

Degradasi Zat Organik Pada Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Oleh Mikroalga Hijau

Elvitriana, Erman Munir, Delvian, Hesti Wahyuningsih
Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan
Universitas Sumatera Utara, 23247
Correspondence email : yatna66@yahoo.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan mikroalga dalam mendegradasi zat-zat organik pada Palm Oil Mill Effluent (POME) sebagai upaya memperbaiki kualitas limbah cair industri kelapa sawit. Kultivasi mikroalga dilakukan untuk menurunkan zat organik (nutrien) dalam POME pada konsentrasi yang berbeda menggunakan pencahayaan dan aerasi terhadap pertumbuhan biomassa alga yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroalga hijau terbaik dengan kandungan biomassa tertinggi diperoleh dalam kultur konsentrasi 30 % dan pencahayaan 4x8 watt selama 8 jam, biomassa alga yang diperoleh adalah 1,20 g-BK/L. Proses metabolisme sel membuktikan bahwa mikroalga hijau mampu mendegradasi zat-zat organik (nutrien) dalam POME mencapai 40 - 80 % dengan menurunnya konsentrasi COD dan BOD. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa mikroalga dapat digunakan sebagai salah satu alternative dalam pengolahan limbah cair industri kelapa sawit.

Kata Kunci: Degradasi zat organik, POME, Mikroalga Hijau

Abstract. This research aims to study the ability of green microalgae to degrade organic substances in Palm Oil Mill Effluent (POME) as an effort to improve the quality of palm oil industry wastewater. Microalgae cultivation was conducted to reduce organic substances as nutrients in POME at different concentrations using lighting and aeration on the growth of microalgae biomass produced. Results showed that the growth of green microalgae best with highest biomass content obtained in the culture concentration of 30% and lighting 4x8 watts for 8 hours, algae biomass obtained was 1.20 g-DW/L. Process of cell metabolism proves that green microalgae has capable to degrade organic substances (as nutrients) in POME reach to 40-80% with decreasing concentrations of COD and BOD. The study concluded that green microalgae can be used as an alternative in the treatment of wastewater palm oil industry.

Key words: organics compounds degradation, POME, green microalgae.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan industri kelapa sawit di Indonesia terus berkembang, sehingga meningkatkan juga jumlah limbah cair (POME) yang dihasilkan dan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Tindakan pencegahan dan penanggulangan dampak negatif dari kegiatan industri kelapa sawit terus dilakukan, sehingga dapat meningkatkan dampak positifnya.

Palm Oil Mill Effluent (POME) mengandung bahan-bahan organik yang sukar terurai, sehingga mempengaruhi jumlah kandungan oksigen terlarut dalam air. Kandungan bahan organik yang tinggi dalam POME dapat meningkatkan konsentrasi total Nitrogen hingga mencapai 500-800 mg/L (Wong, dkk., 2009). Proses pengolahan

POME menggunakan kolam-kolam terbuka meningkatkan emisi yang menyebabkan global warming, hal ini disebabkan POME dapat melepaskan gas metan dan karbon dioksida ke udara.

Penggunaan mikroalga untuk pengolahan limbah cair menawarkan beberapa keuntungan lebih dari pada pengolahan limbah secara tradisional, diantaranya dalam hal efektifitas biaya untuk mendegradasi bahan-bahan organik dan menghilangkan patogen, dibandingkan sistem lumpur aktif. Proses pengolahan limbah cair tradisional melibatkan pemakaian energi berbiaya tinggi bagi bakteri aerobik yang mengkonsumsi senyawa organik di dalam limbah cair. Sementara mikroalga menyediakan cara

yang efektif untuk mengkonsumsi nutrisi limbah cair dan menyediakan oksigen yang cukup bagi bakteri aerobik melalui proses fotosintesis. Melalui proses pengolahan limbah cair dengan mikroalga dapat menghasilkan biomassa dalam jumlah besar (Woertz, 2007).

Mikroalga memiliki kemampuan untuk menyerap berbagai bentuk nitrogen dan fosfor, dimana mikroalga dapat menggunakan berbagai senyawa organik, khususnya senyawa eutrofik yang mengandung nitrogen dan fosfor sebagai sumber karbon (Lee, dkk., 1998). Mikroalga secara alamiah bekerja untuk mereduksi kadar N dan P pada limbah cair pertanian.

Pada keadaan tidak terkontrol di mana residu limbah pertanian dibiarkan masuk ke wilayah perairan atau sungai, maka dapat menjadi umpan bagi pertumbuhan alga secara massal yang dikenal dengan *algal bloom* dan eutrofikasi pada badan air. Pada sistem perairan yang terkontrol, seperti terdapatnya kolam-kolam penyimpanan limbah cair pertanian, alga telah menjadi contoh *phycoremediasi* yang baik dengan cara mengkonsumsi komponen N dan P di dalam limbah cair.

Nutrien dari nitrogen dan fosfor dapat dihilangkan dari limbah cair dengan beberapa cara yaitu; melalui proses denitrifikasi yang mereduksi Nitrat menjadi gas Nitrogen yang dilepaskan ke atmosfer (Metcalf dan Eddy, 2004). Fosfor juga dapat dihilangkan dengan presipitasi kimia menggunakan FeCl_3 . Namun, fosfor dan nitrogen juga dapat dihilangkan melalui proses asimilasi melalui pertumbuhan bakteri atau alga fotosintesis di dalam limbah cair dan kemudian biomassa tersebut dipisahkan (Woertz, 2007). Mikroalga memiliki beberapa karakteristik yang atraktif yaitu dapat tumbuh dengan mudah pada kondisi yang tidak cocok untuk tanaman biasa; dan dapat berperan sebagai penangkap (fixation) gas rumah kaca atau CO_2 di udara.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian bertujuan untuk mendegradasi zat organik pada Palm Oil Mill Effluent (POME) yang sumber nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga hijau. Pertumbuhan mikroalga hijau dioptimalkan pada konsentrasi kultur yang berbeda-beda. Kemampuan mikroalga hijau

dalam memanfaatkan nutrisi (POME) secara intensif sebagai sumber metabolisme, sehingga kandungan zat organik dalam limbah cair akan menurun sejalan dengan proses metabolisme sel.

2. Metode Penelitian

2.1. Persiapan Stok Kultur

Mikroalga hijau dicentrifuge dan 1 ml dikultur dalam 9 ml media urea (Vinokulum/Vmedia) dan dicampurkan hingga homogen. Sebanyak 0,1 ml campuran ini diambil untuk dikultur kembali selama 7 hari. Hasil pertumbuhan mikroalga yang baik dikultur kembali secara bertahap dalam media urea dari 100 ml hingga 500 ml menggunakan pencahayaan 4x8 watt dan aerasi. Bahan-bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini diperoleh secara komersil.

2.2. Prosedur Penelitian

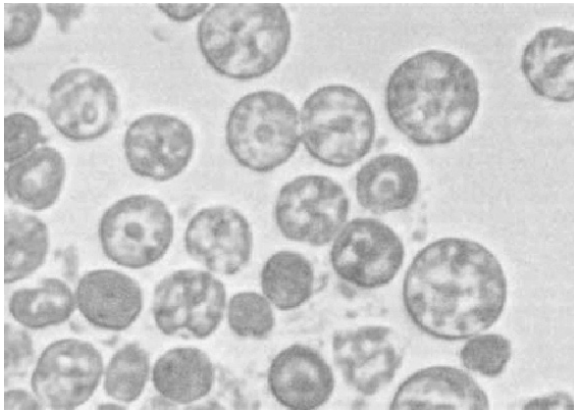
Sampel limbah cair (POME) dibuat dalam konsentrasi yang berbeda yaitu: 10%, 30%, dan 50% (Vinokulum/Vmedia) untuk melihat pengaruh konsentrasi limbah cair terhadap pertumbuhan dan kemampuan mikroalga dalam mendegradasi bahan-bahan organik. Sebelum diinokulasi pH POME diukur, sedangkan konsentrasi BOD, COD, total Nitrogen, dan minyak dan lemak diukur menggunakan metode standar APHA. TSS diukur secara gravimetric menggunakan tabung model hematocrite selama kultivasi 7 hari. Pertumbuhan mikroalga hijau (kandungan biomassa alga) diukur menggunakan spektrofotometri dengan panjang gelombang 680 nm.

2.3. Kultivasi Mikroalga

POME disaring dan disterilkan dalam autoclave dengan temperatur 120 °C yang digunakan sebagai media tumbuh. Mikroalga hijau hasil aklimatisasi yang digunakan sebagai *strain* dalam pengolahan POME 30% (Vinokulum/Vmedia) dimasukkan ke dalam wadah *acrylic* 3000 ml yang mengandung 1000 ml media cair. Kultivasi berlangsung dengan kondisi temperatur ruangan, intensitas pencahayaan kontinyu (4x8 watt) dan aerasi udara serta penambahan nutrisi urea dengan konsentrasi 25 mg/L per 2 hari. Setelah kultivasi selama 7 hari, maka kultur dianalisa untuk melihat kurva pertumbuhan mikroalga hijau dengan menentukan kandungan



(1a)



(1b)

Gambar 1(a) dan 1(b) Mikroalga hijau dalam media POME

biomassa kering dan konsentrasi BOD, COD, total Nitrogen, dan lemak dan minyak dianalisa pada akhir kultivasi.

2.4. Hasil dan Pembahasan

Mikroalga hijau yang dikultur dalam media POME dengan pencahayaan (4x8 watt), dan aerasi, serta pemberian urea 25 mg/L per 2 hari sekali terlihat pada gambar 1. Kultivasi awal dilakukan untuk memperkuat daya tahan hidup dan kemampuan adaptasi mikroalga terhadap konsentrasi POME. Hasil kultivasi menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroalga hijau dalam media POME sangat baik dengan konsentrasi kultur 30%.

2.5. Karakterisasi limbah cair

Limbah cair (POME) berasal dari *Cooling Pond* PKS PTPN-1 Cot Girek Aceh Utara mempunyai ciri fisik berwarna coklat pekat, berbau menyengat dengan suhu berkisar 40 - 50 °C, dan mengandung endapan zat organik tersuspensi tinggi. Adapun karakteristik POME

sebelum pengolahan menggunakan mikroalga hijau dapat ditabulasikan pada tabel 1 dengan baku mutu limbah cair (Kepmen LH No. Kep-51/MenLH/10/1995) untuk debit limbah maks 2,5 m³ per ton produk CPO.

pH POME yang masuk ke *Cooling Pond* berkisar 4,0 - 5,0; yang bersifat asam. Tingginya bahan organik di dalam POME menyebabkan peningkatan konsentrasi COD, BOD, dan minyak/lemak. Sedangkan TSS tinggi disebabkan besarnya produk suspensi koloid dari hasil pengolahan TBS.

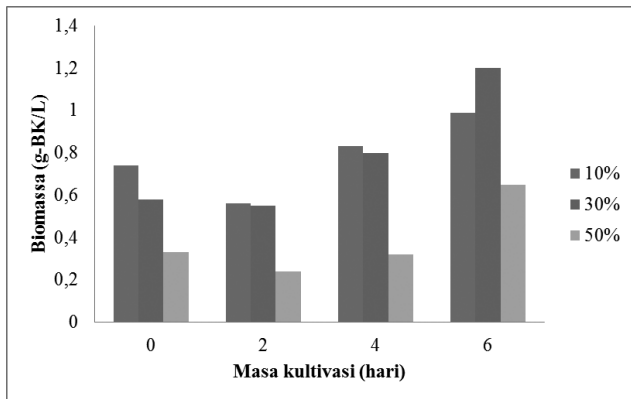
3. Pengaruh media terhadap pertumbuhan mikroalga hijau

Pertumbuhan mikroalga hijau dalam berbagai media dilakukan dengan cara menanamkan inokulum ke dalam media tumbuh dengan konsentrasi larutan yang bervariasi yaitu: 10%, 30%, dan 50%. Proses kultivasi menggunakan intensitas pencahayaan lampu *fluorescent* 4x8 watt dan aerasi 8 jam dengan kondisi suhu ruangan selama 7 hari dengan penambahan urea 2 hari sekali untuk mendapatkan biomassa kering mikroalga hijau. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap pertumbuhan mikroalga hijau menggunakan pencahayaan dan tanpa pencahayaan.

Gambar 2 memperlihatkan pertumbuhan mikroalga hijau dalam POME dengan konsentrasi media tumbuh 30% lebih baik dibandingkan 10% dan 50%, di mana biomassa mikroalga hijau meningkat di hari ke 6 masa kultivasi. Pertumbuhan mikroalga hijau dengan konsentrasi larutan 30% sangat signifikan sehingga diperoleh biomassa tertinggi sebesar 1,20 g-BK/L. Faktor nutrisi tidak menjadi pembatas berkembangnya mikroalga hijau, sehingga sel dapat tumbuh dengan baik. Pada konsentrasi larutan ini mikroalga hijau tumbuh dan berkembang dengan

Tabel 1. Karakteristik POME sebelum pengolahan

No	Parameter	Hasil Analisa	Baku Mutu
1	pH	4,54	6,0-9,0
2	BOD5	8.400 mg/L	100 mg/L
3	COD	15.600 mg/L	350 mg/L
4	TSS	16.300 mg/L	250 mg/L
5	Minyak & Lemak	2.100 mg/L	25 mg/L



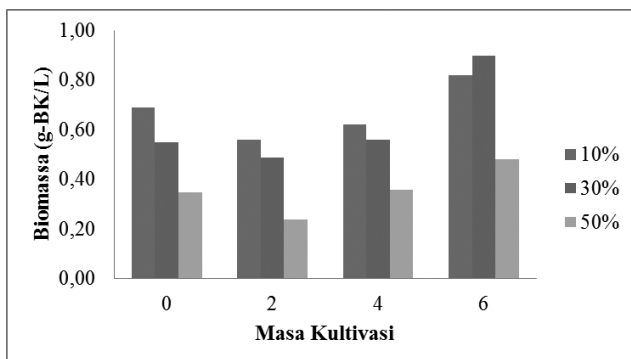
Gambar 2. Pertumbuhan mikroalga hijau dalam media POME dengan konsentrasi larutan 10%, 30%, 50% menggunakan intensitas pencahayaan 4x8 watt selama 8 jam

baik, karena kemampuan untuk beradaptasi dan ketersediaan nutrisi.

Sedangkan pertumbuhan mikroalga hijau dengan konsentrasi larutan 10% kurang berkembang. Hal ini disebabkan mikroalga hijau belum mampu beradaptasi atau menyesuaikan diri dengan tingkat kepekatan POME. Pertumbuhan mikroalga relatif lebih lambat untuk konsentrasi limbah yang lebih tinggi karena jumlah kepadatan sel awal mikroalga hijau sangat sedikit, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk dapat beradaptasi dengan baik.

Pertumbuhan mikroalga hijau dalam POME dengan konsentrasi larutan 50% juga kurang berkembang, dikarenakan kepadatan sel dalam media tumbuh sehingga sel kekurangan nutrisi yang menyebabkan pertumbuhannya lambat. Menurunnya biomassa pada fase lag cenderung diakibatkan oleh persaingan mikroalga hijau dengan kontaminan yang ada di POME.

4. Pengaruh intensitas pencahayaan terhadap pertumbuhan mikroalga



Gambar 3. Pertumbuhan mikroalga hijau dalam media POME dengan konsentrasi larutan 10%, 30%, 50% tanpa pencahayaan

Intensitas pencahayaan sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga hijau di dalam POME. Mikroalga memanfaatkan cahaya untuk proses fotosintesis dalam pertumbuhannya sehingga menghasilkan biomassa alga. Pertumbuhan dengan kondisi tanpa pencahayaan menyebabkan mikroalga lambat untuk berkembang dengan baik, seperti yang terlihat pada gambar 3 bahwa pertumbuhan mikroalga hijau tanpa pencahayaan menghasilkan biomassa tertinggi sebesar 0,90 g-BK/L dengan konsentrasi larutan 30%. Kurangnya pencahayaan akan menyebabkan proses fotosintesis tidak berlangsung normal sehingga mengganggu metabolisme selanjutnya (Andriyono, 2001).

5. Hasil Analisa Kandungan COD dan BOD Limbah Cair

Kultivasi mikroalga hijau dalam POME dapat menurunkan nutrisi dalam limbah cair industri kelapa sawit karena sebagian besar bahan organik dimanfaatkan mikroalga sebagai nutrisi untuk melakukan perkembangbiakan, seperti terlihat pada tabel 2.

Kultivasi mikroalga hijau dalam media POME setelah 7 hari dengan pencahayaan dapat menurunkan konsentrasi BOD dan COD. Penurunan konsentrasi COD dan BOD dengan intensitas pencahayaan 4 x 8 watt dan siklus pencahayaan 8 jam terlihat lebih baik dibandingkan tanpa pencahayaan. Penurunan BOD dan COD mengindikasikan adanya pengambilan bahan-bahan organik oleh mikroalga yang terdapat di POME.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi BOD lebih besar dari COD. Besarnya nilai BOD dipengaruhi oleh kecepatan aktivitas mikroalga dalam mendekomposisi bahan organik, jumlah dan keadaan mikroorganisme serta suplai oksigen terlarut baik dari udara maupun fotosintesis.

Tabel 2 Karakteristik POME setelah kultivasi mikroalga hijau

Konsentrasi POME	4 x 8 Watt	Tanpa Cahaya
	8 Jam	
BOD	39,6277 mg/L	66,4253 mg/L
COD	149 mg/L	152 mg/L

6. Kesimpulan

1. Mikroalga hijau dapat dikultivasi dengan baik dalam media POME dengan konsentrasi larutan 30% pada kondisi temperatur ruangan, intensitas pencahayaan 4x8 watt dan aerasi sehingga menghasilkan biomassa sebesar 1,20 g-BK/L
2. Mikroalga hijau dapat dibudidayakan dalam POME menghasilkan biomassa alga yang signifikan dan mempunyai kemampuan untuk menurunkan konsentrasi BOD dalam POME dan dapat digunakan sebagai metode alternative dalam penanggulangan limbah cair industri kelapa sawit

7. Daftar Pustaka

- APHA, 1999, *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*, Washington DC, USA
- Chrimadha T. dan Nofdianto, 1994, *Pengaruh Konsentrasi Nutrien terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Chlorella sp. Pada Sistem Kultur Semikontinyu*, Limnotek Perikanan Darat Tropis di Indonesia, Bogor
- Hammer M. J., 1997, *Water and Waste-Water Technology*, John Wiley & Sons, New York.
- Janssen, M., 2002, Thesis: *Cultivation of Microalgae: Effect of Light/Dark Cycles on Biomass Yield*, Thesis Wageningen University, Wageningen, Netherlands.
- Lee S.J, Kim S.B, Kim J.E, Kwon G.S, Yoon B.D, Oh H.M, 1998, *Effects of Harvesting Method and Growth Stage on the Flocculation of the Green Alga Botryococcus Braunii*, *Letter in Applied Microbiology*.
- Metcalf, Eddy Inc, 2004, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, Fourth Edition, McGraw-Hill International, New York.
- Sriharti dan Carolina, 2000, Pengaruh Media Terhadap Kualitas Algae Bersel Tunggal (*Scenedesmus sp.*) *Jurnal : Seminar Nasional Biologi*
- Suminto dan K. Hirayama, 1996, Effects of Bacteria on The Growth of a Marine Diatom *Chaetoceros Gracillis*, *Fish Sci.*
- Wardhana, A.W., 2001, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi, Yogyakarta
- Woertz, 2007, *Lipid Productivity of Algae Grown on Dairy Wastewater as a Possible Feedstock for Biodiesel*, Civil and Environmental Engineering, California Polytechnic University, San Luis Obispo
- Wong C. C., Cheng K., Peng J., Zheng X., Wu Z., Chen F., Wang M., 2009. *Analytical Methods for Bioactive Compounds in Teas*, Di dalam: Ho CT, Lin JK, Shahidi F (eds.). *Tea and Tea Product: Chemistry and Health-Promoting Properties*, Taylor and Francis Group CRC Press, USA.