch reactor, Palm Oil Mill Effluent, Chemical Oxygen Demand, Volatile Suspended Solids*

### 1. Pendahuluan

Kelapa sawit adalah tanaman perkebunan penting penghasil minyak makanan, minyak industri maupun bahan bakar nabati. Produktivitas kebun sawit di Indonesia telah berkembang dari 294.560 hektar perkebunan yang menghasilkan 721.172 ton kelapa sawit mentah di tahun 1980 menjadi 10.745.801 hektar yang menghasilkan 29.278.189 ton CPO di tahun 2014 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2015). Indonesia saat ini merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia, tercatat pada tahun 2011 terdapat sekitar 608 pabrik pengolahan kelapa sawit. Pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit untuk produksi

minyak kelapa sawit menghasilkan beberapa jenis limbah. Proses ekstraksi minyak, pencucian, dan pembersihan di pabrik menghasilkan POME (United States Agency for International Development, 2015). Setiap ton minyak sawit yang dihasilkan akan mengeluarkan 1,13 m<sup>3</sup> limbah cair produksi minyak sawit (Lam dan Lee, 2011). Proses ekstraksi CPO tidak menggunakan bahan kimia terlarut sehingga LCPKS bersifat tidak beracun, namun dapat mencemari lingkungan karena dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut di dalam air.

Limbah cair produksi minyak sawit sulit untuk didegradasi oleh mikroorganisme sehingga perlu dilakukan persiapan inokulum agar dapat mengolah limbah cair produksi

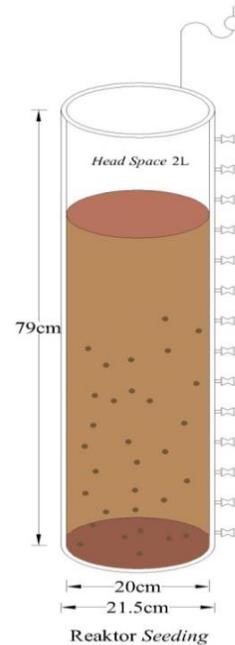
minyak sawit secara efisien. Proses aklimatisasi dilakukan untuk menyeleksi dan mengadaptasi mikroorganisme hasil *seeding* sehingga dapat digunakan untuk mengolah limbah cair produksi minyak sawit. Proses aklimatisasi dilakukan dua kali dengan menambahkan rasio volume limbah dan mengurangi rasio volume glukosa.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan

Reaktor yang digunakan adalah *circulating batch reactor* (CBR) dengan volume kerja dengan tinggi 77 cm dan diameter 21,5 cm. Sketsa reaktor penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Substrat yang digunakan adalah limbah cair produksi minyak sawit dan karakteristik limbah cair produksi minyak sawit tanpa diolah dan baku mutu disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Reaktor Penelitian

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Produksi Minyak Sawit Tanpa Diolah dan Baku Mutu Sesuai Peraturan

Parameter	Unit	POME Tanpa Diolah		Baku Mutu Sesuai Peraturan	
		Rentang*	Rata-rata	Sungai**	Aplikasi Lahan
BOD	mg/L	8.200-35.000	21.280	100	5.000
COD	mg/L	15.103-65.100	34.740	350	
TSS	mg/L	1.330-50.700	31.170	250	
Nitrogen Total (sebagai N)	mg/L	12-126	41	50***	
Minyak dan Lemak	mg/L	190-14.720	3.075	25	
pH		3,3-4,6	4	6-9	6-9
Maksimal POME yang dihasilkan	m <sup>3</sup> /ton CPO			2,5	

Keterangan:

\* Sumber: Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Sawit dalam United States Agency for International Development (2015)

\*\* Sumber: Peraturan Menteri LH RI Nomor 5 Tahun 2014, Lampiran III

\*\*\* Total nitrogen = Nitrogen Organik + Total Ammonia + NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>

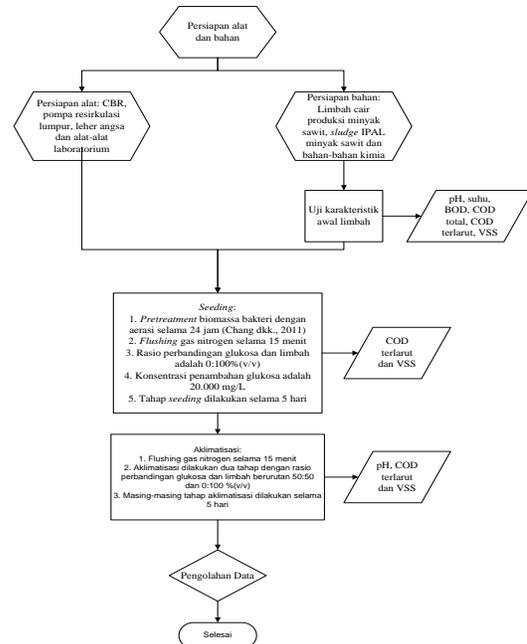
Inokulum yang digunakan adalah bakteri *mixed culture* (kultur campuran) yang berasal dari *sludge* IPAL industri minyak sawit. Bahan-bahan kimia lain yang digunakan adalah untuk keperluan analisa sesuai dengan metode analisis SM 5220 C untuk COD terlarut, SM 2540 D untuk VSS.

## 2.2 Operasional Reaktor

Proses aklimatisasi atau pembiasaan bakteri dengan substrat yang akan diolah. Aklimatisasi dilakukan dengan cara mengurangi konsentrasi glukosa secara bertahap dan menambahkan konsentrasi limbah secara bertingkat. Sebelum memulai proses aklimatisasi, reaktor diinjeksikan gas nitrogen untuk menjaga kondisi anaerob. Rasio perbandingan glukosa dan limbah dari proses aklimatisasi berurutan dengan menggunakan 50:50 dan 0:100 % (v/v) didalam reaktor (Andrio, 2015). Reaktor dilakukan pengadukan menggunakan pompa resirkulasi lumpur untuk menghomogenisasi substrat dan inokulum. Konsentrasi COD terlarut dan VSS dianalisis selama aklimatisasi setiap 24 jam selama 5 hari untuk mengetahui penyisihan bahan organik dan jumlah mikroorganisme yang beradaptasi selama tahap aklimatisasi (Prayascitra, 2008).

## 2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Prosedur penelitian ini terdiri dari persiapan alat dan bahan, seeding dan aklimatisasi dan analisis kimia. Pengujian parameter dilakukan analisis duplo.



**Gambar 2.** Diagram Alir Prosedur Penelitian

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Uji Karakteristik Awal Substrat

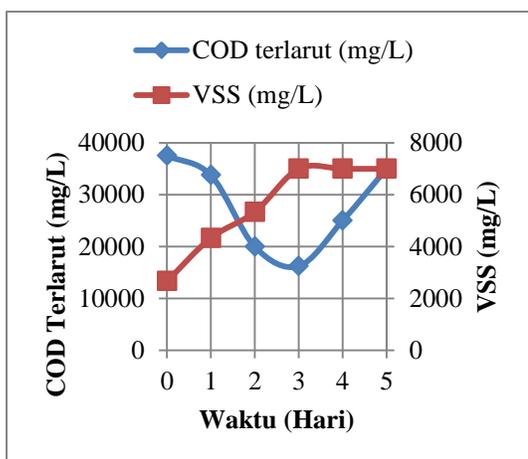
Hasil uji karakteristik awal limbah cair produksi minyak sawit PTPN V Sei Pagar yang digunakan sebagai substrat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Uji Karakteristik Awal Substrat

No.	Parameter	Penelitian Saat Ini
<b>Karakteristik Fisika</b>		
1.	TSS	10.000
2.	VSS	10.000
3.	pH	5,06
<b>Karakteristik Kimia</b>		
1.	COD Total	35.000
2.	COD Terlarut	27.500

### 3.2 Aklimatisasi I

Pengolahan limbah organik sangat ditentukan oleh *seeding* dan aklimatisasi. Proses *seeding* dan aklimatisasi bertujuan untuk mikroorganisme yang digunakan dalam proses degradasi beradaptasi terlebih dahulu dengan bahan baku yang diolah, sehingga mikroorganisme dapat bekerja secara maksimal (Rahayu, 2011). Proses *seeding* dapat dihentikan dalam kondisi tunak karena fluktuasi perubahan COD terlarut dan VSS tidak lebih dari 10% (Syahrin, 2016) dan ditetapkan bahwa konsentrasi COD terlarut adalah 31.500 mg/L dan VSS adalah 8920 mg/L pada hari kelima. Selanjutnya dilakukan proses aklimatisasi. Tahap aklimatisasi merupakan tahap pembiasaan bakteri dengan substrat yang akan diolah sehingga menghasilkan bakteri yang terseleksi dan digunakan pada penelitian utama. Selama tahap aklimatisasi I dan II berlangsung diamati penyisihan COD terlarut, pembentukan mikroorganisme dan perubahan pH didalam reaktor.



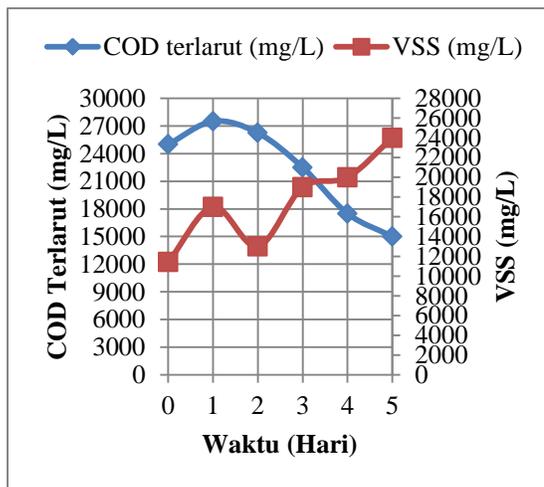
**Gambar 3.** Hubungan COD Terlarut dan VSS Selama Tahap Aklimatisasi I

Gambar 3 menunjukkan penurunan COD terlarut dan peningkatan VSS terjadi mulai hari pertama hingga hari ketiga karena kecenderungan sel bakteri terlebih dahulu mengonsumsi dan mendegradasi senyawa-senyawa organik sederhana yakni glukosa dimana isi reaktor terkandung glukosa dan limbah sebesar 50:50%(v/v). Selanjutnya hari keempat hingga hari kelima terjadi peningkatan COD terlarut dari 25.000 mg/L menjadi 35000 mg/L. Peningkatan COD terlarut ini disebabkan oleh mikroorganismse secara simultan mendegradasi senyawa organik kompleks (seperti karbohidrat, protein dan lemak) didalam LCPKS menjadi senyawa-senyawa monomer (Gerardi, 2003). Dalam kondisi seperti ini bakteri masih bisa beradaptasi dengan kondisi lingkungan reaktor dan konsentrasi bahan organik yang tinggi. Hal ini diindikasikan dengan pertumbuhan sel bakteri yang konstan karena sel bakteri memanfaatkan glukosa sebagai sumber nutrisi. Kondisi ini dikenal dengan fase *lag*. Selama adaptasi sel bakteri ini mengalami pertumbuhan VSS sebesar 7000 mg/L pada hari kelima.

### 3.3 Aklimatisasi II

Setelah aklimatisasi I selesai, maka dilanjutkan ke aklimatisasi II dengan rasio penambahan glukosa dan limbah 0:100%(v/v). Setelah aklimatisasi I selesai, maka dilanjutkan ke aklimatisasi II dengan rasio penambahan glukosa dan limbah 0:100%(v/v). Sebelum proses aklimatisasi II dioperasikan, terlebih dahulu dilakukan penghentian pompa resirkulasi lumpur dan

pengendapan/pemisahan antara substrat dan inokulum selama dua jam. Selanjutnya dilakukan pengambilan kultur bakteri dari reaktor untuk digunakan kembali pada aklimatisasi II. Hasil analisis COD terlarut dan VSS selama aklimatisasi II dapat dilihat pada Gambar 4.



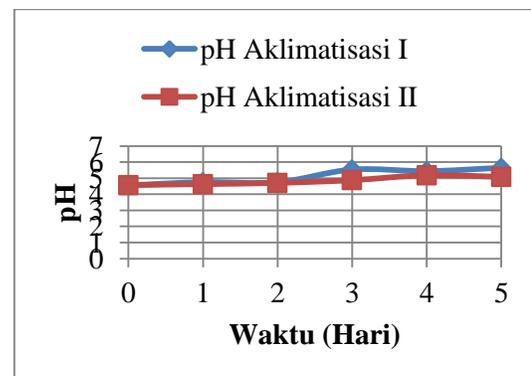
**Gambar 4.** Hubungan COD Terlarut dan VSS Selama Tahap Aklimatisasi II

Pada hari pertama terjadi peningkatan COD terlarut dari 25000 mg/L menjadi 27500 mg/L. Meningkatnya konsentrasi COD terlarut pada hari pertama disebabkan terjadinya proses hidrolisis substrat, yaitu proses degradasi senyawa polimer seperti karbohidrat, protein dan lemak menjadi senyawa sederhana seperti glukosa, asam amino dan asam lemak yang merupakan makanan bagi bakteri asidogenesis (Gerardi, 2003). Degradasi substrat ini akan melepaskan energi yang tersimpan didalam limbah dan dikonversikan pada asimilasi dalam bentuk pertumbuhan sel bakteri sehingga konsentrasi VSS

meningkat menjadi 17000 mg/L. Pada hari kedua terjadi penurunan konsentrasi VSS karena kemungkinan jenis mikroorganisme lain (autotropik) tumbuh untuk memanfaatkan CO<sub>2</sub> sebagai sumber energi dan karbon. Pada hari ketiga hingga hari kelima terjadi proses disimilasi dan asimilasi. Proses dekomposisi substrat akan melepaskan energi sehingga bakteri memanfaatkan energi tersebut dan terjadi pertumbuhan bakteri saat disimilasi berlangsung (Sperling, 2007). Proses aklimatisasi dihentikan pada hari kelima karena telah mencapai kondisi *steady state* dengan penurunan konsentrasi COD terlarut dari 17.500 mg/L pada hari keempat menjadi 15.000 mg/L pada hari kelima karena sudah tidak terjadi penurunan atau kenaikan COD yang signifikan, sehingga proses aklimatisasi dapat dihentikan dan biomassa dapat digunakan untuk penelitian utama (Reynolds, 1982).

### 3.4 Perubahan pH pada Tahap Aklimatisasi

Hasil analisis parameter pH pada tahap aklimatisasi I dan II dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Perubahan Nilai pH pada Tahap Aklimatisasi

Berdasarkan Gambar 5, nilai pH pada tahap aklimatisasi I dan II cenderung mengalami kenaikan hingga hari kelima berurutan sebesar 5,65 dan 5,09. Peningkatan pH dalam penelitian ini dapat meningkatkan biodegradabilitas anaerob limbah. Ini sejalan dengan penelitian Kuang (2002) yang menyatakan kenaikan pH mampu menghasilkan kadar COD yang lebih rendah dalam waktu lebih singkat. Konsentrasi etanol optimum diperoleh pada pH 5,5 pada reaktor *batch* (Wu dkk., 2016), serta rentang pH 4,5-6 pada aklimatisasi I dan 4,5-5,0 pada aklimatisasi II sehingga dapat disimpulkan pH pada tahap aklimatisasi mendukung untuk pertumbuhan bakteri dalam upaya peningkatan etanol (Fang dan Liu, 2002). Penelitian Fang dan Liu (2002) menampilkan profil konsorsium bakteri pada (a) pH 4.5 adalah bakteri penghasil-hidrogen dan (b) pH 5.5 sebagian besar tersusun atas bakteri spesies *bacilli*, beberapa *diplobacilli* dan *streptobacilli*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 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* 22(1): 1-11.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia 2014-2018: Kelapa Sawit*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Fang, H. H. P dan Liu, H. 2002. Effect of pH on Hydrogen Production from Glucose by Mixed Culture. *Bioresource Technology* 82: 87 – 93.
- Gerardi, M. H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digester*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Lam, M dan 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(1): 124-141.
- Kuang, Y. 2002. Enhancing Anaerobic Degradation of Lipids in Wastewater by Addition of Cosubstrate. *Ph.D Thesis*. School of Environmental Science. Murdoch University.
- Lam, M dan 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(1): 124-141.
- Prayascitra, A. 2008. Optimasi Pembentukan Asam Asetat dari Daur Ulang (Recovery) Limbah Pulp Kakao dengan Pengaturan Pasokan N<sub>2</sub>. *Skripsi*. Program Studi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Rahayu, N. S. 2011. Kemampuan Upflow Anaerobic Fixed Bed (UAFB) Reaktor dalam Mempertahankan Kondisi Optimum dalam Penyisihan Senyawa Organik pada Biowaste Fasa Cair Tanpa Menggunakan

- Pengaturan pH. *Tesis*. Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Reynolds, T.D. 1982. *Unit Operation In Enviromental Engineering*. Massacusetts: Texas A & M University.
- Sperling, Marcos von. 2007. *Basic Principles of Wastewater Treatment*. London: IWA Publishing.
- Syahrin, A. 2016. Penyisihan H<sub>2</sub>S pada Proses Anaerob Limbah Cair Produksi Minyak Sawit. *Skripsi*. Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Riau. Pekanbaru.
- United States Agency for International Development. 2015. *Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas Pengembangan Proyek di Indonesia*. Jakarta: Winrock International.