

**PENGARUH VARIASI LAJU ALIR GAS HIDROGEN TERHADAP
SIFAT FISIKA PRODUK *HIDROCRACKING* MINYAK JARAK
PAGAR (*Jatropha curcas* Linn) DENGAN KATALIS Mo-ZEOLIT
ALAM AKTIF**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Sains Bidang Studi Kimia



Oleh :

**RANTY KOMALASARI
09053130042**

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2010

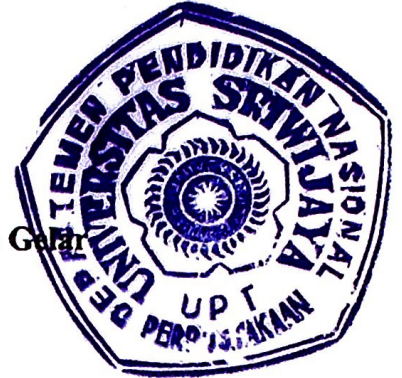
541.345 of
Kom
P-100532
760

**PENGARUH VARIASI LAJU ALIR GAS HIDROGEN TERHADAP
SIFAT FISIKA PRODUK *HIDROCRACKING* MINYAK JARAK
PAGAR (*Jatropha curcas* Linn) DENGAN KATALIS Mo-ZEOLIT
ALAM AKTIF**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Sains Bidang Studi Kimia



Oleh :

RANTY KOMALASARI

09053130042

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2010

541.345 of
Kom
P-100532
2010

**PENGARUH VARIASI LAJU ALIR GAS HIDROGEN TERHADAP
SIFAT FISIKA PRODUK *HIDROCRACKING* MINYAK JARAK
PAGAR (*Jatropha curcas* Linn) DENGAN KATALIS Mo-ZEOLIT
ALAM AKTIF**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



Oleh :

**RANTY KOMALASARI
09053130042**

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2010

HALAMAN PERSEMBAHAN

Orang yang berhasil akan mengambil manfaat dari kesalahan-kesalahan yang ia lakukan , dan akan mencoba kembali untuk melakukannya dengan suatu cara yang berbeda

(Dale Carnegie)

Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil, kita akan merasa yakin jika kita telah berhasil melakukannya dengan baik

(Evelyn Underhill)

Bersikaplah kukuh seperti batu karang yang tidak putus-putusnya dipukul ombak, Ia tidak saja tetap berdiri kukuh, bahkan ia menentramkan amarah ombak dan gelombang itu

(Marcus Aurelius)

Kita harus melihat kebahagiaan itu seperti pelangi, tidak pernah berada di atas kepala kita sendiri, tetapi selalu berada di atas kepala orang lain

(Thomas Hardy)

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

- ♥ Allah SWT , Tuhanku Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang
- ♥ Mama dan Bapak tercinta
- ♥ Adik-adikku tersayang
- ♥ Almamaterku

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas karunia dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *“Pengaruh Variasi Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Sifat Fisika Produk Hidrocracking Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn) dengan Katalis Mo-Zeolit Alam Aktif”*.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selama penelitian hingga dapat diselesaikan penulisan tugas akhir ini telah banyak mendapat bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih terutama kepada Bapak Drs. Ady Mara, M.Si selaku pembimbing utama dan Ibu Dra. Desneli, M.Si selaku pembimbing pembantu yang telah membimbing, member petunjuk dan saranserta nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis juga ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Muhammad Irfan, M.T selaku Dekan FMIPA UNSRI
2. Dra. Fatma, M.S. selaku Ketua Jurusan Kimia
3. Dr. Muharni, M.Si dan Risfidian Mohadi, M.Si selaku pembimbing akademik
4. Staf dosen dan analis Jurusan Kimia FMIPA UNSRI
5. Mama dan Bapak atas segala doa yang selalu mengiringi langkah hidupku serta memberikan dukungan moril maupun materil untukku dan menjadi sumber semangatku dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Adik-adikku (Mayang dan Avi) atas semangat, doa dan dukungannya selama ini.

7. Prasetio Ariwibowo yang selalu memberikan motivasi, kasih sayang dan perhatiannya serta sabar menemani keluh kesahku dalam menyelesaikan tugas akhir.
8. Rekan-rekan satu teamku sekaligus sahabat-sahabat terbaikku (Puput dan Tina) atas kerja sama, canda tawa, dan semoga kita menjadi orang-orang yang sukses dikemudian hari.
9. Teman-teman terbaikku (Lia, Ophet, Iga, Lensi, Irma, Juli, Dedi, Nanda, Febri, Andri, Dita, Wiwin, Okta dan Badria) terimakasih atas segala semangat, bantuan, keceriaan dan masukannya selama ini.
10. Iwan dan Rino yang sangat membantu dalam menyelesaikan penelitian. Dengan bantuan kalian akhirnya penelitian dapat terselesaikan juga. Thank you so much my friends!!
11. Teman-teman kimia angkatan 2005 (Rohma, Bo'Wien, Tia, Supriyanti, Munji, Vera, Dila, Mega, Vina, Desi, Dewi, Rina, Siska, Alin, Fajar, Iqbal, Liliet, Eva, Vebi, Vipy dll) atas dukungan, bantuan, kebersamaan dan suka citanya selama ini yang akan menjadi sebuah kisah klasik untuk masa depan kita.
12. Kakak-kakak tingkatku (K'Tien, K'Mariana, K'Melinda, K'Rados, Mb Vita, K'Sony, K'Adrian, K'Juli, K'Dodo dan K'Hafiz) yang sudah memberi bantuan dan membantu memberi informasi mengenai penelitian ini.
13. Adik-adik tingkatku (Fadil, Fahri, Nana, Fitri, Ridho, Velan dan Deni) yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian.

7. Prasetio Ariwibowo yang selalu memberikan motivasi, kasih sayang dan perhatiannya serta sabar menemani keluh kesahku dalam menyelesaikan tugas akhir.
8. Rekan-rekan satu teamku sekaligus sahabat-sahabat terbaikku (Puput dan Tina) atas kerja sama, canda tawa, dan semoga kita menjadi orang-orang yang sukses dikemudian hari.
9. Teman-teman terbaikku (Lia, Ophet, Iga, Lensi, Irma, Juli, Dedi, Nanda, Febri, Andri, Dita, Wiwin, Okta dan Badria) terimakasih atas segala semangat, bantuan, keceriaan dan masukannya selama ini.
10. Iwan dan Rino yang sangat membantu dalam menyelesaikan penelitian. Dengan bantuan kalian akhirnya penelitian dapat terselesaikan juga. Thank you so much my friends!!
11. Teman-teman kimia angkatan 2005 (Rohma, Bo'Wien, Tia, Supriyanti, Munji, Vera, Dila, Mega, Vina, Desi, Dewi, Rina, Siska, Alin, Fajar, Iqbal, Liliet, Eva, Vebi, Vipy dll) atas dukungan, bantuan, kebersamaan dan sukacitanya selama ini yang akan menjadi sebuah kisah klasik untuk masa depan kita.
12. Kakak-kakak tingkatku (K'Tien, K'Mariana, K'Melinda, K'Rados, Mb Vita, K'Sony, K'Adrian, K'Juli, K'Dodo dan K'Hafiz) yang sudah memberi bantuan dan membantu memberi informasi mengenai penelitian ini.
13. Adik-adik tingkatku (Fadil, Fahri, Ridho, Velan dan Deni) yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian.

Akhir kata penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat terutama bagi penulis sendiri dan pembaca dalam menambah wawasan dan ilmu pengetahuan.

Inderalaya, Januari 2010

Penulis

THE INFLUENCE OF HYDROGEN FLOW RATE TO PHYSICAL CHARACTERISTIC OF HYDROCRACKING CURCAS OIL PRODUCT WITH CATALYST Mo-ZEOLITE NATURAL ACTIVE

By :

Ranty Komalasari

09053130042

ABSTRACT

The research about the influence of variation hydrogen flow rate to physical characteristic of hydrocracking curcas oil product with catalyst Mo-zeolite natural active has been done. Hydrocracking process of curcas oil were conducted with variation of hydrogen flow rate 0.5; 1; 1.5; 2; 2.5; 3 dan 3.5 mL/min, temperature 350°C and catalyst weight 1.5 g. Hydrocracking product of curcas oil were analysed include combustion heat, density, viscosity and refraction index by using bomb calorimeter, picnometer, Ostwald viscometer and refractometer instrument. The result of this research showed that the optimum of combustion heat, density, viscosity and refraction index in a row was 53.6173 kJ/g; 0.9695 g/mL; 3.1461 poise; 1.4687 which operated at 3.5 mL/min of hydrogen flow rate. According to combustion heat, density, viscosity and refraction index optimum value, hydrocracking product direct to biodiesel.



**PENGARUH VARIASI LAJU ALIR GAS HIDROGEN
TERHADAP SIFAT FISIKA PRODUK *HIDROCRACKING*
MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* Linn) DENGAN
KATALIS Mo-ZEOLIT ALAM AKTIF**

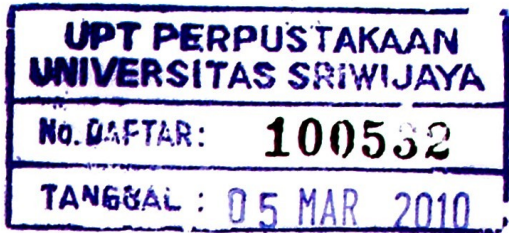
Oleh :

Ranty Komalasari

09053130042

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi laju alir gas hidrogen terhadap sifat fisika produk *hidrocracking* minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn) dengan katalis Mo-zeolit alam aktif. Proses *hidrocracking* minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn) dilakukan dengan variasi laju alir gas hidrogen 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 dan 3,5 mL/mnt, temperatur 350°C dan berat katalis 1,5 g. Produk *hidrocracking* minyak jarak pagar dianalisa meliputi kalor pembakaran, densitas, viskositas dan indeks bias dengan menggunakan alat kalorimeter bom, piknometer, viskometer Ostwald dan refraktometer. Hasil penelitian menunjukkan nilai optimum kalor pembakaran, densitas, viskositas dan indeks bias berturut-turut sebesar 53,6173 kJ/g; 0,9695 g/mL; 3,1461 poise; 1,4687 yang dicapai pada laju alir gas hidrogen 3,5 mL/mnt. Berdasarkan nilai kalor pembakaran, densitas, viskositas dan indeks bias optimum, produk *hidrocracking* minyak jarak pagar mengarah ke biosolar.



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tanaman Jarak Pagar	5
2.2. Minyak Jarak Pagar	6
2.3. Zeolit Alam	8
2.4. Katalis	14
2.5. Logam Molibdenum	20
2.6. Reaksi Oksidasi Reduksi	21
2.7. Proses <i>Hidrocracking</i>	23
2.8. Kalor Pembakaran	25
2.9. <i>Bomb</i> Kalorimeter	26
2.10. Densitas	27
2.11. Viskositas	29
2.12. Indeks Bias	31

III. METODOLOGI	31
3.1. Tempat dan Waktu	31
3.2. Alat dan Bahan	31
3.3. Prosedur Kerja	31
3.3.1. Pembuatan Katalis Mo-Zeolit Alam Aktif	31
3.3.2. <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar	33
3.3.3. Analisis Kalor Pembakaran	34
3.3.4. Penentuan Densitas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar.....	34
3.3.5. Penentuan Viskositas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar.....	35
3.3.6. Penentuan Indeks Bias Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar.....	35
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Pengaruh Variasi Laju Alir Terhadap Kalor Pembakaran Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Dengan Katalis Mo-Zeolit Alam Aktif.....	36
4.2. Pengaruh Variasi Laju Alir Terhadap Densitas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Dengan Katalis Mo- Zeolit Alam Aktif.....	37
4.3. Pengaruh Variasi Laju Alir Terhadap Viskositas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Dengan Katalis Mo- Zeolit Alam Aktif.....	39
4.4. Pengaruh Variasi Laju Alir Terhadap Indeks Bias Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Dengan Katalis Mo- Zeolit Alam Aktif.....	40
4.5. Perbandingan Kalor Pembakaran Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Pada Laju Alir Optimum Terhadap Kalor Pembakaran Bensin, Minyak Tanah dan Solar	41
4.6. Perbandingan Nilai Densitas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Pada Laju Alir Optimum Terhadap Kalor Pembakaran Bensin, Minyak Tanah dan Solar	43

4.7. Perbandingan Nilai Viskositas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Pada Laju Alir Optimum Terhadap Kalor Pembakaran Bensin, Minyak Tanah dan Solar.....	44
4.8. Perbandingan Nilai Indeks Bias Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Pada Laju Alir Optimum Terhadap Kalor Pembakaran Bensin, Minyak Tanah dan Solar	45
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sifat Fisika dan Kimia Jarak Pagar	7
Tabel 2. Tipe Katalis	14
Tabel 3. Perbandingan Elemen Katalis Homogen dan Heterogen	15
Tabel 4. Sifat Unsur Molibdenum	21
Tabel 5. Entalpi Pembentukan Standar Beberapa Senyawa Organik	26

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Zeolit	10
Gambar 2 Unit-Unit Pembangun Zeolit	11
Gambar 3. Proses Terjadinya Asam Bronsted dan Asam Lewis Pada Zeolit	13
Gambar 5. Diagram Pergeseran Energi Aktivasi	17
Gambar6. Diagram Pengaruh Penambahan Katalis Terhadap Jalannya Reaksi.....	18
Gambar7. Pengaruh Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Kalor Pembakaran Produk <i>Hydrocracking</i> Pada Temperatur 350°C dan Berat Katalis 1,5 g	18
Gambar 8. Pengaruh Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Densitas Produk <i>Hydrocracking</i> Pada Temperatur 350° C dan Berat Katalis 1,5 g.....	36
Gambar 9. Pengaruh Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Viskositas Produk <i>Hydrocracking</i> Pada Temperatur 350°C dan Berat Katalis 1,5 g.....	38
Gambar 10. Pengaruh Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Indeks Bias Produk <i>Hydrocracking</i> Pada Temperatur 350°C dan Berat Katalis 1,5 g.....	39
Gambar 11. Diagram Perbandingan Nilai Kalor Pembakaran Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Pada Kondisi Terbaik Terhadap Kalor Pembakaran Solar, Bensin dan Minyak Tanah	41
Gambar 12. Diagram Perbandingan Nilai Densitas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Pada Kondisi Terbaik Terhadap Kalor Pembakaran Solar, Bensin dan Minyak Tanah	42
Gambar 13. Diagram Perbandingan Nilai Viskositas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Pada Kondisi Terbaik Terhadap Kalor Pembakaran Solar, Bensin dan Minyak Tanah	43

Gambar 14.	Diagram Perbandingan Nilai Indeks Bias Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Pagar Pada Kondisi Terbaik Terhadap Kalor Pembakaran Solar, Bensin dan Minyak Tanah	45
------------	---	----

LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian.....	50
Lampiran 2. Reaksi Oksidasi dan Reduksi Terbentuknya Katalis Zeolit Dengan Logam Pengemban.....	54
Lampiran 3. Contoh Perhitungan	54
Lampiran 4. Gambar Alat Oksidasi dan Reduksi Katalis.....	58
Lampiran 5. Gambar Alat <i>Hydrocracking</i>	59
Lampiran 6. Gambar Alat Kalorimeter <i>Bomb</i>	60
Lampiran 7. Gambar Penelitian	61



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bahan bakar minyak adalah sumber energi dengan konsumsi yang terbesar untuk saat ini diseluruh dunia jika dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Tetapi saat ini dunia mengalami krisis bahan bakar minyak. Harga minyak mentah dunia saat ini terus meningkat (Widyastuti, 2007). Banyak negara terutama Indonesia, mengalami masalah kekurangan bahan bakar minyak (dari bahan bakar fosil) untuk negaranya sendiri. Indonesia khususnya, telah mengimpor bahan bakar minyak (terutama bahan bakar diesel atau solar) untuk kebutuhan negara dengan jumlah yang cukup besar. Penghematan bahan bakar fosil dapat dicapai dengan mengembangkan energi terbarukan yang berasal dari minyak jarak pagar. Manfaat tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn) dapat dilihat melalui proses *thermal* atau *catalytic cracking* akan dihasilkan gasoline (bensin), kerosin (minyak tanah) dan diesel (solar) yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan (Prananingrum, 2008). Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn) dapat tumbuh dengan cepat hingga mencapai ketinggian 3 -5 m, mulai berbuah pada umur 5 bulan dan mencapai produktifitas penuh pada umur 5 tahun. Umumnya seluruh bagian tanaman beracun sehingga tanaman ini hampir tidak memiliki hama (Syah, 2005).

Pengolahan minyak jarak pagar menjadi pengganti bahan bakar minyak dapat dilakukan melalui dua proses sekaligus yaitu proses perengkahan (*cracking*) dan proses hidrogenasi atau biasa disebut *hidrocracking*. Proses perengkahan (*cracking*) adalah proses pemutusan ikatan C-C hidrokarbon berat molekul tinggi

menjadi berat molekul rendah dengan bantuan katalis. Pada proses perengkahan katalitik yang sering digunakan adalah katalis dalam bentuk logam pengemban (Setyawan, 2002).

Katalis *cracking* yang sering digunakan dan ketersediaannya cukup banyak di Indonesia adalah zeolit. Logam yang diemban pada zeolit akan dapat meningkatkan aktifitas katalis secara keseluruhan karena logam zeolit akan memiliki fungsi ganda yaitu disamping logam sebagai katalis hidrogenasi, zeolitnya juga bersifat katalis perengkah. Katalis semacam ini biasanya disebut katalis bifungsional (Benito, 1996 dalam Ulisman, 2007).

Yeanne (2006) melaporkan dengan bantuan katalis Ni/Mo yang diemban pada zeolit alam (Ni/Mo/ZAA) mampu mengcracking tir batu bara untuk menghasilkan fraksi bensin, kerosin dan solar. Apabila hal ini diterapkan terhadap minyak jarak pagar maka diharapkan mampu menghasilkan biodiesel (biosolar), biobensin dan biokerosin sehingga kuantitas pemakaian bioBBM lebih dapat ditingkatkan. Logam transisi yang sering digunakan pada proses hidrogenasi adalah logam Pt, Pd, Ni, Mo dan Cr. Pt dan Pd pada umumnya merupakan katalis hidrogenasi yang baik namun harganya sangat mahal. Mo memiliki orbital d yang kosong sama banyak dengan Cr, namun Mo/ZAA memiliki kemampuan mengcracking tir batu bara lebih baik dibandingkan Cr/ZAA. Berdasarkan uraian tersebut, pada penelitian ini akan dibahas tentang pengaruh variasi laju alir terhadap beberapa sifat fisik antara lain adalah kualitas kalor pembakaran, densitas, viskositas dan indeks bias dari produk *hidrocracking* minyak jarak pagar menggunakan katalis Mo-zeolit alam aktif.

1.2. Rumusan Masalah

Terjadinya krisis energi, khususnya bahan bakar minyak yang diinduksi oleh meningkatnya harga bahan bakar minyak dunia telah membuat Indonesia perlu mencari sumber-sumber bahan bakar alternatif yang mungkin dikembangkan di Indonesia. Salah satu tanaman yang memiliki potensi sebagai sumber bahan bakar antara lain adalah tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn). Pengolahan minyak jarak pagar menjadi pengganti bahan bakar minyak dapat dilakukan melalui dua proses sekaligus yaitu proses perengkahan (*cracking*) dan proses hidrogenasi atau biasa disebut *hidrocracking*. Dengan bantuan katalis Mo-zeolit alam aktif mampu menghasilkan produk *hidrocracking* dari minyak jarak pagar sehingga dihasilkan bioBBM yang berfungsi sebagai bahan bakar alternatif. Kualitas dari produk *hidrocracking* dapat dianalisa dari beberapa sifat fisik yaitu kalor pembakaran, densitas, viskositas dan indeks bias. Oleh karena itu perlu dilakukan *hidrocracking* minyak jarak pagar menggunakan katalis Mo-zeolit alam aktif dengan memvariasikan laju alir yaitu 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 dan 3,5 mL/mnt.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menentukan pengaruh laju alir gas hidrogen terhadap sifat fisik produk *hidrocracking* yang dihasilkan dalam pembuatan bioBBM dari minyak jarak pagar.
2. Membandingkan sifat fisika produk *hidrocracking* dengan sifat fisika bensin, kerosin (minyak tanah) dan solar dari minyak bumi.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dalam teknik pengolahan minyak jarak pagar sebagai salah satu bahan bakar alternatif melalui proses *hidrocracking*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberty, R.A & Farrington, D., 1987, *Kimia Fisika*, Alih Bahasa DR. N. M. Surdia, Jild 1, Erlangga, Jakarta.
- Anderson, J.R. & Boudart, M., 1981, *Catalytis Science and Technology*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Anonim, 1996, *Metode Kerja ASTM/IP*, Laboratorium Penelitian dan Pengembangan, Pertamina Daerah Sumbagsel.
- Anonim, 2002, *Mendaur Ulang Lumpur Minyak Menjadi Minyak*, <http://www.forlink.dml.or.id/v.2>, Dalam : Saputra, D., 2007, *Pengaruh Kondisi Operasi Hidrocracking Tir Batubara Dengan Katalis Cr-Mo/ZAA Tersulfidasi Terhadap Kalor Pembakaran Produk*, Skripsi, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Anonim, 2009, Oksidasi-Reduksi, www.chem-is-try.org, 25 Oktober 2009.
- Anonim, 2009, *Tipe-Tipe Katalis*, www.chem-is-try.org, 25 Oktober 2009.
- Atkins, P.W., 1999, *Kimia Fisika*, Alih Bahasa Drs. Irma L Kartohadiprojo, Jilid II, Edisi IV, Erlangga, Jakarta.
- Augustine, R.L., 1996, *Heterogeneous Catslysis for The Synthetic Chemist*, Marcel Dekker Inc, New York.
- Barrer, R.M., 1978. *Zeolit and Clay Minerals Adsorbent and Molekuler Sieves*, Academic Press, London.
- Benito, A.M. & Martinez, M.T., 1996, *Catalytic Hidocracking of an Aphaltenic Coal Residue*, Journal of Energy and Fuel, Vol. 10, Dalam : Ulisman, R., 2007, *Pengaruh Temperatur Laju Alir H₂ dan Berat Katalis Cr/Mo Zeolit Alam Aktif Tersulfidasi Terhadap Densitas Produk Hidrocracking Tir Batu Bara*, Skripsi, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Besancon, R.M., 1990, *The Ensiclopedia of Physics*, Third Edition, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Campbell, I.M., 1988, *Catalysis at Surface*, Chapman and Hall, London.
- Dyer, A., 1988, *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*, John Willey and Sons, New York.

- Hambali, E., Suryani, A., Dadang., Adi, H., Hanafie, H., Reksowardojo, I., Rivai, M., Ihsanur M & Suryadarma, P., 2006, *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Hegedus, L.L., 1987, *Catalyst Design Progress and Perspective*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Keenan, C.W., 1996, *Kimia Untuk Universitas*, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta.
- Ketaren, S., 1986, *Minyak dan Lemak Pangan*, UI Press, Jakarta.
- Massel, R.L., 1996, *Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surface*, A Willey, Interscience Publication, John Willey and Sons Inc, New York.
- Masterton, W.L., & Slowinski, E., 1967, *Chemical Principles*, W.B.Saunders Company, USA.
- McKetta, J.J., 1993, *Chemical Processing Handbook*, Marcel Dekker Inc, New York.
- Parker, S.P., 1993, *Encyclopedia of Physics*, McGrwa Hill, Inc, New York.
- Petrucci, R.H., 2000, *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*, Erlangga, Jakarta.
- Prana, S.M., 2006, *Budi Daya Jarak Pagar Sumber Biodiesel*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Prananingrum, P., 2008, *Biodiesel Dari Minyak Jarak Sebagai Energi Alternatif Pengganti Solar*, <http://gbioscience05.wordpress.com>, 1 November 2009.
- Putra, S.E., 2007, *Zeolit Sebagai Mineral Serba Guna*, www.matainginbicara.wordpress.com, 10 Oktober 2009.
- Setyawan, D., 2002, *Preparasi Katalis Cr/Zeolit Melalui Modifikasi Zeolit Alam*, Jurnal Ilmu Dasar, Vol.3, No.1.
- Setyawan, D., 2003, *Aktivitas Katalis Cr/Zeolit Dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol dan Metil Isobutil Keton*, Jurnal Ilmu Dasar, Vol. 4, No. 2.
- Sukardjo, 1985, *Kimia Koordinasi*, PT. Bina Aksara, Jakarta.
- Syah, A., 2005, *Biodiesel Jarak Pagar*, PT Agro Media Pustaka, Jakarta.

- Trisunaryanti, W., 1991, *Modifikasi, Karakterisasi dan Pemanfaatan Zeolit Alam*, Tesis, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Vennard, J.K & Robert, L.S., 1975, *Elementary Fluid Mechanics*, Edisi kelima, John Wiley and Sons Inc, New York, Dalam : Sulaiman, W., *Pengaruh Katalis Ni-Monmorillonit Terpilar Al₂O₃ dan Kondisi Hidrocracking Terhadap Densitas dan Viskositas Produk Hidrocracking Lumpur Minyak Bumi*, 2006, Skripsi, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Vogel, 1985, *Analisa Anorganik Kualitatif*, Edisi ke lima, PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta.
- Wardani, I.E., 2007, *Uji Kualitas VCO Berdasarkan Cara Pembuatan Dari Proses Pengadukan Tanpa Pemancingan dan Proses Pengadukan Dengan Pemancingan*, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Widyastuti, L., 2007, *Reaksi Methanolisis Minyak Jarak Pagar Menjadi Metil Ester Sebagai Bahan Bakar Pengganti Minyak Diesel Dengan Menggunakan Katalis KOH*, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Yeanne, F., 2006, *Pengaruh Temperatur, Laju Alir dan Berat Katalis Ni-Mo-ZAA Terhadap Hidrocracking Tir BatuBara Untuk Menghasilkan Farksi Bensin dan fraksi Kerosin*, Skripsi, Universitas Sriwijaya, Indralaya.