

541.36  
SIL  
E 4

PENELITIAN DASAR



## LAPORAN KEGIATAN

# **Eksperimen dan Pemodelan Keseimbangan Fasa Proses Ekstraksi Asam Lemak Bebas dari Crude Palm Oil dengan Pelarut Metanol**

Oleh:

**SILVIANA, ST.MT**

**IR.NUR ROKHATI, MT**

**AJI PRASETYANINGRUM, ST MT**

---

Dibiayai Oleh Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi,  
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, sesuai dengan  
Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Dasar  
Nomor : 68/P2IPT/DPPM/PID/III/2004 tanggal 1 (satu) Bulan Maret tahun 2004.

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
NOPEMBER, 2004**

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR  
HASIL PENELITIAN DASAR**

---

1. Judul Penelitian :

**Eksperimen dan Pemodelan Kesetimbangan Fasa Proses Ekstraksi Asam Lemak Bebas dari Crude Palm Oil dengan Pelarut Metanol**

2. Ketua Peneliti:

a. Nama Lengkap dan Gelar	: Silviana, ST.MT
b. Jenis Kelamin	: P
c. Pangkat/Golongan/NIP	: Penata Muda/IIIa
d. Jabatan Fungsional	: Asisten Ahli
e. Fakultas/Jurusan	: Teknik / Kimia
f. Universitas/Akademi/Sekolah Tinggi	: Universitas Diponegoro
g. Pusat Penelitian	: -

3. Jumlah Tim Peneliti : 2 orang

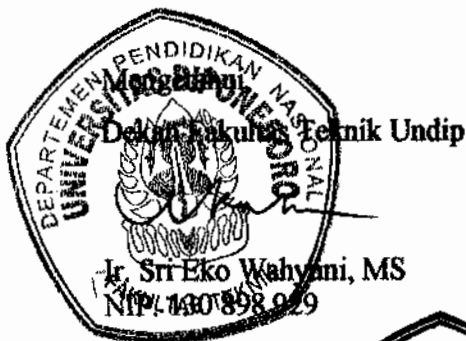
4. Lokasi Penelitian : Jurusan Teknik Kimia, FT Undip

5. Kerja sama dengan institusi lain :

a. Nama Instansi	: -
b. Alamat	: -

6. Masa Penelitian : 9 bulan

7. Biaya yang diperlukan : Rp. 15.000.000,00  
(Lima belas juta rupiah)



Semarang, 1 Nopember 2004

Ketua Peneliti,

Silviana, ST. MT  
NIP. 132 281 751



Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian

Iri. Dwi Ign. Riwanto, Sp. Bd.  
NIP. 130 529 454

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daff: 614/KI/FT/01

## RINGKASAN

### EKSPERIMEN DAN PEMODELAN KESETIMBANGAN FASA PROSES EKSTRAKSI ASAM LEMAK BEBAS DARI CRUDE PALM OIL DENGAN PELARUT METANOL

Silviana, Nur Rokhati, Aji Prasetyaningrum  
(2004, 44)

#### 1. Permasalahan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian fundamental untuk menerapkan teori termodinamika guna menghasilkan koefisien aktifitas, faktor separasi, dan komposisi kesetimbangan pada proses ekstraksi asam lemak bebas dengan metanol. Perancangan dan evaluasi proses ekstraksi, maka diperlukan perhitungan model matematik kesetimbangan cair-cair, perhitungan jumlah tahap dan kebutuhan pelarut. Perhitungan model kesetimbangan cair-cair dapat dikatakan handal, jika model matematik kesetimbangan cair-cair dikembangkan berdasarkan teori-teori termodinamika

#### 2. Tujuan Penelitian

Secara khusus, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengukur data kesetimbangan cair-cair sistem minyak nabati-asam lemak bebas-metanol untuk memperoleh koefisien distribusi dan faktor separasi.
2. Mengkaji perhitungan model CPO komposisi kesetimbangan cair-cair yang didasarkan pada teori termodinamika dengan menggunakan metode UNIFAC.
3. Menghitung jumlah tahap dan kebutuhan pelarut minimum dalam proses ekstraksi asam lemak bebas dengan pelarut metanol hingga berkadar 0,5% berat.

#### 3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama berupa pengukuran data kesetimbangan cair-cair dan tie line di laboratorium dengan menggunakan alat kesetimbangan pada temperatur 40 – 50 °C. Data tie line dikorelasikan dengan persamaan Othmer Tobias. Pada tahap kedua dilakukan perhitungan kesetimbangan cair-cair menggunakan model CPO dengan metode UNIFAC. Deviasi antara data perhitungan terhadap data eksperimen dilakukan dengan jalan

interpolasi data komposisi perhitungan untuk menghasilkan data yang sama dengan data eksperimen. Tahap ketiga dilakukan perhitungan jumlah tahap dan kebutuhan pelarut minimum yang diperlukan untuk mengekstrak asam lemak bebas dengan metanol secara komputasi dengan dasar perhitungan ekstraksi multi tahap berlawanan arah.

#### **4. Hasil dan Kesimpulan**

1. Diperolehnya data kesetimbangan cair-cair sistem minyak nabati-asam lemak bebas-metanol dengan suhu optimum pada 50°C dengan ditunjukkan koefisien distribusi rata-rata sebesar 1,65 dan faktor separasi 18,27.
2. Model CPO yang memberikan deviasi terendah adalah model A(versi IV) dengan persentasi kesalahan sebesar 56,72% (VLE) dan model B dan D (versi I) dengan persentasi kesalahan sebesar 52,4% (LLE).
3. Jumlah tahap yang diperlukan adalah 4(empat) buah untuk dapat menurunkan kadar asam lemak bebas hingga 0,5% berat dengan kebutuhan pelarut minimum sebesar 197 kg/jam dengan umpan sebesar 1000 kg/jam.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Perguruan Tinggi Universitas Diponegoro  
No. Kontrak: Nomor 68/P2IPT/DPPM/PID/III/2004 Tanggal 1 (satu) Bulan Maret  
tahun 2004

## SUMMARY

### PHASE EQUILIBRIUM MODELLING AND EXPERIMENT OF FREE FATTY ACID EXTRACTION PROCESS FROM CRUDE PALM OIL WITH METHANOL

Silviana, Nur Rokhati, Aji Prasetyaningrum  
(2004, 44)

#### 1. Research Problem

This is a fundamental research that conducting thermodynamimc theory for determining activity coefficient, separation factor, and equilibrium composition in free fatty acid extraction process with methanol. For design and process evaluation were needed the calculation of mathematic model for liquid-liquid equilibrium, number of stages calculation, and solvent necessity. Calculation of liquid-liquid equilibrium model was reliable if it was developed based on thermodynamic theory.

#### 2. Research Objectives

The goals of this research are:

1. To measure liquid-liquid equilibrium of Crude Palm Oil-Oleic Acid-Methanol system to obtain optimum temperature with distributionn coefficient and separation factor.
2. To study calculation of CPO model on liquid-liquid equilibrium composition which based on thermodynamic theory using UNIFAC method.
3. To calculate number of stages and solvent necessity minimum in free fatty acid extraction process with methanol.

#### 3. Research Method

The research was conducting in three sections. In first section, it was measurement liquid-liquid equilibrium data and tie line composition using equilibrium device (Smith Bonner Cell) at 40°C - 50°C. Tie line data were correlated with Othmer Tobias equation. In second section, it was conducted calculation of liquid-liquid equilibrium using CPO mathematic model with UNIFAC method. Reliability UNIFAC method in this system was showed by deviation betwen measurement equilibrium data and its calculation. The last

section, to calculate number of stages and minimum solvent necessity by computation based on counter current multi stages extraction.

## **5. Result and Conclusion**

1. Obtaining liquid-liquid equilibrium data of CPO-Oleic Acid-Methanol system with optimum temperature at 50°C and mean distribution coefficient 1,65 respectively and separation process about 18,27.
2. CPO model which have minimum deviation is model A (fourth version) with deviation value about 56,72% (with VLE parameter) and model B and D (first version) with deviation value about 52,4% (LLE parameter).
3. Number of stages which was required is one stage to decrease free fatty acid content until 0,5% weight with minimum solvent necessity are 4 stages with 197 kg/h solvent demand (feed basis 1000 kg/h).

Chemical Engineering Department, Faculty of Technic, Diponegoro University

No. Kontrak: Nomor 68/P2IPT/DPPM/PID/III/2004 Date: 1 , Month: March, Year: 20004

## PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur Kepada Allah SWT. Atas limpahan rahmat dan ridloNya kami mampu menyelesaikan penelitian ini denan tepat waktu. Adapun tema Penelitian Dasar ini dengan tema Eksperimen dan Pemodelan Kesetimbangan Fasa Proses Ekstraksi Asam Lemak Bebas dari Crude Palm Oil dengan Pelarut Metanol merupakan penelitian lanjut dari penelitian penulis (Silviana, ST.MT )pada tahun 2000. Pada dasarnya penelitian ini lebih difokuskan pada tahap perhitungan berupa penyelesaian persamaan-persamaan non linier untuk melihat kemampuan metode UNIFAC dan perhitungan jumlah stage secara komputasi. Secara keseluruhan penelitian yang berupa pengukuran (eksperimen) ini dilaksanakan di Laboratorium Penelitian di Jurusan Teknik Kimia Undip yang berlangsung selama kurang lebih 6 (enam) bulan kemudian dilanjutkan tahap perhitungan dengan menggunakan komputer dan pengolahan data secara keseluruhan.

Penulis berharap laporan kegiatan penelitian ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi khalayak dunia penelitian dan industri tentunya.

Penulis

## DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 2.1	Asam lemak utama dalam minyak nabati	2
Tabel 2.2	Kelarutan asam lemak dalam metanol	10
Tabel 4.1	Parameter R dan parameter Q	26
Tabel 4.2	Parameter interaksi grup-grup VLE ( $a_{mn}$ , dalam Kelvin)	26
Tabel 4.3	Parameter interaksi grup-grup LLE ( $a_{mn}$ , dalam Kelvin)	27
Tabel 5.1	Hasil pengukuran komposisi jenuh sistem aseton-air-benzen pada $T= 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $45\text{ }^{\circ}\text{C}$	34
Tabel 5.2	Komposisi Tie Line, D, dan S pada $40\text{ }^{\circ}\text{C}$	34
Tabel 5.3	Komposisi Tie Line, D, dan S pada $45\text{ }^{\circ}\text{C}$	35
Tabel 5.4	Komposisi Tie Line, D, dan S pada $45\text{ }^{\circ}\text{C}$	35
Tabel 5.5	Konstanta Persamaan Othmer-Tobias sistem CPO-Asam Oleat-MeOH	38
Tabel 5.6	Deviasi data prediksi UNIFAC dengan Model CPO Parameter VLE	40
Tabel 5.7	Deviasi data prediksi UNIFAC dengan Model CPO Parameter LLE	40
Tabel L.1	Model A Sistem Oleopalmitostearin (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (VERSI I)	47
Tabel L.2	Model A Sistem Oleopalmitostearin (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (VERSI II)	47
Tabel L.3	Model A Sistem Oleopalmitostearin (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (VERSI III)	47
Tabel L.4	Model A Sistem Oleopalmitostearin (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (VERSI IV)	48
Tabel L.5	Model B Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi I)	48
Tabel L.6	Model B Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi II)	48
Tabel L.7	Model B Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi III)	48
Tabel L.8	Model B Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi IV)	49
Tabel L.9	Model C Sistem Oleostearatoolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi I)	49
Tabel L.10	Model C Sistem Oleostearatoolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi II)	49
Tabel L.11	Model C Sistem Oleostearatoolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi III)	49



Tabel L.12	Model C Sistem Oleostearatoolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi IV)	50
Tabel L.13	Model D Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi I)	50
Tabel L.14	Model D Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi II)	50
Tabel L.15	Model D Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi III)	50
Tabel L.16	Model D Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi IV)	51
Tabel L.17	Model E Sistem Oleodistearin (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi I)	51
Tabel L.18	Model E Sistem Oleodistearin (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi II)	51
Tabel L.19	Model E Sistem Oleodistearin (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi III)	51
Tabel L.20	Model E Sistem Oleodistearin (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) VLE (Versi IV)	52
Tabel L.21	Model A Sistem Oleostearatoolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) LLE (Versi I)	52
Tabel L.22	Model A Sistem Oleostearatoolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) LLE (Versi II)	52
Tabel L.23	Model B Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) LLE (Versi I)	52
Tabel L.24	Model B Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) LLE (Versi II)	53
Tabel L.25	Model C Sistem Oleostearatoolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) LLE (Versi I)	53
Tabel L.26	Model C Sistem Oleostearatoolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) LLE (Versi II)	53
Tabel L.27	Model D Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) LLE (Versi I)	53
Tabel L.28	Model D Sistem Triolein (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) LLE (Versi II)	54
Tabel L.29	Model E Sistem Oleodistearin (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) LLE (Versi I)	54
Tabel L.30	Model E Sistem Oleodistearin (1) / Asam Oleat (2) / Metanol (3) LLE (Versi II)	54
Tabel L.31	Parameter Interaksi Group Group VLE ( Versi I & III )	54
Tabel L.32	Parameter Interaksi Group Group VLE ( Versi II & IV )	55
Tabel L.33	Parameter Interaksi Group Group LLE ( Versi I & II )	55

## DAFTAR GAMBAR

	Hal	
Gambar 2.1	Diagram terner tipe I, pada tekanan dan temperatur tertentu.	8
Gambar 2.2	Diagram terner tipe II, pada tekanan dan temperatur tertentu.	9
Gambar 2.3	Kurva Kelarutan Asam Oleat vs Temperatur	10
Gambar 2.4	Pengaruh Temperatur pada Kurva Binodal	11
Gambar 2.5	Skema sederhana ekstraksi satu tahap (Single stage)	13
Gambar 2.6	Profil komposisi dalam diagram terner	14
Gambar 2.7	Skema proses ekstraksi multi tahap searah	15
Gambar 2.8	Skema proses ekstraksi multi tahap berlawanan arah	15
Gambar 2.9	Ekstraksi multi tahap berlawanan arah	16
Gambar 2.10	Perhitungan pelarut minimum ekstraksi multi tahap berlawanan arah	17
Gambar 4.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian	20
Gambar 4.2	Rangkaian Alat Percobaan	22
Gambar 4.3	Profil Titrasi Diagram Terner	23
Gambar 4.4	Algoritma perhitungan komposisi kesetimbangan cair-cair	29
Gambar 5.1	Kurva binodal sistem aseton-air-benzen pada temperatur 30 °C	33
Gambar 5.2	Kurva binodal sistem aseton-air-benzen pada temperatur 45 °C	33
Gambar 5.3	Plot Koefisien distribusi asam oleat vs fraksi berat asam oleat dalam fasa rafinat ( $D_2$ vs $w_{21}$ )	35
Gambar 5.4	Plot Faktor separasi vs fraksi berat asam oleat dalam fasa rafinat ( $S$ vs $w_{21}$ )	36
Gambar 5.5	Diagram Terner Sistem CPO-Asam Oleat-MeOH	36
Gambar 5.6	Tie Line 40 C	37
Gambar 5.7	Tie Line 45 C	37
Gambar 5.8	Tie Line 50 C	37
Gambar 5.9	Plot Othmer – Tobias pada 40 C	38
Gambar 5.10	Plot Othmer – Tobias pada 45 C	39
Gambar 5.11	Plot Othmer – Tobias pada 50 C	39

Gambar 5.12	Diagram selektivitas pada temperatur eksperimen	41
Gambar L.3.1	Dokumentasi Percobaan	56
Gambar L.5.1	Keluaran Program untuk Data Keseimbangan	61
Gambar L.5.2	Keluaran Program Perhitungan Jumlah Tahap	61
Gambar L.5.3	Keluaran Program Hasil perhitungan Jumlah Tahap dan Pelarut Minimum	62

## DAFTAR LAMPIRAN

		Hal
Lampiran 1	Karakteristik bahan	45
Lampiran 2	Grup sekunder dan parameter interaksi	47
Lampiran 3	Dokumentasi	56
Lampiran 4	Program perhitungan komposisi kesetimbangan	57
Lampiran 5	Hasil Keluaran Program perhitungan jumlah tahap dan Kebutuhan Pelarut Minimum	61
Lampiran 6	Biodata peneliti	63

# BAB I

## PENDAHULUAN

Industri minyak nabati dan industri oleokimia dapat dihubungkan melalui dua jalan, yaitu konversi minyak nabati menjadi metil ester asam lemak dan konversi minyak nabati menjadi asam lemak. Produksi utama minyak yang dapat digolongkan dalam oleokimia dasar (*basic oleochemicals*) adalah asam lemak, metil ester asam lemak, lemak alkohol, asam amino, dan gliserin.

Minyak nabati umumnya mengandung 5–8% berat asam lemak bebas. Pasaran dunia mensyaratkan maksimum 4% berat [Setiadi, 1999] dan Standar Nasional Indonesia maksimum 5% berat [SNI, 1992]. Untuk menghindari deaktivasi katalis dalam proses konversi minyak nabati menjadi metil ester asam lemak, asam lemak bebas dalam minyak nabati harus disingkirkan lebih dahulu hingga mencapai kadar 0,5% berat. Salah satu cara yang dipilih adalah ekstraksi asam lemak bebas dengan pelarut tertentu.

Penelitian ini merupakan penelitian fundamental untuk menerapkan teori termodinamika guna menghasilkan koefisien aktifitas dan komposisi kesetimbangan. Selain itu, juga untuk mengetahui kemampuan pelarut yang digunakan dalam mengambil asam lemak bebas dalam minyak nabati dan untuk mengetahui kondisi operasi proses ekstraksi asam lemak bebas pada CPO.

Penelitian dilakukan dalam dua tahap berupa pengukuran (eksperimen) untuk menghasilkan data kesetimbangan fasa dan tahap pemodelan dengan komputasi menggunakan metode UNIFAC untuk menghasilkan data kesetimbangan fasa juga.

Keberhasilan alternatif ini sangat tergantung pada kemampuan pelarut melarutkan asam lemak bebas dalam minyak nabati. Sehubungan dengan hal tersebut, pengukuran data kesetimbangan cair-cair sistem terner perlu dilakukan. Sebagai tambahan, untuk perancangan dan evaluasi proses ekstraksi, maka diperlukan perhitungan model matematik kesetimbangan cair-cair, perhitungan jumlah tahap dan kebutuhan pelarut. Perhitungan model kesetimbangan cair-cair dapat dikatakan handal, jika model matematik kesetimbangan cair-cair dikembangkan berdasarkan teori-teori termodinamika.