

## PROSES PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KELAPA SAWIT DENGAN MIKROALGA LIAR

Hantoro Satriadi, Widayat<sup>1)</sup>, Hadiyanto<sup>1)</sup>, Uray Irzandi, Riky Yonas  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof Soedarto SH Tembalang

<sup>1)</sup> C-BIORE (Center of Biomass and Renewable Energy)  
E-mail: hantoro\_satriadi@gmail.com

### Abstrak

*Industri kelapa sawit menghasilkan limbah cair yang dikenal palm oil mill effluent (POME). POME memiliki kandungan BOD sebesar 230 mg/L dan COD sekitar 700 mg/L sehingga tidak dapat dibuang langsung ke lingkungan. Pengolahan yang umum dilakukan adalah pengolahan fisika dan biologi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses pengolahan POME dengan menggunakan mikroalga liar, dimana dipelajari konsentrasi urea (N) dan ammonium bikarbonat (C). Respon yang diamati adalah konsentrasi biomassa sebagai optical density setiap harinya sampai diperoleh nilai konstan. Prosedur analisis dengan alat spektrofotometri. Limbah setelah operasi dianalisis nilai COD dan BOD. Prosedur percobaan yang dilakukan berupa pencampuran POME dan mikroalga ke dalam bioreaktor sesuai perbandingan yang ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroalga liar yang diperoleh di Jurusan Teknik Kimia FT UNDIP mampu mengolah POME, dimana pengaruh pemberian nutrient C dan N terhadap COD dan BOD, bahwa semakin tinggi penambahan unsur C dan N semakin besar penurunan nilai COD dan BODnya. Kondisi optimum untuk pengolahan limbah industri kelapa sawit dengan teknologi mikroalga pada media perbandingan 1 volume mikroalga berbanding 3 volume POME dengan nutrient 40 ppm urea dan 120 ppm NaHCO<sub>3</sub>.*

**Kata kunci:** POME, Mikroalga liar, BOD, COD, optical density

### 1. PENDAHULUAN

Selama bertahun-tahun, kelapa sawit berperan penting dalam perekonomian Indonesia dan merupakan salah satu komoditas andalan dalam menghasilkan devisa. Produksi kelapa sawit cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Seiring dengan peningkatan produktivitas kelapa sawit, diikuti juga peningkatan limbah yang dihasilkan. Setiap pabrik kelapa sawit membuang limbah cair yang dikenal *palm oil mill effluent* (POME), emisi gas dari boiler dan insinerator, bahan limbah padat seperti tandan buah kosong, serat dan cangkang, dan produk termasuk abu kalium yang karbonat dan kernel kelapa sawit. Hal ini menjadi limbah di lingkungan yang signifikan jika tidak dibuang dengan cara yang tepat (Sulaiman dan Ling, 2004).

POME adalah suspensi koloid yang mengandung 95-96% air, 0,6-0,7% minyak dan 4-5% lemak dan padatan total. POME dikeluarkan dari industri berupa cairan coklat dengan suhu debit antara 80 °C dan 90 °C dan cukup asam dengan nilai pH kisaran 4,0-5,0. Biasanya POME berisi nilai rata-rata 6000 mg / l minyak dan lemak. POME rata-rata mengandung BOD (*Biological Oxygen Demand*) berkisar antara 8.200-35.000 mg liter<sup>-1</sup> dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) berkisar antara 15.103- 65.100mg liter<sup>-1</sup> yang akan menjadi bahan pencemar apabila dibuang langsung ke perairan bebas (DITJEN PPHP Departemen Pertanian, 2006).

Poh dan Chong (2009) telah merangkum tentang pengolahan POME yaitu dengan anaerobik, aerobik mempunyai keuntungan penggunaan energy rendah (tidak ada aerasi), produksi gas metana banyak pada produk tetapi pengolahan dengan anaerobik ini mempunyai kekurangan yaitu memerlukan waktu yang lama dan strat up yang lambat. Pengolahan aerobik mempunyai keuntungan waktu untuk proses pengolahan relative lebih cepat dan efektif untuk menangani limbah beracun akan tetapi kekurangannya adalah memerlukan energy yang besar untuk aerasi. Pengolahan dengan menggunakan membrane mempunyai keuntungan produksinya stabil dan

kualitas air yang dihasilkan bagus dan kekurangannya adalah masa penggunaan membrane yang singkat. Pengolahan dengan evaporasi mempunyai keuntungan bisa mengolah limbah dengan konsentrasi padatan yang tinggi dari proses dan kekurangannya konsumsi energy yang dipakai besar. Cara-cara tersebut merupakan cara-cara yang lazim digunakan dalam industri pengolahan CPO. Kelemahan dari cara-cara tersebut adalah hanya menurunkan kandungan BOD dan COD, sedangkan komponen lain seperti N,P,K, dan berbagai mineral lain kadarnya masih tinggi sehingga masih bisa dimanfaatkan diolah lebih lanjut.

Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar BOD dan COD yang terdapat di dalam POME. Treatment yang dilakukan antara lain dengan perbandingan volume POME dengan mikroalga.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat erlemeyer 500 ml dan *magnetic stirrer*. Bahan yang digunakan antara lain POME, Mikroalga, urea, dan  $\text{NaHCO}_3$ . POME diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara VII Lampung, Sumatra. Mikroalga diperoleh dari Laboratorium Pengolahan Limbah Jurusan Teknik Kimia UNDIP. Berdasarkan pengamatan visual, jenis mikroalga yang terdapat di kolam Laboratorium Pengolahan Limbah Jurusan Teknik Kimia UNDIP adalah *Clamidomonas*.

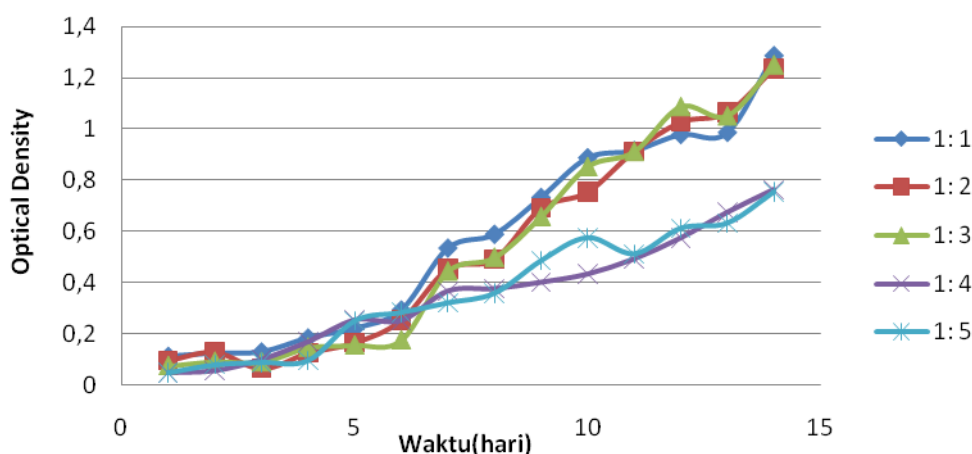
### 2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara aklimatisasi POME dan mikroalga dengan ditambahkan nutrient urea dan  $\text{NaHCO}_3$  sesuai dengan variabe percobaan. Campuran POME ini dengan mikroalga ini diaduk pada kecepatan skala 4. Analisis konsentrasi mikroalga diukur jumlah Optical Density(OD) sampel. Proses analisa dilakukan sampai dengan nilai OD tetap(14 hari). Setelah 14 hari pisahkan mikroalga pada campuran dengan tawas berkonsentasi 30ppm dan ditambahkan NaOH 2M hingga pH 11. Campuran diendapkan selama satu hari kemudian filtrate dianalisa kandungan COD, BOD, sedangkan endapan dianalisa kandungan minyak.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pertumbuhan Sel Dengan Variasi Perbandingan Volume Alga Terhadap POME

Dengan menggunakan variasi perbandingan volume mikroalga terhadap POME didapatkan data seperti gambar 2 dibawah ini.



Gambar 1 Grafik pengaruh variasi perbandingan volume alga terhadap POME

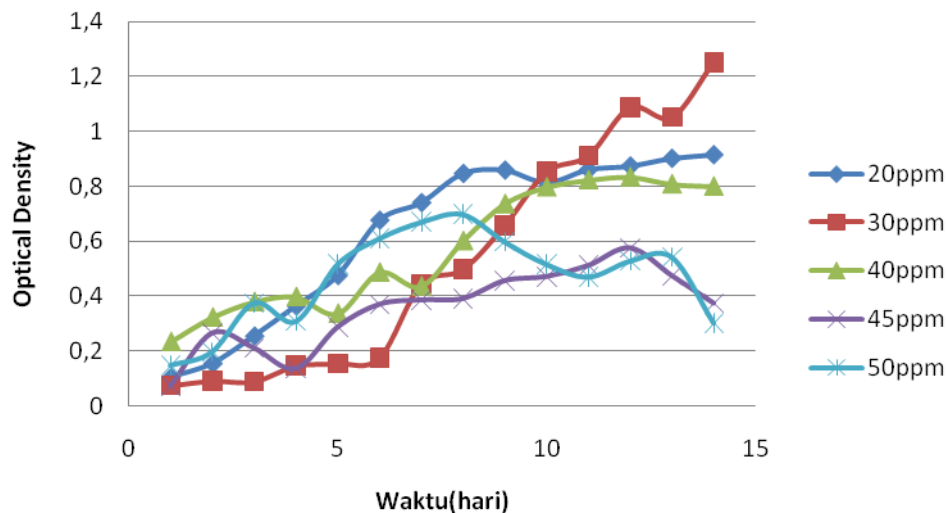
Dari gambar 1 pertumbuhan mikroalga pada pengaruh perbandingan volume alga terhadap POME cenderung meningkat. Hal ini disebabkan semakin lama waktu maka jumlah sel yaang ada semakin banyak. Pada hari pertama sampai hari keenam merupakan fasa adaptasi dari mikroalga untuk tumbuh di media pertumbuhan POME, sehingga pertumbuhan mikroalga tidak signifikan.

Pada hari keenam sampai hari ke empat-belas merupakan fasa lag dimana mikroalga tumbuh sangat cepat.

Dari hasil percobaan diatas dapat dilihat pengaruh dari komposisi perbandingan mikroalga dan POME terhadap pertumbuhan mikroalga. Dari gambar 1 dapat dilihat fluktuasi pertumbuhan sel mikroalga yang cukup bagus yaitu pada perbandingan 1:1, 1:2, dan 1:3. Pada ketiga perbandingan ini perbedaan pertumbuhan mikroalga tidak berbeda jauh. Sedangkan untuk perbandingan 1:4 dan 1:5 pertumbuhan mikroalga terlihat lambat dan tidak terlalu banyak. Dari semua data diatas dapat disimpulkan bahwa perbandingan konsentrasi antara mikroalga dengan POME sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga. Pengaruh ini disebabkan oleh jumlah sel awal yang terdapat pada campuran. Semakin sel awal, maka kemampuan mikroalga untuk membelah diri juga semakin banyak. Akan tetapi pada ratio 1:1 lama kelamaan jumlah selnya hampir sama dengan 1:3 hal ini disebabkan karena penambahan jumlah sel tidak diikuti oleh penambahan nutrisi untuk sel tersebut. Sehingga sel-sel mikroalga mati karena kekurangan nutrisi. Setelah dilihat pada perbandingan 1:3 mempunyai pertumbuhan yang paling baik, maka digunakan untuk variasi selanjutnya.

### 3.2 Pertumbuhan Sel Dengan Variasi Nutrisi UREA

Pada percobaan terhadap variasi nutrisi UREA terdapat pertumbuhan sel mikroalga dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Nutrient UREA

Nitrogen mengisi sekitar 12% protoplasma mikroalga dan 5% hingga 6% protoplasma kapang atau mikroorganisme. Dalam air limbah, nitrogen akan terdapat sebagai nitrogen amoniak, proporsinya tergantung degradasi bahan organik yang berlangsung. (Simanjuntak, 2009). Dari penjelasan tersebut dilihat bahwa penambahan unsur nitrogen sangat berpengaruh untuk pertumbuhan mikroalga.

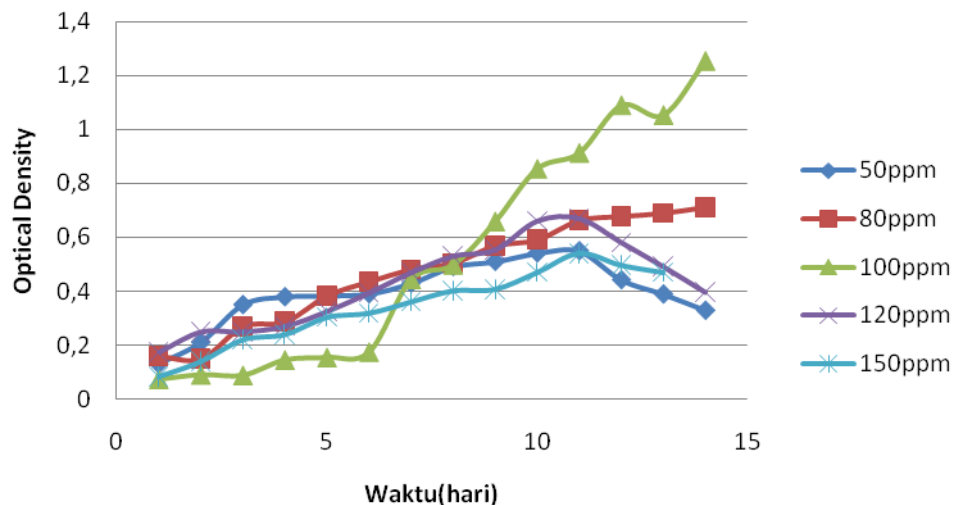
Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin banyak urea ditambahkan maka pertumbuhan selnya semakin lambat. Hal ini dikarenakan jika rasio karbon terhadap nitrogen terlalu kecil (jumlah nitrogen terlalu besar) maka akan terjadi kelebihan  $\text{NH}_3$  yang terbentuk yang akhirnya dapat menyebabkan proses pengasaman. Proses pengasaman ini akan membuat pertumbuhan mikroalga terganggu karena mengganggu kestabilan pH optimum. Hal ini terlihat pada jumlah urea 40, 45 dan 50. Pada variasi-variasi ini, terlihat bahwa fase stasioner kurva pertumbuhan mereka cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh pengasaman senyawa nitrogen yang berlebihan sehingga menyebabkan lebih banyak mikroalga yang mati daripada yang direproduksi. Pada variasi 20 dan 30 dengan rasio nutrisi yang optimum, pertumbuhan mikroalga tidak terganggu oleh pengasaman nitrogen yang berlebih ataupun terjadi keterbatasan pembentukan sel akibat

adanya faktor pembatas dari rasio N yang terlalu besar. Dengan pertumbuhan mikroalga yang optimal, maka proses degradasi kontaminan dapat berjalan dengan lancar.

Unsur nitrogen sangat penting bagi metabolisme mikroorganisme karena nitrogen merupakan unsur kunci dalam asam amino dan asam nukleat, dan ini menjadikan nitrogen penting bagi semua kehidupan. Protein disusun dari asam-asam amino, sementara asam nukleat menjadi salah satu komponen pembentuk DNA dan RNA. Selain itu, rasio karbon terhadap nitrogen juga tergantung dari kontaminan yang ingin didegradasi, mikroalga serta jenis nitrogen yang digunakan. Berkaitan dengan jenis nitrogen yang digunakan, laju degradasi hidrokarbon akan meningkat jika menggunakan amonium-nitrogen.

### 3.3 Pertumbuhan Sel Dengan Variasi Penambahan Nutrient $\text{NaHCO}_3$

Pada percobaan terhadap variasi nutrisi  $\text{NaHCO}_3$  terdapat pertumbuhan sel mikroalga dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Nutrient  $\text{NaHCO}_3$

Pemberian nutrient  $\text{NaHCO}_3$  berfungsi untuk menambah kandungan C pada media POME. Karbon berpengaruh pada proses fotosintesis dari mikroalga dengan bantuan sinar matahari sesuai dengan persamaan reaksi sbb:



Dari grafik pengaruh variasi penambahan nutrient  $\text{NaHCO}_3$  cenderung meningkat. Hal ini disebabkan semakin lama waktu maka jumlah sel yang ada semakin banyak. Gambar 5 diatas menunjukkan pemberian nutrien yang yang terbaik pada 100 ppm. Hal ini disebabkan penambahan 100 ppm  $\text{NaHCO}_3$  menghasilkan perbandingan kandungan nutrisi C, N dan P di media POME yang baik untuk terjadinya proses fotosintesis mikroalga.

### 3.4 Nilai COD dan BOD

Dari hasil percobaan pengolahan limbah POME didapatkan nilai BOD dan COD dari sample awal dan akhir, berikut ini adalah nilai COD dan BOD disajikan pada tabel 1, 2, 3.

Tabel 1 Nilai BOD dan COD Dengan Variasi Perbandingan Volume POME Dan Mikroalga Setelah Diaklimitasi Selama 14 Hari

Perbandingan volume (POME : mikroalga)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
1:0	110,6	496,67
1:1	79	330
1:2	89,53	368,33
1:3	84,27	388,33
1:4	61,66	173,33
1:5	65,58	181,67
Parameter buangan limbah	75	150

Pada analisa limbah POME dengan dengan variasi perbandingan volume POME dan mikroalga menghasilkan nilai COD dan BOD tidak terlalu berkurang secara significant.. Pada perbandingan volume 1:4 menghasilkan penurunan nilai COD dan BOD paling baik.

Dari gambar 3 dilihat bahwa pada variasi perbandingan volume 1:4 jumlah selnya tidak terlalu banyak jika dibandingkan dengan variasi 1:1, 1:2 dan 1:3, hal ini dikarenakan dasar penghitungan jumlah sel yang digunakan adalah counting chamber. Dimana pada teknik penghitungan ini yang dihitung bukan hanya saja sel hidup akan tetapi sel yang telah mati juga turut dihitung. Jadi pada variasi perbandingan volume 1:4 ini jumlah mikroalga yang masih aktif lebih banyak dibandingkan dengan yang lain. Karena sekali lagi yang mempengaruhi nilai BOD dan COD itu turun itu adalah aktivitas dari mikroalga yang masih hidup.

Tabel 2 Nilai BOD dan COD Dengan Variasi Penambahan Nutrient UREA Setelah Diaklimitasi Selama 14 Hari Pada Perbandingan Volume Pome Dan Mikroalga 1:3

Kadar pemberian nutrient UREA (ppm)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
0	110,6	496,67
20	66,58	181,67
30	84,27	388,33
40	55,41	158,33
45	67,08	191,67
50	67,50	190,00
Parameter buangan limbah	75	150

Pada analisa limbah POME dengan dengan variasi variasi penambahan nutrient UREA menghasilkan penurunan nilai COD dan BOD seperti yang terlihat pada tabel 2. Pada variasi penambahan nutrient UREA 40ppm menghasilkan penurunan nilai COD dan BOD paling baik. Hal ini dikarenakan zat-zat kimia yang terdapat pada sampel didegradasi dengan baik oleh mikroalga.

Tabel 3 Nilai BOD dan COD Dengan Variasi Penambahan Nutrient  $\text{NaHCO}_3$  Setelah Diaklimitasi Selama 14 Hari Pada Perbandingan Volume Pome Dan Mikroalga 1:3

Kadar pemberian nutrient $\text{NaHCO}_3$	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
0	110,6	496,67
50	68,08	191,67
80	68,25	195,00
100	84,27	388,33
120	65,33	186,67
150	68,83	196,67
Parameter buangan limbah	75	150

---

Berdasarkan tabel 2, variasi penambahan nutrient  $\text{NaHCO}_3$  mampu menghasilkan penurunan nilai COD dan BOD. Pada penambahan nutrient  $\text{NaHCO}_3$  120ppm menghasilkan penurunan nilai COD dan BOD paling baik. Hal ini dikarenakan zat-zat kimia yang terdapat pada sampel didegradasi dengan baik oleh mikroalga.

Dari semua analisa BOD dan COD, nilai COD yang dihasilkan belum cukup untuk bisa dibuang ke lingkungan. Perda Provinsi Jawa Tengah No.10 Tahun 2004 batas nilai COD yang layak dibuang ke lingkungan adalah 150 mg/l. Sedangkan untuk nilai BOD yang didapat hampir semua dari sampel nilai BOD bisa diterima oleh lingkungan karena ambang batas nilai BOD yang bisa dibuang ke lingkungan adalah 75 mg/l.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Limbah POME pond IV dapat dijadikan media pertumbuhan mikroalga liar sehingga dapat mengurangi kadar BOD dan COD dari limbah POME.
- b) Pertumbuhan mikroalga yang terbaik diperoleh pada variasi perbandingan volume POME dan mikroalga 1:3 dengan menambahkan nutrient 100ppm $\text{NaHCO}_3$  dan 30ppm nutrient urea.
- c) Penurunan BOD dan COD paling baik terjadi pada variasi perbandingan volume POME dan mikroalga 1:4. Nilai BOD dan COD yang dicapai adalah 61,66 ppm dan 173,33 ppm
- d) Pemberian nutrient C 120 ppm menghasilkan penurunan BOD dan COD paling baik yaitu 65,33 ppm dan 186,67ppm, sedangkan pengaruh pemberian nutrient N 40 ppm menghasilkan penurunan BOD dan COD paling baik mencapai 55,41 ppm dan 158,33 ppm.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Chen Feng, 1991. "High Cell Density Culture Of Microalgae In Heterotrophic Growth", Department Of Botany. University of hongkong
- Chisti Yusuf (2007), "Biodiesel From Microalgae", *Biotechnology Advances*, Vol.25, hal. 294-306.
- DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN, 2007, "Gambaran sekilas tentang industri kelapa sawit".
- DITJEN PPHP, 2006, *Pedoman Pengolahan Limbah Industri Kelapa Sawit*. Departemen Pertanian. Jakarta
- Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2006. "Pedoman Pengolahan Limbah Industri Kelapa Sawit", Jakarta
- Hidup Simanjuntak. (2009). "Study korelasi anatara hubungan BOD dengan C, N, dan K dari limbah cair kelapa sawit". Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatra Utara. .
- Poh P.E. dan Chong M.F., 2009, *Development of anaerobic digestion methods for palm oil mill effluent (POME) treatment*. *Jurnal Teknologi*, Keluaran Khas. 100 (2009) 1-9 The University of Nottingham Malaysia.
- Retno widhiastuti dkk. 2006. "Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit sebagai Pupuk terhadap Biodiversitas Tanah". Universitas Sumatra Utara.
- Song Donghui, Fu Jingjuang (2008), "Exploitation of oil-bearing Microalgae for Biodiesel", *Chinese Journal of Biotechnology*, Vol. 24, No. 3, hal. 341-348.
- Tobing P.L. dan Poelengan Z., 2000, "Pengendalian limbah cair pabrik kelapa sawit secara biologis di Indonesia". *Warta PPKS*, vol 8 (2): 99-106,
- Zalina Othman dan Abdul Latif Ahmad. 2006. "Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleifera* seeds as natural coagulant". *Keluaran Khas*. 145 (2007) 120-126 The Universiti Sains Malaysia.