



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

PROGRAM PASCASARJANA

Jl. Padang Selasa No. 524, Bukit Besar Palembang 30139

Telp. (0711) 352132-354222, Fax. (0711) 317202, 320310

Email: ppsunsri@mail.ppsunsri.ac.id Homepage: www.pps.unsri.ac.id

**KEPUTUSAN
DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NOMOR : 007.20/H9.1.10/DT/2010**

tentang

**PENGANGKATAN PROMOTOR DAN CO-PROMOTOR MAHASISWA
PROGRAM DOKTOR (S3) BIDANG ILMU-ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA


- Memperhatikan : Surat Permohonan Ketua Program Studi Doktor (S3) Bidang Ilmu-ilmu Lingkungan nomor 073.20/H9.1.10/PSPL-3/2009 tanggal 31 Desember 2009 tentang permohonan pembuatan SK pembimbing disertasi.
- Menimbang : a. Bahwa dalam rangka pelaksanaan kegiatan pembelajaran dan pembimbingan mahasiswa perlu dibimbing dan diarahkan sesuai dengan bidang ilmu, sehubungan dengan itu maka perlu ditetapkan dan ditugaskan dosen untuk pembimbingnya.
b. Bahwa sehubungan dengan butir a diatas perlu diterbitkan Keputusan sebagai pedoman dan landasan hukumnya.
- Mengingat : 1. Undang-undang No. 20 tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Peraturan Pemerintah No. 60 tahun 1999, tentang Pendidikan Tinggi;
3. Keputusan Presiden RI No. 105/M tahun 2007 tanggal 23 Oktober 2007, tentang Pengangkatan Rektor Unsri;
4. Keputusan Mendikbud RI No. 232/U/2000, tentang Penyusunan Kurikulum Pendidikan Tinggi dan Hasil Belajar Mahasiswa;
5. SK Dirjen Dikti No. 3750/D/T/K-N/2009, tentang Perpanjangan Ijin Penyelenggaraan Program Studi;
6. Keputusan Rektor Unsri No. 104/H9/KP/2008, tentang Pengangkatan Direktur PPs Unsri Periode 2008-2012.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan Pertama : Menunjuk Promotor dan Co-Promotor mahasiswa Program Doktor (S3) Bidang Ilmu-ilmu Lingkungan sebagai berikut:

NAMA/NIM	NAMA DOSEN	
Hasanudin 20083002004	Promotor	Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Saïd, M.Sc.
	Co-Promotor I	Dr. Ir. M. Faizal, DEA.
	Co-Promotor II	Dr. Ir. M. Hatta Dahlan, M.Eng.
	Co-Promotor II	Prof. Dr. Karna Wijaya, M.Eng.

- Kedua : Segala biaya yang mungkin timbul sebagai akibat dari penetapan keputusan ini, dibebankan kepada anggaran yang disediakan oleh PPs Unsri.
- Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan segala sesuatu akan diubah dan/atau diperbaiki sebagaimana mestinya apabila ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di : Palembang
Pada tanggal : 4 Januari 2010
Direktur,

Prof. Dr. dr. H.M.T. Kamaluddin, M.Sc., SpFK.
NIP 19520930 198201 1 001

- Tembusan :
1. Rektor (sebagai laporan)
 2. Para Asdir
 3. Ketua Program Doktor (S3) Ilmu-ilmu Lingkungan
 4. Promotor dan Co-Promotor
 5. Yang bersangkutan

**PERENKAHAN HIDRO LEMAK HASIL RECOVERY DARI SLUDGE
LIMBAH INDUSTRI CPO MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK
DENGAN KATALIS Ni/Mo-MONMORILONIT TERPILAR ZrO₂**

DISERTASI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Doktor (Dr.)
pada
Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana
Universitas Sriwijaya**

**Oleh:
HASANUDIN
NIM 20083002004**



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NOVEMBER 2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Disertasi : Perengkahan Hidro Lemak Hasil *Recovery* dari *Sludge* Limbah Industri CPO Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Katalis Ni/Mo-Monmorilonit Terpilar ZrO₂

Nama Mahasiswa : Hasanudin
NIM : 20083002004
Program Studi : Ilmu-Ilmu Lingkungan
Bidang Kajian Umum : Agri-Industri-Energi

MENYETUJUI


Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc.
Promotor



Dr. Ir. M. Faizal, DEA.
Co-Promotor I



Dr. Ir. M. Hatta Dahlan, M.Eng.
Co-Promotor II




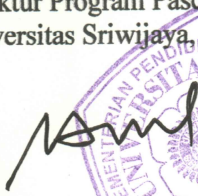
Prof. Dr. Karna Wijaya, M.Eng.
Co-Promotor III



MENGETAHUI

Palembang, November 2013

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Hilda Zulkifli, M.Si., DEA.
NIP. 195304141979032001

Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan



Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.
NIP. 196211221991021001



**BUKTI TELAH MEMPERBAIKI DISERTASI HASIL UJIAN
MAHASISWA PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

No	Nama Komisi Penguji	Jabatan Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, M.Sc.	Promotor		28/10 2013
2	Dr. Ir. M. Faizal, DEA	Co-Promotor I		30/10 2013
3	Dr. Ir. M. Hatta Dahlan, M.Eng.	Co-Promotor II		29/10 2013
4	Prof. Dr. Karna Wijaya, M.Eng.	Co-Promotor III		29/10 2013
5	Dr. Ir. Dwi Putro Priadi, M.Sc.	Anggota		8/11-13
6	Dr. Ir. Susila Arita, DEA.	Anggota		29/10 2013
7	Dr. Ir. Marsi, M.Sc.	Anggota		30/10 2013
8	Prof. Dra. Wega Trisunaryati, M.S., M.Eng., Ph.D.	Dosen Tamu		29/10 2013

Menerangkan bahwa :

Nama : Hasanudin
NIM : 20083002004
Program Studi : Ilmu Lingkungan
Judul Disertasi : Perengkahan Hidro Lemak Hasil *Recovery* dari *Sludge* Limbah Industri CPO menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Katalis Ni/ Mo – Monmorilonit Terpilat ZrO₂

Telah memperbaiki Disertasi hasil ujian

Palembang, Oktober 2013
Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan,

Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.
NIP. 196211221991021001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hasanudin
NIM : 20083002004
Program Studi : Ilmu Lingkungan
BKU : Agri-Industri-Energi
Judul Disertasi : Perengkahan Hidro Lemak Hasil *Recovery* dari *Sludge*
Limbah Industri *CPO* Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan
Katalis Ni/Mo-Monmorilonit Terpillar ZrO_2

Menyatakan bahwa disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi baik di Indonesia maupun di luar negeri.

Semua informasi yang dimuat dalam disertasi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasi maupun tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi disertasi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Palembang, 1 November 2013

METERAI
TEMPIL



UIN DEBANG 191074236

Hasanudin

Hasanudin

NIM. 20083002004

ABSTRAK

Pemanfaatan sumberdaya energy sering kali diikuti oleh bertambahnya beban lingkungan. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah mencari sumber energi alternatif yang memungkinkan beban lingkungan dapat dikurangi. Sumber daya alam di Indonesia dan potensial sebagai sumber energi yang dimaksud adalah adalah limbah *sludge* industri *crude palm oil* (CPO). Dalam rangka mencari sumber energi alternatif dan upaya untuk mengatasi masalah lingkungan akibat kegiatan industri maka penelitian **Perengkahan Hidro Lemak Hasil *Recovery* dari *Sludge* Limbah Industri CPO Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Katalis Ni/Mo-Monmorilonit Terpillar ZrO_2** ini dilakukan.

Pemanfaatan *Sludge* limbah industri CPO menjadi bahan bakar minyak memerlukan pengolahan lebih lanjut. Pengolahan ini dilakukan melalui tahapan *recovery* lemak dari *sludge* industri CPO dengan metode ekstraksi sokletasi menggunakan pelarut organik. Hasil optimasi proses ekstraksi yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan pelarut destilat premium menunjukkan hasil ekstraksi yang lebih baik dibanding pelarut n-heksan, dan petroleum benzen. Berdasarkan penelitian tersebut disimpulkan bahwa kadar lemak dalam *sludge* industri CPO masih cukup tinggi yaitu lebih dari 60% (berat kering). Tahap berikutnya adalah preparasi katalis Ni/Mo-monmorilonit terpillar ZrO_2 menggunakan metode pilarisasi monmorilonit dengan ZrO_2 kemudian dilanjutkan dengan penyisipan logam Ni dan Mo pada monmorilonit terpillar ZrO_2 . Tahap akhir penelitian ini adalah penggunaan katalis yang telah dipreparasi untuk proses perengkahan hidro lemak dari *sludge* industri CPO menjadi bahan bakar minyak fraksi bensin. Dilihat dari hasil penelusuran literatur, ada empat kebaruan dari penelitian ini yaitu: (1) penggunaan destilat premium untuk *recovery* residu minyak dan lemak dari *sludge* Industri CPO, (2) aplikasi katalis Ni/Mo-

monmorilonit terpillar ZrO_2 untuk mengkatalisis reaksi perengkahan hidro lemak hasil *recovery* dari *sludge* industri CPO, (3) persamaan model optimasi perengkahan hidro lemak hasil *recovery* dari *sludge* industri kelapa sawit dengan menggunakan katalis Ni/Mo-monmorilonit terpillar ZrO_2 , (4) model kinetika perengkahan hidro lemak hasil *recovery* dari *sludge* limbah industri CPO dengan katalis Ni/Mo-monmorilonit terpillar ZrO_2 .

Perengkahan hidro lemak dari *sludge* industri CPO dengan katalis Ni/Mo-monmorilonit terpillar ZrO_2 menghasilkan produk gas, coke dan minyak yang terdiri dari fraksi bensin, kerosen dan solar. Kondisi optimum perengkahan hidro lemak dari *sludge* industri CPO dengan katalis Ni/Mo-monmorilonit terpillar ZrO_2 pada suhu perengkahan hidro 738 K, waktu kontak 0,2 jam dan rasio katalis terhadap umpan lemak 0,08 dengan konversi sebesar 81,96%, produk minyak 53,29%, rendemen bensin 21,45%, gas dan coke masing-masing sebanyak 21,25% dan 5,90%. Sementara itu, hasil studi kinetika menunjukkan bahwa model reaksi 4-*lump* dan 6-*lump* dapat digunakan untuk menjelaskan kinetika reaksi perengkahan hidro lemak hasil *recovery* dari *sludge* industri CPO dengan katalis Ni/Mo-monmorilonit terpillar ZrO_2 . Model reaksi 4-*lump* menghasilkan 5 konstanta laju perengkahan hidro dan model reaksi 6-*lump* menghasilkan 14 konstanta laju perengkahan hidro.

Katakunci: Perengkahan hidro, katalis, monmorilonit, *sludge*, kinetika *lump*

ABSTRACT

Energy resource utilization is often followed by increased in environmental burden. One solution to overcome this problem is to look for alternative energy resources that allow the burden can be reduced. One of Indonesia's natural resources and potential as energy resource is sludge from crude palm oil (CPO) industry waste. In order to look for alternative energy resources along with efforts to overcome the environmental problems caused by industrial activities then the research about fat hydrocracking from CPO industry waste sludge over Ni/Mo-ZrO₂ pillared montmorillonite catalyst to biofuel was done.

Utilization of CPO industrial waste sludge require further processing to make it into biofuel. These processing was done through the stages of fat recovery from CPO industry waste sludge with soxhlet extraction method using organic solvents. Soxhlet extraction process optimization have shown that the use of distilled gasoline solvent for soxhlet extraction showed better result than the n-hexane and petroleum benzene. Based on these studies is result the fat levels in the CPO industry waste sludge is still quite high at more than 60% (dry weight). The next stage was the preparation of the Ni/Mo-ZrO₂ pillared montmorillonite catalyst using modified montmorillonite with ZrO₂ pillarization method followed by the insertion of metal Ni and Mo into ZrO₂ pillared montmorillonite. The final stage of this research is the use of catalyst which were prepared for fat hydrocracking process into biofuel consist mainly gasoline fractions. Viewed from results of the literature search, there are four novelty of this research: (1) Utilization of gasoline distillate for the recovery of oil and fat residue from sludge of palm oil industry, (2) application of the catalyst Ni/ Mo -ZrO₂ pillared montmorillonite to catalyze fat residu hydrocracking to

produce biofuel (3) optimization model of fat residue hydrocracking and (4) kinetics model of fat residue hydrocracking by using Ni/ Mo -ZrO₂ pillared montmorillonite catalyst.

Fat residue hydrocracking from palm oil industry waste over Ni/Mo-ZrO₂ pillared montmorillonite catalyst produced gas, coke and oil fraction comprising gasoline, kerosene and diesel oil. The optimum conditions obtained at hydrocracking temperature of 738 K, contact time of 0.2 hours and a catalyst to feed ratio of 0.08 with the conversion of fats 81.96% ; petroleum products 53.29% and 21.45% yield of gasoline, gas and coke respectively 21.25% and 5.90%. Meanwhile, the study result showed that the model reaction kinetics of 4-lump and 6-lump can be used to describe the reaction kinetics of fat hydrocracking over Ni/Mo-ZrO₂ pillared montmorillonite catalyst. 4-lump reaction model obtained 5 (five) rate constants and 6-lump reaction model obtained 14 (fourteen) rate constants.

Keywords: hydrocracking, catalyst, montmorillonite, sludge, lump kinetic

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga disertasi ini dapat diselesaikan. Disertasi dengan judul *Perengkahan Hidro Lemak Hasil Recovery dari Sludge Limbah Industri CPO Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Katalis Ni/Mo-Monmorilonit Terpilas ZrO_2* disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor (Dr.) pada Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.

Disertasi ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan khususnya dalam pengelolaan limbah industri kelapa sawit dalam pemenuhan sumber energi alternatif. Penulis menyadari sepenuhnya, mulai dari awal penelitian hingga dapat di susun dalam bentuk disertasi ini telah banyak mendapat bantuan baik moril maupun materiil dari semua pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih terutama kepada Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc. selaku Promotor, Bapak Dr. Ir. M. Faizal DEA selaku Co-Promotor I, Bapak Dr. Ir. Muhammad Hatta Dahlan, M.Eng selaku Co-Promotor II dan Bapak Prof. Dr. Rer. Nat. Karna Wijaya, M. Eng selaku Co-Promotor III yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama penelitian dan penyusunan disertasi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama ini, terutama :

1. Bapak Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya yang memberikan bimbingan dan kemudahan dalam proses perkuliahan.
2. Bapak dan ibu dosen yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama penulis menempuh perkuliahan di Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.

3. Bapak Dr. Suheryanto, M.Si selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA UNSRI, yang selalu memberikan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian dan disertasi ini.
4. Seluruh pegawai di lingkungan Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya yang telah memberikan kelancaran dalam proses perkuliahan.
5. Mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Universitas sriwijaya yang telah membantu penulis selama penelitian disertasi ini.
6. Semua pihak yang terlibat dan membantu penulis mulai dari awal perkuliahan, penelitian hingga disusunnya disertasi ini.

Terima kasih buat semuanya, hanya do'a kepada Allah SWT yang bisa disampaikan, semoga Allah SWT membalas budi baik semuanya.

Penulis menyadari bahwa atas keterbatasan ilmu yang penulis miliki, penulisan disertasi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis menghargai atas saran dan kritik dari pembaca untuk kesempurnaan disertasi ini. Dengan segala keterbatasan tersebut, semoga disertasi ini masih bisa bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, November 2013

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Talang Balai pada tanggal 15 Mei 1972 sebagai anak ke delapan dari sembilan bersaudara dari Bapak H. Ghazali Dani dan Hj. Masri'ah. Penulis menamatkan pendidikan di SD Negeri 3 Talang Balai pada tahun 1984. Lulus SMP Negeri Talang Balai pada tahun 1987 dan SMA Negeri 1 Tanjung Raja tahun 1990. Penulis melanjutkan pendidikan strata satu di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya tahun 1990 dan tamat tahun 1995. Pada tahun 1999 penulis melanjutkan pendidikan strata dua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada dan tamat tahun 2001. Pada tahun 2008, Penulis melanjutkan pendidikan strata tiga di Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya Program Studi Ilmu lingkungan dengan bidang kajian utama (BKU) Agri-Industri-Energi.

Selama menempuh pendidikan S3 Ilmu Lingkungan di Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya, penulis telah menghasilkan karya tulis:

1. Seminar Internasional : "Hydrocracking of oil residue from palm oil mill effluent to biofuel", 2012 International Conference on Sustainable Environmental Technologies (ICST), 26-27 April 2012, Bangkok, Thailand.
2. Jurnal Internasional : "Hydrocracking of oil residue from palm oil mill effluent to biofuel", Journal of Sustainable Environment Research 2012, Vol. 22, No. 6, 395-400.
3. Seminar Internasional : Effect of Temperature and Catalyst to Feed Ratio on Production Biofuel from Fatty Acid of Palm Oil Industrial Sludge Hydrocracking", 2013 International Conference on Alternative Energy Ni Developing Countries and Emerging Economies, Bangkok, Thailand, 30-31 May 2013.

Palembang, November 2013

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan Komisis Penguji	iii
Pernyataan Keaslian Karya Ilmiah	iv
Abstrak	v
Abstract	vii
Kata pengantar	ix
Riwayat Hiddup	xi
Daftar Isi	xii
Daftar Tabel	xv
Daftar Gambar	xvi
Daftar Lampiran	xix
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	7
D. Kerangka Pikir Penelitian	8
1. Pengolahan Limbah	8
2. Pengembangan Katalis	9
3. Pemanfaatan Limbah	10
E. Hipotesa	10
F. Definisi dan Simbol	13
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	17
A. Limbah Industri Kelapa Sawit	17
B. Monmorilonit dan Monmorilonit Terpilar	22
C. Katalis dan Deaktifasi Katalis	26
D. Perengkahan Minyak Nabati	32
1. Perengkahan Panas Minyak Nabati	33
2. Perengkahan Katalitik Minyak Nabati	36

E. Model <i>Lump</i> Persamaan Reaksi Perengkahan	40
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	46
A. Waktu dan Tempat	46
B. Alat dan Bahan	46
C. Cara Kerja	46
1. Pengambilan Sample <i>Sludge</i> di PT. Sriwijaya Palm Oil	48
2. Ekstraksi Lemak dari <i>Sludge</i> Limbah Industri CPO	48
3. Analisa Kadar Asam Lemak dalam Lemak dengan AOAC	49
4. Analisa Kadar Asam Lemak Bebas dalam Lemak	49
5. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Ni/Mo - Monmorilonit Terpilar ZrO ₂ ..	50
6. Karakterisasi Katalis	52
7. Perengkahan Lemak Hasil <i>Recovery</i> dari <i>Sludge</i> Industri CPO	53
8. Optimasi Proses Perengkahan Hidro	56
9. Identifikasi Parameter Kinetika Menggunakan Perangkat Lunak Matlab ..	58
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	61
A. Hasil <i>Recovery</i> Lemak dari <i>Sludge</i> Industri CPO	61
B. Hasil Preparasi dan Karakterisasi Monmorilonit Terpilar ZrO ₂	64
C. Hasil Preparasi dan Karakterisasi Katalis Ni/Mo-Monmorilonit Terpilar ZrO ₂	69
D. Pengaruh Jenis Katalis Terhadap Hasil Perengkahan Hidro Lemak Hasil <i>Recovery</i> dari <i>Sludge</i> Limbah Industri CPO	74
E. Optimasi Proses Perengkahan Hidro	82
1. Respon Konversi	82
2. Respon Minyak	83
3. Respon Bensin	84
4. Respon Gas	86
5. Respon <i>Coke</i>	87
6. Optimasi	89
F. Analisis Deaktivasi Katalis	91
G. Model Kinetika Laju Reaksi 4- <i>Lump</i> Perengkahan Hidro Lemak Hasil <i>Recovery Sludge</i> Limbah Industri CPO	97

H. Model Kinetika Laju Reaksi 6-Lump Perengkahan Hidro Lemak Hasil <i>Recovery Sludge</i> Limbah Industri CPO	103
I. Analisis Nilai Lingkungan dan Ekonomi	109
BAB V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	112
A. Kesimpulan	112
B. Rekomendasi	113
Daftar Pustaka	114

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Matriks kegiatan penelitian	47
Tabel 2. Variasi variabel bebas	57
Tabel 3. Kadar asam lemak bebas dalam lemak hasil ekstraksi	63
Tabel 4. Komposisi dan kadar asam lemak dalam lemak hasil ekstraksi limbah sludge CPO	64
Tabel 5. Kadar logam dalam Katalis NMMZ	70
Tabel 6. Nilai parameter permukaan katalis NMMZ	71
Tabel 7. Nilai Keasaman katalis	71
Tabel 8. Hasil perengkahan hidro lemak hasil <i>recoveri sludge</i> limbah industri CPO	75
Tabel 9. Kriteria optimasi	89
Tabel 10. Kondisi optimum sementara yang akan dianalisis	90
Tabel 11. Hasil uji <i>desirability</i> kondisi optimum berdasarkan urutan prioritas yang paling diinginkan	90
Tabel 12. Orde (n_d) dan konstanta laju deaktivasi (k_d) pada berbagai suhu perengkahan hidro	95
Tabel 13. Konstanta laju perengkahan hidro lemak model 4- <i>lump</i>	100
Tabel 14. Faktor frekuensi dan energi aktivasi perengkahan hidro lemak model 4- <i>lump</i> ..	103
Tabel 15. Konstanta laju perengkahan hidro lemak model 6- <i>lump</i>	105
Tabel 16. Faktor frekuensi dan energi aktivasi perengkahan hidro lemak model 6- <i>lump</i> ..	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alur Kerangka Pikir Penelitian	9
Gambar 2. Cooling Pond tempat penampungan sementara limbah cair dan sludge PT. Sriwijaya Palm Oil Indonesia.....	18
Gambar 3. Kolam Permentasi Tahap I (<i>Anaerob Pond-I</i>) limbah cair dan sludge PT. Sriwijaya Palm Oil Indonesia	19
Gambar 4. Diagram alir pengolahan limbah cair dan sludge PT. Sriwijaya Palm Oil Indonesia.....	20
Gambar 5. Struktur Montmorillonit	23
Gambar 6. Pemanasan dapat menyebabkan keruntuhan reversibel lempung tidak terpillar	25
Gambar 7. Mekanisme perengkahan panas trigliserida jenuh	34
Gambar 8. Mekanisme perengkahan panas trigliserida tak jenuh	35
Gambar 9. Rute reaksi transformasi trigliserida	37
Gambar 10. Skema mekanisme reaksi deoksigenasi asam lemak menjadi hidrokarbon fraksi solar	38
Gambar 11. Model 3-lump reaksi perengkahan	41
Gambar 12. Model 4-lump reaksi perengkahan	42
Gambar 13. Model 6-lump reaksi perengkahan	44
Gambar 14. Rangkaian alat perengkahan hidro	54
Gambar 15. Grafik pengaruh waktu sokletasi dan jenis pelarut terhadap rendemen lemak	62
Gambar 16. Hasil Photo SEM M dan MZ	65
Gambar 17. Pola difraktogram XRD dari M dan MZ dengan beberapa variasi temperatur kalsinasi	66
Gambar 18. Grafik Isoterm adsorpsi-desorpsi dari montmorillonit alam dan montmorillonit terpillar pada beberapa variasi temperatur kalsinasi	67
Gambar 19. Luas permukaan spesifik M dan MZ pada beberapa variasi suhu kalsinasi..	68
Gambar 20. Volume total pori dari M dan MZ pada beberapa variasi suhu kalsinasi.....	69
Gambar 21. Hasil photo SEM MZ dan NMMZ	70

Gambar 22. Spektre infra merah absorpsi piridin pada M, MZ dan NMMZ	72
Gambar 23. Struktur asam Lewis pada monmorilonit	73
Gambar 24. Mekanisme absorpsi piridin pada situs asam Bronsted	74
Gambar 25. Kromatogram minyak bensin (A), kerosen (B) dan solar (C) produksi Pertamina	75
Gambar 26. Kromatogram minyak hasil hidrocracking lemak dari recoveri lemak limbah industri CPO	76
Gambar 27. Hasil analisis fraksi bensin, kerosen dan solar produk perengkahan hidro....	77
Gambar 28. Rate perengkahan melalui pemutusan ikatan ester gliserol dan asam lemak	79
Gambar 29. Rate perengkahan melalui pemutusan ikatan ester gliserol dan asam lemak..	80
Gambar 30. Rate reaksi pembentukan gas dan fraksi bensin pada proses perengkahan hidro di permukaan katalis	80
Gambar 31. Rate reaksi aromatisasi	81
Gambar 32. Respon permukaan untuk konversi yang dihasilkan dari model optimasi perengkahan hidro lemak (a) rasio katalis 0,08; (b) waktu kontak 0,04 jam; (c) suhu 723 K	83
Gambar 33. Respon permukaan untuk rendemen minyak yang dihasilkan dari model optimasi perengkahan hidro lemak (a) rasio katalis 0,08; (b) waktu kontak 0,04 jam; (c) suhu 723 K	84
Gambar 34. Respon permukaan untuk pembentukan coke yang dihasilkan dari model optimasi perengkahan hidro lemak (a) rasio katalis 0,08; (b) waktu kontak 0,04 jam; (c) suhu 723 K	85
Gambar 35. Respon permukaan untuk rendemen gas yang dihasilkan dari model optimasi perengkahan hidro lemak (a) rasio katalis 0,08; (b) waktu kontak 0,04 jam; (c) suhu 723 K	86
Gambar 36. Respon permukaan untuk pembentukan coke yang dihasilkan dari model optimasi perengkahan hidro lemak (a) rasio katalis 0,08; (b) waktu kontak 0,04 jam; (c) suhu 723 K	88
Gambar 37. Pengaruh waktu pemakaian katalis terhadap deaktivasi	92
Gambar 38. Grafik $\ln(t)$ Vs $\ln(\phi)$	94
Gambar 39. Grafik waktu paruh aktifitas katalis terhadap suhu perengkahan hidro	95
Gambar 40. Model laju deaktivasi arhenius	96

Gambar 41. Model 3-lump perengkahan minyak sawit	98
Gambar 42. Model reaksi 4-lump perengkahan hidro lemak dari <i>sludge</i> industri CPO dengan katalis Ni/Mo – monmorilonit terpillar ZrO ₂	98
Gambar 43. Selektivitas minyak, coke dan gas hasil perengkahan hidro lemak dengan katalis Ni/Mo – Monmorilonit terpillar ZrO ₂	100
Gambar 44. Rasio perengkahan produk minyak dan umpan lemak dengan katalis Ni/Mo – monmorilonit terpillar ZrO ₂	101
Gambar 45. Rendemen hasil eksperimen dan perhitungan model reaksi 4-lump pada suhu (A) 673 K, (B) 698 K, (C) 723 K, (D) 748 K dan (E) 773 K	102
Gambar 46. Model reaksi 6-lump perengkahan hidro lemak dari <i>sludge</i> indsutri CPO dengan katalis Ni/Mo – monmorilonit terpillar ZrO ₂	104
Gambar 47. Rendemen hasil eksperimen dan perhitungan model reaksi 6-lump pada suhu (A) 673 K, (B) 698 K, (C) 723 K, (D) 748 K dan (E) 773 K	107
Gambar 48. Alur peningkatan nilai lingkungan melalui pemanfaatan limbah <i>sludge</i> industri CPO yang memberikan potensi peningkatan nilai ekonomi	110

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data rendemen hasil <i>recovery</i> lemak dari <i>sludge</i> limbah industri CPO PT. Sriwijaya Palm Oil Indonesia	121
Lampiran 2. Data perengkahan hidro lemak hasil <i>recovery</i> dari <i>sludge</i> limbah industri CPO dengan katalis Ni/Mo-monmorilonit terpillar ZrO ₂	122
Lampiran 3. Data analisis kromatografi gas produk minyak perengkahan hidro lemak hasil <i>recovery</i> dari <i>sludge</i> industri CPO dengan katalis Ni/Mo-monmorilonit terpillar ZrO ₂	125
Lampiran 4. Program optimasi konversi dengan perangkat lunak matlab 2008b	128
Lampiran 5. Program optimasi produk minyak dengan perangkat lunak matlab 2008b	130
Lampiran 6. Program optimasi produk gas dengan perangkat lunak matlab 2008b	132
Lampiran 7. Program optimasi <i>coke</i> dengan perangkat lunak matlab 2008b	134
Lampiran 8. Program optimasi produk bensin dengan perangkat lunak matlab 2008b	136
Lampiran 9. Grafik kondisi optimum masing-masing respon	138
Lampiran 10. Contoh perhitungan dr dan Dg berdasarkan nilai respon dan kriteria optimasi	140
Lampiran 11. Contoh Perhitungan aktifitas katalis pada suhu 673 K menggunakan persamaan 50	142
Lampiran 12. Perhitungan orde dan konstanta deaktivasi menggunakan persamaan 53-55	148
Lampiran 13. Program perhitungan data kinetika model 4- <i>lump</i> perengkahan hidro lemak suhu 673 K dengan perangkat lunak Matlab 2008b	145
Lampiran 14. Program perhitungan data kinetika model 4- <i>lump</i> perengkahan hidro lemak suhu 698 K dengan perangkat lunak Matlab 2008b	147
Lampiran 15. Program perhitungan data kinetika model 4- <i>lump</i> perengkahan hidro lemak suhu 723 K dengan perangkat lunak Matlab 2008b	149

Lampiran 16. Program perhitungan data kinetika model 4-lump perengkahan suhu lemak suhu 748 K dengan perangkat lunak Matlab 2008b	151
Lampiran 17. Program perhitungan data kinetika model 4-lump perengkahan suhu lemak suhu 773 K dengan perangkat lunak Matlab 2008b	153
Lampiran 18. Program perhitungan data kinetika model 6-lump perengkahan suhu lemak suhu 673 K dengan perangkat lunak Matlab 2008b	155
Lampiran 19. Program perhitungan data kinetika model 6-lump perengkahan suhu lemak suhu 698 K dengan perangkat lunak Matlab 2008b	157
Lampiran 20. Program perhitungan data kinetika model 6-lump perengkahan suhu lemak suhu 723 K dengan perangkat lunak Matlab 2008b	159
Lampiran 21. Program perhitungan data kinetika model 6-lump perengkahan suhu lemak suhu 748 K dengan perangkat lunak Matlab 2008b	161
Lampiran 22. Program perhitungan data kinetika model 6-lump perengkahan suhu lemak suhu 773 K dengan perangkat lunak Matlab 2008b	163
Lampiran 23. Perhitungan faktor frekuensi (A) dan energi pengaktifan (E_a) menggunakan persamaan Arrhenius	165
Lampiran 24. Publikasi	166