



SEMILINAR NASIONAL SAINS & TEKNOLOGI

UNIVERSITAS LAMPUNG, 27 -28 AGUSTUS 2007

TEMA :
PERAN STRATEGIS SAINS DAN TEKNOLOGI
DALAM UPAYA PENINGKATAN
DAYA SAING BANGSA.

PROSIDING



ISBN 978-979-15535-2-0



9 789791 155352



LEMBAGA PENELITIAN - UNIVERSITAS LAMPUNG

Gd. Rektorat Lt. V, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro no.1

Gedong Meneng - Bandar Lampung

Telp. (0721) 705173, Fax. 773798

e-mail : satek2007@unila.ac.id, website : <http://lemlit.unila.ac.id/satek>

PROSIDING

Seminar Nasional Sains dan Teknologi

Agustus 2007

Penyunting :

Dr. John Hendri, M.S.
Dr. Warsito, D.E.A.
Dr. Sutopo Hadi
Dr. Irwan Ginting Suka, M.Sc.
Dr. Ahmad Zakaria
Dr. Wamiliana, MSc
Dr. Eng. Admi Syarif.
Drs. Bambang Irawan, M. Sc.
Dr. Bartoven Vivit Nurdin
Wasinton Simanjuntak, Ph.D.

Penyunting pelaksana:

Yasir Wijaya, S.Si.
Widyastuti, A.Md.

Prosiding Seminar Hasil-Hasil
Seminar Sains dan Teknologi :
Agustus 2007 / penyunting,
John Hendri ... [et al.].—Bandar
Lampung : Lembaga Penelitian
Universitas Lampung, 2007.
xiv +1391 hlm. ; 21 x 29,7 cm

ISBN 978-979-15535-2-0



Diterbitkan oleh :
LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS LAMPUNG
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro no. 1 Gedungmeneng
Bandarlampung 35145
Telp. (0721) 705173, 701609 ext. 136, 138,
Fax. 773798,
e-mail : lemlit@unila.ac.id

www.unila.ac.id

SOSIAL & EKONOMI

Budaya Makan Pada Ibu Hamil Bartoven Vivit Nurdin	381
---	-----

Analisis Eksternalitas Pada PTPN VII (Persero) Unit Usaha Bunga Mayang Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Sekitar Neli Aida	390
---	-----

PERTANIAN

Industri Tapioka Dan Masalahnya Agus Sutanto	399
--	-----

<i>Macro invertebrates as Biological Indicators of Water Quality of Batanghari River Metro Lampung</i> Agus Sutanto	413
--	-----

Kajian Rendemen Dan Karakterisasi Metil Ester Dari Pome (<i>Palm Oil Mill Effluent</i>) Industri Pengolahan Kelapa Sawit Budiyanto, Agus Sundaryono dan M. Asyari Pupanosa	424
--	-----

Analisis Hubungan Antara Kualitas Tandan Buah Segar Terhadap Rendemen Dan Kualitas Cpo Di Pt. Agromuko Bunga Tanjung Budiyanto	433
--	-----

Pengaruh Curahan Tenaga Kerja Ibu Rumah Tangga Dan Ketahanan Pangan Rumah Tangga Pada Masyarakat Pesisir Pantai Di Desa Muara Gading Mas Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur Dame Trully Gultom	447
---	-----

Analisis Hubungan Curah Tenaga Kerja Wanita Dengan Status Gizi Anak Balita Pada Berbagai Tipe Usaha Tani Di Kabupaten Lampung Timur Dame Trully Gultom dan Rabiatal Adawiyah	456
--	-----

Dimensi Tegakan Dan Pengaruh Peubah Tempat Tumbuh Terhadap Produksi Damar (<i>Shorea Javanica K. ET V.</i>) Di Krui Lampung Barat Duryat	465
--	-----



**KAJIAN RENDEMEN DAN KARAKTERISASI METIL ESTER DARI
POME (PALM OIL MILL EFFLUENT) INDUSTRI PENGOLAHAN
KELAPA SAWIT**

Budyanto, Agus Sundaryono, M. Asyari Pupanosa

*Jurusan Teknologi Pertanian FAPERTA Universitas Bengkulu
Jurusan Pendidikan Kimia FKIP Universitas Bengkulu*

ABSTRACT

The objective of the study is to evaluate yield and characteristic of methyl ester from palm oil mill effluent (POME). Two stages, acid and base reactions were performed to produce methyl ester. The result of the study indicates that 43% POME from waste effluent pond could be processed to produce 86% yield of methyl ester. Physicochemical parameters evaluation of the methyl ester indicates the methyl ester had similarity with standard diesel fuel, but the viscosity of methyl ester of POME was higher while the cetane number of it was higher than SNI standard of diesel fuel.

Keywords: *methyl ester, rendement*

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia krisis energi telah terjadi hampir dua dekade terakhir. Hal ini dibuktikan dengan ketergantungan kita pada minyak impor, yang menyebabkan semakin meningkatnya harga bahan bakar minyak (BBM). Pengembangan energi alternatif oleh Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral (ESDM) mencanangkan kebutuhan energi nasional akan dipenuhi dari sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 4,4% dimana sebesar 1,3% berasal dari biofuel (anonym, 2004).

Metil ester diharapkan dapat mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar berbasis minyak dan gas bumi dimasa datang. Karena minyak dan gas bumi adalah sumber alam yang tidak dapat diperbaharui, sedangkan bahan baku yang dapat menghasilkan metil ester adalah sumber alam yang dapat diperbaharui dan dibudidayakan. Tetapi bahan bakar bio lebih mahal dibandingkan dengan bahan bakar petroleum (Fold, 2003; Haryati dan Siswantoro. 1992).

Indonesia merupakan negara yang memiliki areal perkebunan sawit cukup besar, di provinsi Bengkulu tanaman kelapa sawit merupakan salah satu komoditi andalan. Hal ini terbukti dengan tersebarinya perkebunan kelapa sawit hampir di setiap kabupaten diantaranya; Bengkulu utara Bengkulu selatan, Kaur dan Kabupaten Seluma, dimana luas perkebunan kelapa sawit di provinsi Bengkulu mencapai 90.898 Ha dengan jumlah produksi 878.912 ton pertahun (Dinas perkebunan provinsi Bengkulu, 2006). Dari pengolahan kelapa sawit menjadi CPO, maka dihasilkan minyak CPO dengan rendemen



20% - 22%. Dari hasil tersebut masih terdapat minyak sebanyak 1% dari berat TBS yang terbuang bersama palm oil effluent (Chua, 1992) ✓

Pabrik dengan kapasitas olah 30 ton TBS /jam atau 200ton/hari (dioperasikan 20 jam/hari dengan efisiensi 80%) maka minyak yang masuk di kolam limbah akan dapat mencapai sedikitnya 1 s/d 1,5 ton perhari. Dari hasil ini bisa dihitung seberapa banyak biodiesel yang akan dihasilkan selama satu minggu, satu bulan bahkan sampai setahun. Berdasarkan informasi di atas maka limbah cair CPO memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi metil ester (Biodiesel) karena bahan bakunya yang murah dibandingkan dengan bahan baku dari minyak nabati lainnya, sehingga dapat menyeimbangkan harga bahan bakar yang ada di pasar saat ini. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kualitas & rendemen Metil Ester yang dihasilkan dari limbah cair pengolahan CPO.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai April 2007 berlokasi di Laboratorium Kimia Basic Science, FKIP, UNIB.

2.2. Alat Yang Digunakan

Penelitian ini digunakan peralatan sebagai berikut : gelas kimia 500 mL, 250mL, thermometer, hotplate 1 buah, neraca analitik, gelas ukur 50 mL, 10 mL, corong pemisah, erlenmeyer 500 mL, biuret, pipet tetes, pipet volumetrik, corong, saringan. Magnetik stirrer, viskometer Ostwald.

2.3. Bahan Yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : limbah cair CPO, aquades, NaOH, Metanol p.a, hubl A (iodium dilarutkan dalam etanol) dan hubl B (merkuri klorida dilarutkan dalam etanol), Na₂S₂O₃ 0,1 N, HCl 4,5M, indikator pati, kloroform, KI 15%, minyak tanah, sumbu, indikator PP, etanol 95%, larutan NaOH 0,1 N.

2.4. Tahapan Penelitian

2.4.2. Pemucatan Limbah CPO

Proses pemucatan limbah CPO dilakukan dengan cara kontak yaitu dengan menggunakan arang aktif 2% melalui pengadukan pada suhu 110-120 °C selama 1 jam.

2.4.3. Pembuatan Metil Ester

Modifikasi metode Anonim (2000) dan Kac (2001) digunakan pada studi ini. 1 mL H₂SO₄ dicampur dalam 8 mL metanol kemudian ditambahkan 100 mL minyak nabati ✓



dalam campuran dipanaska pada suhu 60 °C, diaduk dengan menggunakan pengaduk magnetik selama 15 menit dengan kecepatan yang tidak terlalu cepat, kemudian dibiarkan dalam keadaan dingin selama kurang lebih 15 menit. Setelah dingin campuran ditambahkan dengan metoksi (0,4 gram NaOH yang dilarutkan dalam 12 mL metanol). Campuran ini dipanaskan kembali pada suhu 30-40 °C sambil diaduk dengan menggunakan magnetik stirer selama 30 menit, kemudian hasil diasukkan ke dalam corong pisah, selanjutnya dibiarkan semalam untuk pengendapan/pemisahan. Diagram alair pembuatan metil ester dapat digambarkan sebagai berikut:

Rendemen metil ester yang diperoleh dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{rendemen} = \frac{\text{jumlah metil ester yang dihasilkan}}{\text{jumlah min yak nabati yang digunakan}} \times 100\%$$

2.4.4. Karakteristik Metil Ester

2.4.4.1. Pemeriksaan Visual

Pemeriksaan ini dilakukan untuk melihat apakah reaksi metil ester berhasil atau tidak, yaitu dengan cara melihat warna lapisan yang terbentuk, lapisan atas warnanya lebih terang dari pada lapisan dasar. Lapisan atas tersebut menunjukkan metil ester sedangkan lapisan bawah menunjukkan gliserol yang dihasilkan (Kac, 2001).

2.4.4.1. Titik Pengkabutan Dan Titik Gelatinasi

Sampel metil ester kira-kira 2 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian tabung tersebut dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi es batu. Metil ester diukur suhunya pada saat kristal mulai terbentuk, berarti metil ester telah mencapai titik pengabutan, dan jika metil ester menjadi gel berarti telah mencapai titik gelatinasi (Sadi, 1993:79).

2.4.4.3. Penentuan Masa Jenis

Piknometer digunakan untuk mengukur masa jenis.

$$\text{masa jenis} = \frac{(\text{bobot piknometer dan min yak}) - \text{bobot piknometer kosong}}{\text{Volume air yang digunakan}}$$

(Ketaren, 1986).

2.4.4.4. Penentuan Viskositas

Ke dalam viskositas ostwald dimasukkan 4 mL sampel dengan menggunakan pipet volum, kemudian viscometer ditempatkan pada pemanas air bersuhu 30 °C dan dibiarkan selama 10 menit, lalu diukur waktu yang dibutuhkan sampel untuk melewati jarak antara dua tanda yang terdapat pada aviskometer. viskositas dihitung dengan rumus:



$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{td}{t_0 d_0}$$

Dimana :

η dan η_0 adalah viskositas larutan dan pelarut

t dan t_0 adalah waktu alir larutan dan pelarut

d dan d_0 adalah massa jenis larutan dan pelarut

Viskositas yang dihasilkan dari ostwald ini merupakan viskositas dinamik, selanjutnya dikonversikan menjadi viskositas kinematik dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Viskositas kinematik} = \frac{\text{viskositas dinamik}}{\text{massa jenis metil ester}} \quad (\text{Oxford, 1994})$$

2.4.4.5. Penentuan Bilangan Iod

Pembuatan larutan Von hubl

Hubl A: 2,4 gram iodium dilarutkan dalam 40 mL etanol p.a

Hubl B: 3 gram merkuri klorida dilarutkan ke dalam 40 mL etanol p.a

Sampel metil ester ditimbang sebanyak 0,2 gram kemudian dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 240 mL, ke dalam sampel dimasukkan 7 mL kroform, 8 mL hubl A dan 8 mL hubl B kemudian dikocok. Erlenmeyer selanjutnya disimpan di tempat yang gelap 44 menit sambil beberapa kali di kocok. Setelah itu 7 mL KI 14% ditambahkan sambil terus dikocok. Setelah itu 7 mL KI 14% ditambahkan sambil terus di kocok, selanjutnya 40 mL agudes ditambahkan ke dalamnya. Selanjutnya larutan ditidradi dengan menggunakan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dengan indikator pati 1%. Titik akhir titrasi ditandai dengan hilangnya warna biru. Cara yang sama dilakukan untuk blanko. Bilangan iod ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Bilangan iod} = \frac{(A - B) \times N \times 12.69}{\text{berat sampel}}$$

dimana :

A= mL larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk blanko

B= mL larutan untuk $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk sampel

N= normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

2.4.4.6. Penentuan Bilangan Penyabunan

Sampel metil ester ditimbang sebanyak 0,4 mL NaOH metanolat (dubuant dari 20 gram NaOH dalam 400 mL metanol), dengan menggunakan pipet dan beberapa batu didih. Hubungkan erlenmeyer dengan pendingin tegak dan dididihkan di atas pemanas air selama satu jam. Setelah itu ditambahkan 3 tetes penolptalin ke dalam larutan tersebut



dan titer dengan asam kloroda 0,44 N sampai warna indi kator berubah menjadi warna merah puucat. Cara yang sama dilakukan untuk blangko. Perhitungan bilangan penyabunan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{bilangan penyabunan} = \frac{40 \times T \times (V_0 - V_1)}{m}$$

Dimana :

V_0 = Volume dari llarutan HCL 0,44 N untuk blangko

V_1 = Volume dari larutan HCL 0,44 N untuk sampel

T = Normalitas larutan standar HCL m = Berat contoh dalam gram

2.4.4.7. Penentuan Angka Setana

2.4.4.8. Angka menunjukkan beberapa cepat bahan bakar mesin diesel yang diinjeksikan ke ruang bakar bisa terbakar secara spontan. Penentuan angka setana dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CN = 46,3 + 5458 / SN - 0,255 \times IV$$

Dimana :

CN = bilangan sentana

SN = Bilangan Penyabunan

IV = Bilangan Iod

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penyiapan Minyak Limbah Cair Industri Pengolahan CPO

Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah yang berasal dari kolam penampunagn pertama. Hasil perhitungan rendemen minyak dari limbah cair industri CPO sebesar 44,34%. Dalam penelitian proses pemerasan minyak dilakukan secara manual atau tradisional. Jadi, sisa minyak yang tertinggal ditangan dan kain saring masih cukup banyak. Berdasarkan data ini berarti limbah cair industri pengolahan CPO memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan menjadi metil ester.

Sebelum minyak dikonversikan menjadi metil ester terlebih dahulu minyak di*Bleaching* atau dipucatkan. Pemucatan adalah proses pemurnian untuk menghilangkan zat-zat warna yang tidak disukai dalam minyak. Pemucatan dilakukan dengan mencampur minyak dengan sejumlah kecil absorben. Dalam penelitian ini absorben yang digunakan adalah arang aktif. Pemilihan arang aktif sebagai absorben dikarenakan arang aktif lebih efektif untuk menyerap warna dibandingkan dengan *bleaching clay*, sehingga arang aktif dapat digunakan dalam jumlah yang kecil (Ketaren, 1986). ✓



3.2. Rendemen Metil Ester

Perhitungan asam lemak bebas dari limbah cair mencapai rerata 43,82%. Ini berarti minyak dari limbah CPO mengandung FFA yang tinggi, hal ini disebabkan oleh proses oksidasi yang terjadi pada saat minyak berada dalam kolam ditambah lagi dengan proses pemanasan yang dilakukan pada saat *bleaching*. Hasil preparasi metil ester menunjukkan bahwa penggunaan esterifikasi dua tahap dengan menggunakan katalis natrium hidroksida menghasilkan produk metil ester baik, produk metil ester yang dihasilkan mencapai 86%.

3.3. Uji Kualitas Fisikokimia Metil Ester limbah Cair CPO

Hasil pengujian karakteristik metil ester pada penelitian ini tertera pada tabel berikut :

Tabel 2 Kualitas metil ester dari limbah cair CPO

Parameter	SNI	Nilai
Pemeriksaan Visual	-	-
Titik Pengkabutan	Max 18 °C	13 °C
Titik Gel (<i>Pour point</i>)	Max -2 °C	8 °C
Viskositas (40 °C)	2,3-6,0 cst	12,74 cst
Massa Jenis	0,86-0,90	0,894 gram/cm ³
Bilangan Penyabunan	-	114,26
Bilangan Iod	Max 118	13,44
Angka Setana	Min 41	90,2

Secara umum, sifat fisiko kimia metil ester dari minyak limbah pembuatan CPO mempunyai perbedaan dengan standar SNI untuk minyak diesel/solar, khususnya viskositas. Hal ini mengindikasikan bahwa diperlukan upaya penurunan viskositas untuk penggunaan metil ester tersebut, misalnya dengan mencampurkannya dengan minyak deisel/solar yang ada.

3.4. Pemeriksaan Visual

Tujuan dari pemeriksaan visual adalah untuk mengetahui bentuk dan warna apakah metil ester yang dihasilkan pada saat pengendapan dan pembentukan 2 lapisan yang berbeda (lapisan metil ester dan lapisan gliserol). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa lapisan atas berupa metil ester yang warnanya lebih terang, sedangkan lapisan bawah merupakan campuran gliserol, katalis, dan sisa alkohol. Pembentuknya gel homogen atau sabun (sebagai indikasi tidak terpisahnya metil ester) tidak terjadi.



Berdasarkan penelitian yang dilakukan, minyak yang dikonversikan menjadi metil ester terbentuk 2 lapisan, dimana jumlah lapisan atas 80-90%, akan tetapi warna pada lapisan atas tidak menghasilkan warna yang lebih terang daripada lapisan bawah.

3.5. Titik pengkabutan dan Titik Gelatinasi (*Pour Point*)

Titik pengkabutan metil ester dari limbah cair CPO mempunyai rerata 13 °C. Hal ini memenuhi titik kabut yang harus dimiliki oleh metil ester atau biodiesel, berdasarkan Nasional Biodiesel Standar yang maksimal sebesar 18 °C. Sedangkan Biodiesel membeku atau terbentuk gel mempunyai rerata sebesar 8 °C. Berdasarkan standar ASTM bahwa *pour point* maksimum -2 °C. Semakin rendah nilai *pour point* semakin baik karena mengurangi kecenderungan bahan bakar untuk membeku pada temperatur dingin.

3.6. Viskositas

Viskositas Kinematik metil ester dari limbah cair CPO pada suhu 40 °C memiliki rerata sebesar 12,74 cst sedangkan viskositas minyak nabati sebesar 22,41 cst ini berarti terjadi penurunan sebesar 44,46%. Dari hasil viskositas yang dihasilkan berarti masih jauh di bawah maksimal SNI, dimana seharusnya viskositas Metil Ester pada suhu 40 °C berkisar 2,3-6,0 cst. Tingginya Viskositas yang dihasilkan dalam penelitian ini dikarenakan masih terdapat bahan-bahan organik di dalam metil ester tersebut. Misalnya Protein, Fosfatida, karbohidrat dan senyawa lainnya, senyawa-senyawa tersebut bersifat koloid yang akan meningkatkan Viskositas.

3.7. Massa Jenis

Massa jenis metil ester dari limbah cair CPO mempunyai rerata sebesar 0,894 gram/cm³. menurut Syah (2006) massa jenis dari biodiesel atau metil ester berkisar 0,86-0,90. Sedangkan berdasarkan standar Biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006) *Density* biodiesel atau metil ester berkisar antara 0,84-0,90 gram/cm³. dari hasil ini menunjukkan bahwa massa jenis (*Density*) metil ester dari limbah cair CPO memenuhi standar.

3.8. Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan metil ester dari limbah cair CPO yaitu sebesar 114, 26. penentuan bilangan penyabunan ini digunakan untuk menghitung angka setana

3.9. Bilangan Iod

Bilangan Iod metil ester dari limbah cair CPO sebesar 13,44 sedangkan bilangan Iod metil ester dari SNI sebesar maksimum 114, ini berarti metil ester yang dihasilkan dari limbah cair CPO memiliki derajat ketidakjenuhan yang rendah atau ikatan rangkap yang rendah.



3.10. Angka setana

Dari hasil perhitungan angka setana untuk metil ester dari limbah cair CPO sebesar 90,2 sedangkan angka setana yang diperbolehkan SNI adalah minimum 41, dari hasil ini menunjukkan bahwa metil ester yang dihasilkan akan lebih mudah terbakar, karena angka setana menunjukkan bakat suatu minyak untuk terbakar, dimana apabila angka setana rendah berarti minyak tersebut sulit terbakar, sebaliknya apabila angka setana tinggi berarti minyak tersebut mudah terbakar.

4. KESIMPULAN

- Secara visual metil ester yang diperoleakteristik yang mendukung untuk penggunaan metil ester dari minyak limbah CPO antara lain, warna, titik pengkabutan, dan angka setana.
- Titik pengkabutan tidak berbeda jauh, tetapi pour point metilester lebih tinggi, hingga untuk suhu dibawah 8° akan membuat metil ester mulai membentuk gel, hingga sulit mengalir.
- Viskositas metil ester yang lebih tinggi mengindikasikan diperlukannya pencampuran dengan solar untuk dapat memenuhi viskositas yang dapat digunakan sebagai pengganti solar.
- Diperlukan kajian lebih lanjut penggunaan campuran metilester dan solar sebagai bahan bakar alternatif untuk kebutuhan rumah tangga dan untuk kebutuhan energi untuk transportasi lokal.

DAFTAR PUSATAKA

- Anonim, 2000. **Biodiesel Recipe from New Oil**. University of Idaho.
- Anonim, 2004. **Pengertian Biodiesel**. PT. Kreatif Energi Indonesia. <http://www.Pikiranrakyat.com/cetak/2005/0705/21/cakrawala/penelitian.htm>. (April 2007)
- Chua, NS. 1992. **Optional Utilization of Energy Sources in Palm Oil Processing complex**. *Porim Engineering News*, 25: 3-6
- Dinas perkebunan propinsi Bengkulu. 2006. **Laporan tahunan 2006**. Dinas Perkebunan Provinsi Bengkulu.
- Djazawari, Eri dan M. Nursalim. 1987. **Konversi Stearin Menjadi Bahan Bakar Minyak**. Laporan penelitian teknik kimia, ITB. 61 hal.
- Fold N. 2003. **Oil Palm : Market and Trade**. Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit - Sapi. 19 : 11-13
- Haryati, T. dan O. Siswanto. 1992. **Epoksidasi Metil Ester Asam Lemak Dari Fraksi Olein**. *Menara Perkebunan*, vol. 60 (3) : 90-94.



- ✓ Kac, A. 2001. *The Foolproof way to make Biodiesel*, keith@journeytoforever.org. April 2007.
- ✓ Ketaren, S., 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak*, Universitas Indonesia Press; Jakarta.
- ✓ Oxford, 1994. *Kamus Lengkap Fisika*, Jakarta, Erlangga.
- ✓ Sadi, S. 1993. *Minyak Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternatif Diesel Dalam Laporan Hasil Pertanian*, Proyek ARMP tahun 1992/1993, hal : 70-76.