



## PENGOLAHAN LIMBAH POME (PALM OIL MILL EFFLUENT) DENGAN MENGGUNAKAN MIKROALGA

Riky Yonas, Uray Irzandi, Hantoro Satriadi \*)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

### Abstrak

Seiring dengan peningkatan produktifitas kelapa sawit, maka akan diikuti juga peningkatan limbah yang dihasilkan. Setiap pabrik kelapa sawit membuang limbah cair yang dikenal palm oil mill effluent (POME). POME memiliki kandungan BOD dan COD yang sangat tinggi yang dapat menghambat pertumbuhan mikroalga di dalam POME tersebut. Maka dari itu, dibutuhkan penelitian yang komprehensif untuk mengetahui langkah treatment dalam menurunkan kandungan BOD dan COD di dalam POME yang digunakan sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroalga. Penelitian limbah POME sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroalga ini secara spesifik bertujuan untuk mempelajari proses pengolahan POME dengan menggunakan mikroalga liar. Prosedur percobaan yang dilakukan berupa pencampuran POME dan mikroalga kedalam erlemeyer sesuai perbandingan yang ditentukan. Penelitian membuktikan bahwa Limbah POME pond IV dapat dijadikan media pertumbuhan mikroalga liar, sehingga dapat mengurangi kadar BOD dan COD dari limbah POME. Variabel perubah yang diterapkan adalah perbandingan volume POME terhadap volume mikroalga dan jumlah nutrient yang diberikan. Pertumbuhan mikroalga dengan perbandingan 1:4 menghasilkan penurunan BOD dan COD paling baik yaitu 61,66 ppm dan 173,33 ppm dari 110,6 ppm dan 496,67 ppm. Pada pengaruh 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.

**Kata kunci :** POME, Mikroalga, BOD, COD

### Abstract

Along with increased productivity of palm it will be followed increase in wastegenerated. Each palm mill wasted liquid waste known as palm oil mill effluent (POME). POME contains BOD and COD are very high, so it can inhibit the growth of microalgae in the POME. Therefore, comprehensive research is needed to find out a pretreatment step in lowering the content of BOD and COD in POME before being used as a medium for the growth and development of microalgae. Research POME waste water as a medium of growth and development of microalgae is specifically aimed at studying the treatment process of POME using wild microalgae. The procedure of mixing experiments conducted POME and microalgae erlemeyer fitinto the specified ratio. Research shows that pond IV POME waste can be used as growth wild mikrolga, so it can reduce the levels of BOD and COD of POME waste. Modifiers of variable are applied volume of POME ratio of the volume of microalgae and the amount of nutrients provided. Growth of microalgae with a ratio of 1:4 resulting in a reduction of BOD and COD at both the 61.66 ppm and 173.33 ppm from 110.6 ppm and 496.67 ppm. On the effect of nutrient giving C 120 ppm resulted in lower BOD and COD at the 65.33 ppm and 186.67 ppm, where as the effect giving nutrient N 40 resulted lower and COD reached 55.41 ppm and 158.33 ppm.

**Key words :** POME, Microalgae, BOD, COD

## 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 dari proses pengolahan buah kelapa sawit menjadi CPO. Adapun limbah yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit adalah limbah cair yang dikenal palm oil mill effluent (POME), limbah udara yang berupa emisi gas dari boiler dan insinerator dan limbah padat seperti tandan buah kosong, serat dan cangkang. Hal ini menjadi masalah di lingkungan jika limbah-limbah tersebut tidak diolah secara tepat sebelum dibuang ke lingkungan. (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 industry 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 (Industri Proses & Lingkungan, 1999). POME rata-rata mengandung BOD (*Biological Oxygen Demand*) berkisar antara 8.200-35.000 mg liter-1 dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) berkisar antara 15.103- 65.100mg liter-1 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, dengan menggunakan membran, dan evaporasi. Untuk proses anaerobik mempunyai keuntungan penggunaan energi rendah dikarenakan tidak menggunakan aerasi, tetapi pengolahan dengan anaerobik ini mempunyai kekurangan yaitu memerlukan waktu yang lama dan start up yang lambat. Pengolahan secara aerobik mempunyai keuntungan waktu proses pengolahan relatif lebih cepat dan efektif, akan tetapi kekurangannya adalah memerlukan energi yang besar untuk aerasi. Pengolahan dengan menggunakan membrane mempunyai keuntungan yaitu produksinya stabil dan kualitas air yang dihasilkan bagus, kekurangan pengolahan dengan cara membran adalah waktu penggunaan membran yang singkat. Pengolahan dengan evaporasi mempunyai keuntungan bisa mengolah limbah dengan konsentrasi padatan yang tinggi, kekurangannya adalah konsumsi energi yang besar. Cara-cara tersebut merupakan cara-cara yang lazim digunakan dalam industri pengolahan CPO. Kelemahan dari cara-cara tersebut adalah hanya bisa menurunkan kandungan BOD dan COD, dan tidak dapat memanfaatkan komponen lain seperti N,P,K, dan berbagai mineral lain kadarnya masih tinggi yang dapat dimanfaatkan.

Dalam penelitian ini akan diteliti kondisi proses yang optimum dalam menurunkan kadar BOD dan COD dan memanfaatkan komponen N,P,K yang terdapat di dalam POME dengan menggunakan mikroalga. Kondisi operasi yang diteliti antara lain dengan perbandingan volume POME dengan mikroalga, variasi pemberian nutrient  $\text{NaHCO}_3$ , dan variasi pemberian nutrient UREA. Dalam penelitian ini akan diperoleh ratio dan jumlah nutrient yang optimum untuk menurunkan kandungan BOD dan COD karena adanya kandungan mineral(N, P, K) yang cukup tinggi pada POME.

## 2. METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat erlemeyer 500 ml dan magnetic stirer. 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 mayoritas yang terdapat di kolam Laboratorium Pengolahan Limbah Jurusan Teknik Kimia UNDIP adalah *Cloromonas* dan *Chlorella*.

### 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 berkonsentrasi 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

#### Perubahan kandungan COD dan BOD dengan Variasi Perbandingan Volume Alga Terhadap POME

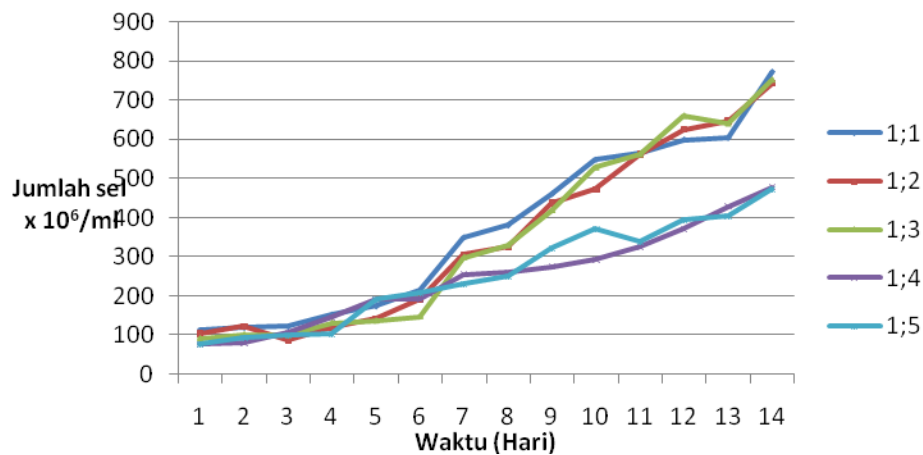
Dengan menggunakan variasi perbandingan volume mikroalga terhadap POME didapatkan data seperti tabel 1 dan gambar 1 dibawah ini.

Tabel 1 Nilai BOD dan COD Dengan Variasi Perbandingan Volume POME Dan Mikroalga Setelah Diaklimatisasi 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 signifikan.. Pada perbandingan volume 1:4 menghasilkan penurunan nilai COD dan BOD paling baik.

Dari gambar 1 dapat dilihat 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.



Gambar 1 Pengaruh Waktu Terhadap Jumlah Sel Pada Berbagai Perbandingan Volume POME Dan Mikroalga

Dari gambar 1 pertumbuhan mikroalga pada pengaruh perbandingan volume alga terhadap POME cenderung meningkat. Hal ini disebabkan semakin lama waktu maka jumlah sel yang 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. Semua data diatas disimpulkan bahwa perbandingan kosentrasi antara mikroalga dengan POME sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga. Pengaruh ini disebabkan oleh jumlah sel awal yang terdapat pada campuran. Semakin banyak 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.

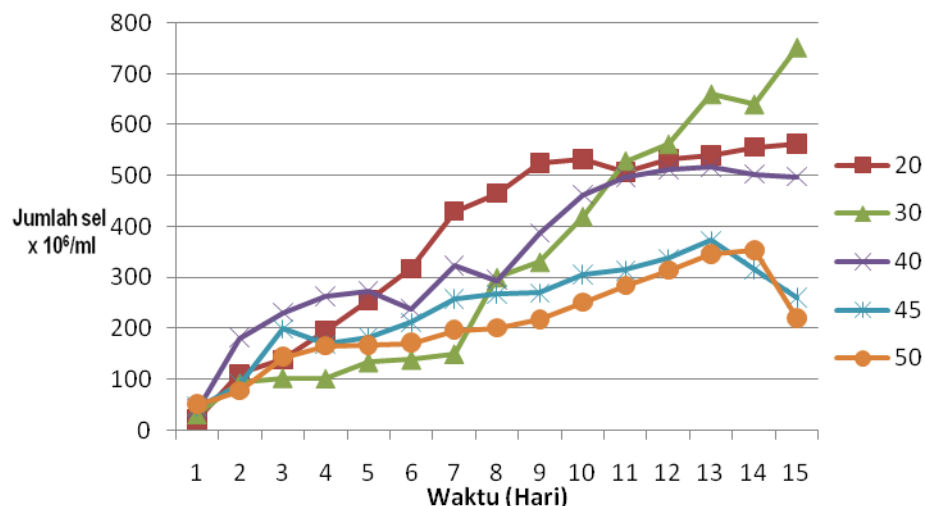
**Perubahan kandungan COD dan BOD dengan Variasi Penambahan Nutrient UREA**

Pada percobaan terhadap variasi nutrisi UREA teradap pertumbuhan sel mikroalga dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 2.

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.



Gambar 2 Pengaruh Waktu Terhadap Jumlah Sel Pada berbagai 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.

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

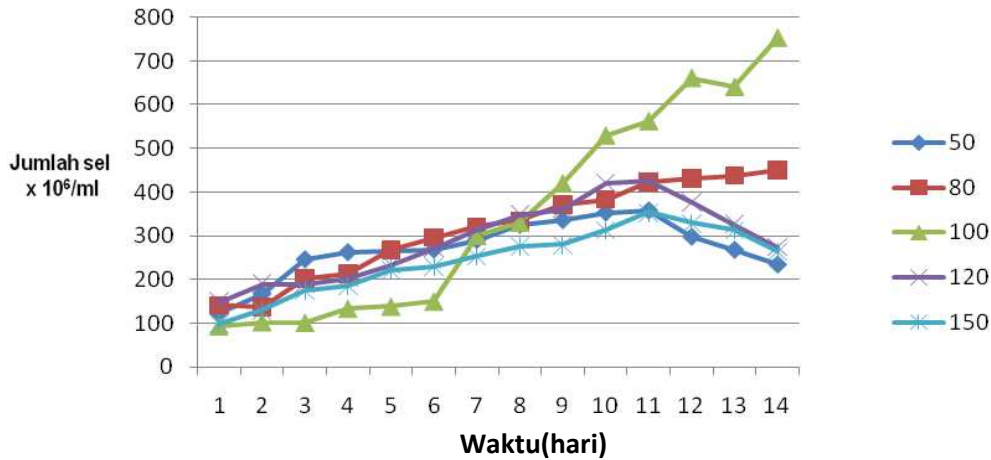
Pada percobaan terhadap variasi nutrisi  $\text{NaHCO}_3$  terhadap pertumbuhan sel mikroalga dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 3.

Tabel 3 Nilai BOD dan COD Dengan Variasi Penambahan Nutrient  $\text{NaHCO}_3$  Setelah Diaklimatisasi 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.



Gambar 3 Pengaruh Waktu Terhadap Jumlah Sel Pada 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 nutrisi 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.

#### 4. KESIMPULAN

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

- Limbah POME pond IV dapat dijadikan media pertumbuhan mikroalga liar sehingga dapat mengurangi kadar BOD dan COD dari limbah POME.
- 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.
- 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
- 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.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Hantoro Satriadi, MT selaku Dosen Pembimbing, Bapak Widayat, ST, MT selaku Pembimbing Lapangan, Ir. Herry Santosa, MT sebagai ketua penguji seminar dan Semua pihak yang telah banyak membantu dalam proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini.



## 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
- Fogg G E 1959 : "Algae Culture And Phytoplankton Ecology" University Of Wisconsin
- Hidup Simanjuntak. (2009). "Study korelasi anatara hubungan BOD dengan C, N, dan K dari limbah cair kelapa sawit". Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatra Utara. .
- Meriam N N S, Ling C K, 2004, *MEMBRANE ULTRAFILTRATION OF TREATED PALM OIL MILL EFFLUENT (POME)*. *Jurnal Teknologi*, Keluaran Khas. Dis. 2004: 113-120 Universitas Teknologi Malaysia.
- Nining Betawati Prihantini. "Studi Pertumbuhan Mikroalga *Chlamydomonas* spp. Ehrenberg Hasil Isolasi dari Air Buangan Pabrik Karet pada Tiga Macam Medium dengan Variasi Derajat Keasaman (pH)". Perpustakaan Universitas Indonesia.
- Orchidea Rachmaniah, Reni Dwi Setyarini dan Lailatul Maulida, 2010. "Pemilihan Metode Ekstraksi Minyak Alga dari *Chlorella* sp. Dan Prediksinya sebagai Biodiesel". Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
- 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.
- Satria H, 1999, "Disain Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit". Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITB.
- Sri sumesti, 1987. "Metoda penelitian air. Surabaya : Usaha Nasional
- Song Donghui, Fu Jingjuang (2008), "Exploitation of oil-bearing Microalgae for Biodiesel", *Chinese Journal of Biotechnology*, Vol. 24, No. 3, hal. 341-348.
- Tim PT SP, 2000, "Produksi Bersih Pengolahan Tandan Buah Segar Di Pabrik Kelapa Sawit (Pengalaman Pt Sahim Indoplantation Di Riau). Makalah Lokakarya Pelaksanaan Produksi Bersih Pada Industri Minyak Sawit. Pekanbaru
- Tobing P.L. dan Poelengan Z., 2000, "Pengendalian limbah cair pabrik kelapa sawit secara biologis di Indonesia". *Warta PPKS*, vol 8 (2): 99-106,
- Tri Rahayu Andayani. "FATTY ACID ANALYSIS OF MICROALGAE *Tetraselmis chuii*".
- 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.