

**STUDI KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR HASIL
HYDROCRACKING MINYAK JARAK**

Skripsi

Disusun Guna Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Diajukan Oleh :

Raihan Ardirianto

(3225136367)

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

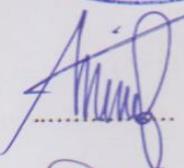
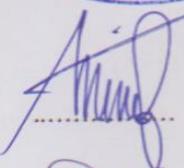
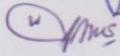
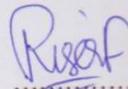
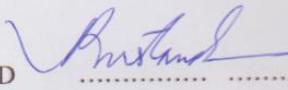
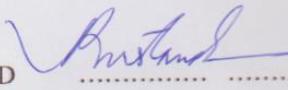
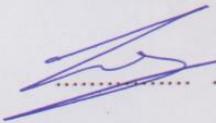
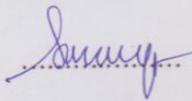
2017

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Studi Karakteristik Bahan Bakar Hasil *Hydrocracking* Minyak Jarak

Nama : Raihan Ardirianto

No. Reg : 3225136367

	Nama	Tanda tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1 005		22/8/2017
Wakil Penanggung Jawab			23/8/2017
Wakil Dekan I	: Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 19640511 198903 2 001		23/8/2017
Ketua	: Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si NIP. 19770510 200604 2 001		17/8/2017
Sekretaris	: Riser Fahdiran, M.Si NIP. 198307172009121008		16/8/2017
Anggota			16/8/2017
Pembimbing I	: Drs. Cecep E Rustana, Ph.D NIP. 19590729 198602 1 001		16/8/2017
Pembimbing II	: Sabar P Simanungkalit, M.T NIP. 19820106 2008011009		22/8-2017
Penguji Ahli	: Dr. Sunaryo, M.Si NIP. 1955030398703 1 002		16/8/2017

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 15 Agustus 2017

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini, saya yang bertandatangan dibawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Raihan Ardirianto
No. Reg. : 3225136367
Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul "*Studi Karakteristik Bahan Bakar Hasil Hydrocracking Minyak Jarak*", adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada bulan April-Juni 2017.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta, Agustus 2017

Yang membuat pernyataan



Raihan Ardirianto

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Yakinlah Allah tidak pernah tidur. Jangan pernah berhenti berpikir karena orang kreatif tidak pernah berhenti berpikir dan ingatlah bahwa dunia ini diciptakan Tuhan untuk orang yang berpikir”

“Apabila kamu sudah memutuskan menekuni suatu bidang, jadilah orang yang konsisten. Itu adalah kunci keberhasilan yang sebenarnya” – B.J.Habibie

PERSEMBAHAN

Seluruh kerja keras dalam penyelesaian karya ini saya persembahkan untuk: Mama dan Papa yang telah mengorbankan seluruh jiwa raganya dan selalu berusaha menjadi panutan yang terbaik untuk saya.

Terimakasih juga untuk wanita istimewa kedua yang sangat saya sayang setelah ibu saya Desy Rakhmawati yang sudah menjadi sahabat untuk saya dalam keadaan apapun. Terimakasih, sudah menjadi penasehat bagi saya disaat saya bingung untuk mengambil jalan terbaik dari banyak pilihan.

Tetaplah disamping saya untuk mendampingi saya ma pa sampai kaki mama dan papa sudah tidak kuat untuk berdiri lagi tapi kita masih bisa berlari dengan membawa papa dan mama di kedua pundak saya.

ABSTRAK

RAIHAN ARDIRIANTO, 2017. “STUDI KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR HASIL HYDROCRACKING MINYAK JARAK” Skripsi. Jakarta: Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Telah dilakukan penelitian untuk membuat bahan bakar dari minyak jarak khususnya biodiesel. Metode yang digunakan adalah metode *hydrocracking* atau perengkahan struktur kimia dari minyak jarak menjadi struktur biodiesel. Metode *hydrocracking* dilakukan di dalam reaktor dengan tekanan 10,20,dan 30 bar gas H₂. Proses perengkahan dilakukan dengan suhu 350°C dalam waktu 80 menit. Kemudian dilakukan analisis karakteristik biodiesel yaitu nilai kalor dari produk yang dihasilkan. Besar nilai kalor yang diperoleh dari proses hydrocracking yaitu: 39.64 MJ/kg pada tekanan 10 bar, 40.13 MJ/kg pada tekanan 20 bar, dan 40.40 MJ/kg pada tekanan 30 bar. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar tekanan gas H₂ yang diberikan saat proses hydrocracking semakin besar pula nilai kalor produk yang dihasilkan.

Kata Kunci: *Biodiesel*, Minyak jarak, *Hydrocracking*, Nilai Kalor.

ABSTRACT

RAIHAN ARDIRIANTO, 2017. "STUDY OF FUEL CHARACTERISTICS OF CASTOR OIL BASED hydrocracking" Thesis. Jakarta: Study Program of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta.

Has conducted research to make fuel from castor oil. The method used is a method of *hydrocracking* or cracking of the chemical structure of castor oil into biodiesel structure using H₂. *Hydrocracking* methods carried out in a reactor with a H₂ gas pressure of 10.20, and 30 bar Cracking process carried out at 350°C within 80 minutes. Then analyzed the characteristics of biodiesel is the calorific value of the products produced. Large calorific values obtained from the hydrocracking process, namely: 39.64 MJ / kg at a pressure of 10 bar, 40.13 MJ / kg at a pressure of 20 bar, and 40.40 MJ / kg at a pressure of 30 bar. These results indicate that the larger the H₂ gas pressure given during hydrocracking process, the greater the heating value of the product.

Keywords: *Biodiesel*, Castor oil, *hydrocracking*, Calorific Value.

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.5 Tujuan.....	3
1.6 Manfaat.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Bahan Bakar.....	4
2.2 Minyak Jarak (Castor Oil)	5
2.3 Hydrocracking	7
2.4 Analisa Nilai Kalor	9
2.5 Katalis NiMo/Al ₂ O ₃	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.1.1 Waktu Penelitian.....	11
3.1.2 Tempat Penelitian	11
3.2 Metode Penelitian	11
Aktivasi Katalis	11
Proses <i>Hydrocracking</i>	11
3.2.1 Alat dan bahan Penelitian	12
3.3 Prosedur Penelitian	12

3.3.1 Proses Pembuatan Biodiesel	12
3.3.1.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Biodiesel.....	13
3.3.2 Proses <i>Sulfidasi</i>	15
3.3.2.1 Diagram Alir Proses <i>Sulfidasi</i>	15
3.3.3 Proses <i>Hydrocracking</i>	16
3.3.4 Langkah - langkah Penelitian	18
3.3.4.1 Diagram Alir Penelitian	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Analisa Nilai Kalor Minyak Jarak	20
4.1.1 Analisa Nilai Kalor Minyak Jarak	20
4.1.2 Analisa Pengaruh Penggunaan Katalis (NiMo/Al ₂ O ₃) dan Non Katalis Terhadap Nilai Kalor Produk Hydrocracking Minyak Jarak	21
4.1.3 Analisa Pengaruh Variasi Tekanan Hidrogen Terhadap Nilai Kalor Produk Hydrocracking Minyak Jarak Dengan Menggunakan Katalis NiMo/Al ₂ O ₃	24
4.1.4 Analisa Produk Terbaik Hydrocracking Minyak Jarak	26
BAB V PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tanaman Jarak Pagar.....	6
Gambar 2.2. Struktur Umum Molekul Minyak (Trigliserida).....	6
Gambar 2.3. Proses Reaksi <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak.....	8
Gambar 2.4. Karakteristik Diesel dan Biodiesel Internasional.....	10
Gambar 3.1. Reaktor Sulfidasi.....	16
Gambar 3.2. Reaktor <i>Batch</i>	17

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter Analisa Bahan Bakar Biodiesel.....	5
Tabel 2.2. Komposisi Minyak Jarak.....	6
Tabel 2.3. Sifat Fisika Minyak Jarak.....	7
Tabel 4.1. Hasil Analisa Elemental Minyak Jarak dan Biodiesel B100 Internasional.....	20
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Minyak Jarak dan Biodiesel B-100 SI dengan rumus Dulong.....	21
Tabel 4.3. Hasil Analisa Elemental Produk Hydrocracking Minyak Jarak (Katalis & Non Katalis).....	22
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Produk Hydrocracking Minyak Jarak Dengan Menggunakan Katalis NiMo/Al ₂ O ₃ & NonKatalis.....	23
Tabel 4.5. Hasil Analisa Elemental Produk Hydrocracking Minyak Jarak Dengan Variasi Tekanan Hidrogen yang Diproses Menggunakan katalis NiMo/Al ₂ O ₃	24
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Produk Hydrocracking Minyak Jarak Dengan Variasi Tekanan Hidrogen yang Diproses Menggunakan katalis NiMo/Al ₂ O ₃ dibandingkan dengan B-100 internasional.....	25
Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Campuran (HHVcamp) Produk terbaik Hydrocracking Minyak Jarak.....	27
Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Campuran (HHVcamp) Produk terbaik Hydrocracking Minyak Jarak terhadap nilai kalor campuran biodiesel standar nasional.....	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Menentukan Nilai Kalor Minyak Jarak.....	32
Lampiran 2. Daftar Gambar Alat dan Bahan.....	35

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T karena telah memberikan karunia-Nya yang berlimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi yang berjudul “**STUDI KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR HASIL HYDROCRACKING MINYAK JARAK**”. Penelitian yang ditulis dalam laporan ini tidak lepas dari pihak-pihak yang turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Cecep E Rustana, PhD selaku Pembimbing I atas waktu, bimbingan dan saran yang membangun.
2. Bapak Sabar P Simanungkalit, M.T. selaku Pembimbing II atas waktu, bimbingan dan saran yang membangun.
3. Bapak Riser Fahdiran, M.Si. yang telah memberi masukan dan saran yang membangun
4. Ibu Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku ketua program studi Fisika FMIPA, UNJ.
5. Bapak dan Ibu Dosen Fisika, Staff Jurusan Fisika, serta seluruh jajaran birokrat Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta
6. Kedua orang tua penulis (Bapak Wahyoeniardi Anggoro S.T. dan Ibu Nuriah) yang telah mendukung dengan usaha, doa, pengorbanan, kasih sayang dan motivasi yang tidak pernah berhenti kepada penulis.
7. Desy Rakhmawati atas perhatian, dukungan, doa, serta motivasi yang telah diberikan.
8. Daryanto dan Ruliana yang telah membantu penulis dalam proses penelitian
9. dr.Fajar Nurheryanto, S.Ked, dan Hanafi Maulana Syarif sebagai sahabat penulis yang memberi masukan dan teman bertukar pikiran dengan penulis.
10. Teman teman Prodi Fisika 2013 yang telah membantu selama 4 tahun perkuliahan.

Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi mahasiswa Jurusan Fisika Universitas Negeri Jakarta. Namun penulis menyadari akan keterbatasan dan kelemahan dalam ilmu pengetahuan dan pengalaman, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penulisan selanjutnya yang lebih baik.

Jakarta, 2017

Raihan Ardirianto

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemenuhan kebutuhan sumber energi yang berasal dari bahan bakar fosil saat ini menjadi permasalahan yang cukup besar, karena ketersediaan bahan bakar fosil yang akan segera habis dan tidak dapat diperbaharui. Khususnya bahan bakar yang digunakan untuk transportasi seperti solar dan biodiesel. Sesuai dengan peraturan kementerian ESDM no 12 tahun 2015 tentang besar persentase biodiesel (B-100) yang diwajibkan dalam campuran bahan bakar adalah 20% untuk transportasi (subsidi dan non subsidi), sektor usaha mikro, usaha perikanan, usaha pertanian, pelayanan umum, Industri, dan komersial (BTBRD BPPT,2016). Dari hal tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan bahan bakar masih sangat tinggi sehingga apabila dibiarkan terus menerus akan menimbulkan krisis energi di bagian bahan bakar khususnya bahan bakar minyak. Pada penggunaan campuran 30% biodiesel (B-30) dapat mengurangi emisi CO: 25.35% , NOx: 10.82% , Partikulat: 42.02% dan Opasitas: 23.5% (Sumber: BTBRD BPPT,2016). Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi alternatif yang berasal dari bahan alam yang bersifat nonpangan yang dapat diubah menjadi pengganti bahan bakar khususnya biodiesel agar dapat mengurangi tingkat emisi lebih baik daripada sebelumnya. Salah satu sumber energi alternatif non pangan contohnya adalah minyak jarak.

Minyak jarak merupakan minyak nabati non pangan yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan baku dalam pembuatan biodiesel. Menurut (Setiadi & Suranto, 2009), minyak jarak merupakan salah satu bahan bakar nabati yang prospektif untuk dikembangkan, karena relatif mudah ditanam dan toleransinya tinggi terhadap berbagai jenis tanah, serta produksi minyaknya tinggi. Saat ini, bahan bakar biodiesel yang umum digunakan yaitu masuk dalam kategori biodiesel B-20, sesuai dengan peraturan Kep Dirjen Migas No. 978.K/10/DJM.S/2013 yang menyatakan bahwa bahan bakar campuran biodiesel yang dipersyaratkan digunakan secara umum yaitu yang memenuhi persentase campuran 20% biodiesel dan 80% solar (B20).

Salah satu cara untuk membuat bahan bakar biodiesel dari minyak jarak yaitu dapat menggunakan metode hydrocracking (perengkahan). Menurut wang (2016), kondisi optimal pada proses hydrocracking minyak jarak tercapai pada penggunaan suhu pemanasan sebesar 350 °C dengan tekanan H₂ 20 bar yang diproses selama 80 menit, menghasilkan nilai kalor (HHV) mencapai 41.47 MJ/kg. Berdasarkan hal ini, maka pada penelitian ini dikembangkan proses hydrocracking minyak jarak yang diproses dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ pada kondisi yang sama. Serta, dilakukan variasi tekanan hydrogen untuk meningkatkan nilai kalor produk.

Dengan demikian, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan bahan bakar dengan metode *hydrocracking* berbahan minyak jarak, lalu mengkaji pengaruh katalis dan tekanan hydrogen terhadap nilai kalor produk yang dihasilkan. Kemudian, membandingkannya dengan standar nilai kalor biodiesel B-20.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh katalis NiMo/Al₂O₃ terhadap nilai kalor produk yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh tekanan hydrogen terhadap nilai kalor produk yang dihasilkan?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan akan dibatasi dengan meninjau spesifikasi dan kualitas biodiesel berdasarkan parameter fisika yaitu nilai kalor dan pengaruh penggunaan katalis NiMo/Al₂O₃ terhadap besar energi produk.

1.4 Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana karakteristik Biodiesel yang dibuat dari minyak jarak dengan metode *hydrocracking*.

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh katalis NiMo/Al₂O₃ terhadap nilai kalor produk yang dihasilkan pada proses hydrocracking minyak jarak
2. Mengetahui pengaruh tekanan gas hydrogen terhadap nilai kalor produk yang dihasilkan pada proses hydrocracking minyak jarak
3. Membandingkan efisiensi besar nilai kalor produk campuran dengan standar biodiesel B-20

1.6 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan sumber energi alternatif (non pangan) sebagai pengganti bahan bakar fosil.
2. Mengembangkan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Bahan Bakar

Bahan bakar adalah suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi. Salah satu contoh bahan bakar adalah biodiesel. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang diproduksi melalui sumber daya alam hayati seperti tumbuhan jarak yang secara alamiah memiliki sumber daya alam yang melimpah (*unlimited*) dan berkelanjutan (*sustainable*). Menurut (Suhartanta & Arifin, 2008), biodiesel merupakan bahan bakar cair yang diproses dari lemak hewan atau minyak nabati. Biodiesel tergolong kedalam bahan bakar yang dapat diperbaharui karena bahan bakunya berasal dari bahan alam yang dapat diperbaharui dengan cepat dan tidak membutuhkan waktu yang sangat lama (Dewi, 2015). Selain itu, biodiesel tidak mengakibatkan pemanasan global sebanyak bahan bakar fosil (Gerpen, 2004). Emisi yang keluar dari karbon monoksida, hidrokarbon yang tidak terbakar, dan partikulat dari biodiesel lebih rendah dibandingkan bahan bakar petroleum untuk diesel.

Menurut (Fransisca, 2012), biodiesel merupakan bahan bakar yang memiliki komponen utama berupa hidrokarbon yang mempunyai rentang atom karbon C₁₂-C₁₈. Pada umumnya, biodiesel dapat dicampurkan dengan bahan bakar diesel dengan persentase tertentu yang dapat berfungsi untuk menekan penggunaan solar sebagai bahan bakar berbasah dasar minyak bumi. Menurut peraturan Kep Dirjen Migas No. 978.K/10/DJM.S/2013 bahan bakar yang dipersyaratkan digunakan secara umum yaitu yang memenuhi persentase campuran 20% biodiesel dan 80% solar, atau yang kita kenal sebagai biodiesel B-20.

Menurut (Riza, Restituta, & Paryanto, 2015), bahan bakar biodiesel cenderung memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar biodiesel B-20 yaitu sebesar 37 MJ/kg, sedangkan bahan bakar biodiesel B-20 memiliki nilai kalor yang lebih tinggi yaitu sebesar 37 - 42.7 MJ/kg. Pencampuran antara bahan bakar biodiesel dan diesel dengan persentase tertentu mampu meningkatkan nilai kalor bahan bakar campuran yang dihasilkan, sehingga selain dapat memaksimalkan potensi penggunaan biodiesel secara luas, hal ini juga mampu menekan penggunaan bahan bakar diesel.

Terdapat 2 parameter analisa yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas biodiesel yaitu parameter kimia dan parameter fisika.

Tabel 2.1. Parameter Analisa Bahan Bakar Biodiesel (ASTM, 2007)

No	Parameter	
	Fisika	Kimia
1	Nilai Kalor	Kandungan Sulfur
2	Titik Nyala	Kandungan Belerang
3	Massa Jenis	Angka Asam
4	Viskositas	Senyawa Aromatik
5	Dll	Dll

Berdasarkan tabel diatas, salah satu parameter analisa yang dapat digunakan untuk mengkaji kualitas bahan bakar biodiesel adalah terkait dengan nilai kalor (*calorific value*). Nilai kalor yang dimaksud dalam hal ini adalah nilai kalor tertinggi yang mampu dihasilkan oleh suatu bahan bakar atau yang kita kenal sebagai HHV (*higher heating value*). Nilai kalor merupakan besarnya energi panas yang mampu dihasilkan dari suatu bahan bakar. Menurut (Riza, Restituta, & Paryanto, 2015), besarnya nilai kalor yang dimiliki pada bahan bakar biodiesel B-20 adalah sebesar 37 - 42.7 MJ/kg.

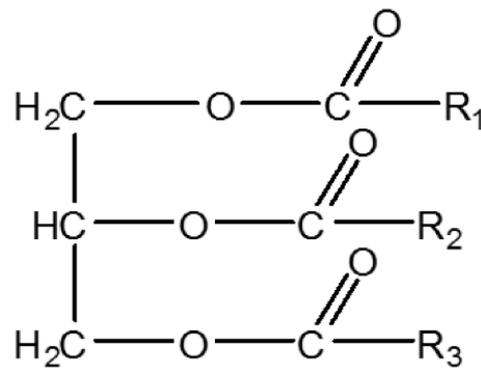
2.2 Minyak Jarak (Castor Oil)

Minyak jarak pagar merupakan salah satu bahan bakar nabati yang prospektif untuk dikembangkan. Jarak pagar relatif mudah ditanam, toleransinya tinggi terhadap berbagai jenis tanah dan iklim serta produksi minyaknya tinggi (Setiadi & Suranto, 2009). Pohonnya berupa perdu dengan tinggi tanaman antara 1–7 m, bercabang tidak teratur. Batangnya berkayu, silindris, bila terluka mengeluarkan getah. Daunnya berupa daun tunggal, berlekuk, bersudut 3 atau 5, tulang daun menjari dengan 5-7 tulang utama, warna daun hijau. Panjang tangkai daun antara 4 – 15 cm. Buah jarak terbagi 3 ruang yang masing – masing ruang diisi 3 biji. Biji berbentuk bulat lonjong, warna coklat kehitaman. Biji inilah yang banyak mengandung minyak dengan rendemen sekitar 30 – 40 % (T.S., 2007).



Gambar 2.1. Tanaman Jarak Pagar

Berikut ini ditampilkan struktur umum molekul dari minyak jarak (T.S., 2007):



Gambar 2.2. Struktur Umum Molekul Minyak Jarak (Trigliserida).

Berikut ditampilkan komposisi dan sifat fisika minyak jarak :

Tabel 2.2. Komposisi Minyak Jarak (Nasruddin & Pryanto, 2010)

Komponen	Rumus Molekul	%Berat
Asam Linoleat	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$	48.18
Asam Oleat	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	28.46
Asam Palmitat	$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	18.22
Asam Stearat	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	5.14

Tabel 2.3. Sifat Fisika Minyak Jarak. (Wang, 2016)

No	Sifat Fisika Minyak Jarak	
1	Nilai Kalor	37.46 MJ/kg
2	Massa Jenis	917.8 Kg/m ³
3	Viskositas	33.56 cSt

Menurut (T.S., 2007), komponen asam lemak terbanyak dalam minyak jarak adalah asam oleat. Massa jenis minyak jarak adalah sebesar 917.8 Kg/m³, dimana nilai ini cenderung masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan standar biodiesel B-20 (830 – 860 Kg/m³). Selain itu, viskositas minyak jarak juga masih cukup tinggi yaitu sebesar 33.56 cSt, sedangkan standar viskositas biodiesel B-20 adalah sebesar 2.5 – 3.2 cSt. Begitu pula dengan nilai kalor pada minyak jarak, nilai kalor minyak jarak adalah sebesar 37.46 MJ/kg, dimana nilai ini cenderung masih lebih rendah jika dibandingkan dengan standar biodiesel B-20 komersial (42.7 MJ/kg).

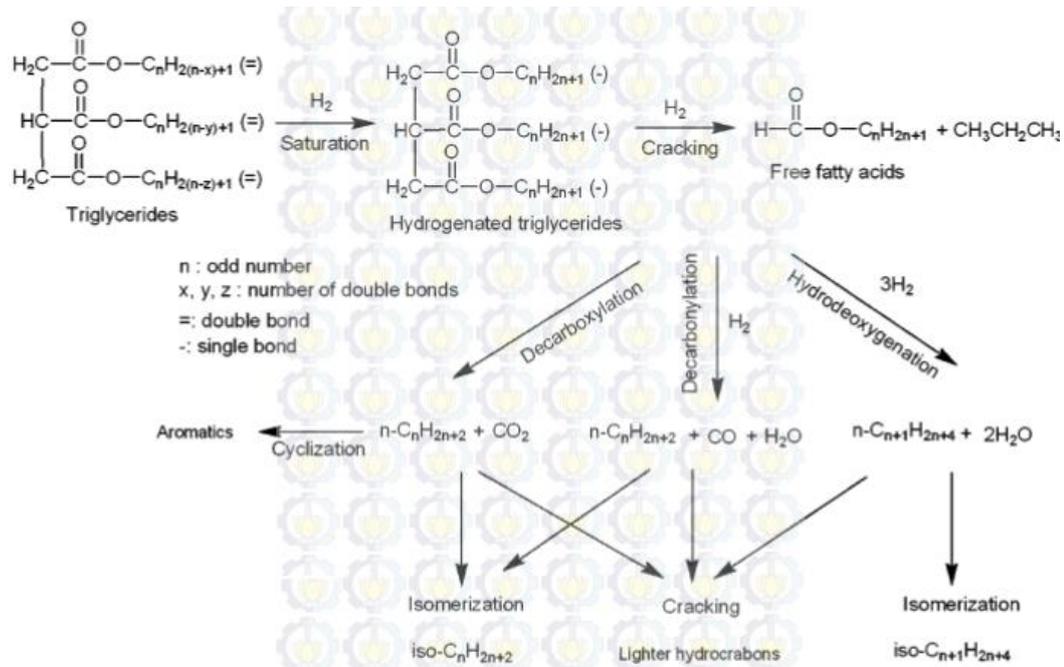
Menurut (Nasruddin & Pryanto, 2010), penerapan proses hydrocracking pada minyak jarak dengan bantuan katalis yang telah diaktivasi akan mampu menghasilkan bahan bakar minyak alternative yang mempunyai kesesuaian sifat fisika dan kimia seperti halnya bahan bakar yang berasal dari minyak bumi. Sehingga, berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penerapan proses hydrocracking pada minyak jarak agar karakteristik bahan bakar yang dihasilkan dari minyak jarak memiliki kesesuaian dengan standar bahan bakar biodiesel B-20, terutama dalam hal ini adalah terkait dengan nilai kalor yang dihasilkan.

2.3 Hydrocracking

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas nilai kalor bahan bakar berbahan dasar minyak jarak agar memenuhi standar biodiesel B-20 adalah dengan menerapkan metode hydrocracking. Menurut (Nasruddin & Pryanto, 2010), metode hydrocracking katalitik merupakan cara untuk memecahkan rantai karbon panjang, menjadi rantai karbon yang lebih sederhana, dengan bantuan katalis. Bantuan katalis bertujuan untuk menurunkan suhu dan tekanan pada saat berlangsungnya reaksi.

Menurut (Nasruddin & Pryanto, 2010), katalis yang digunakan pada proses hydrocracking perlu diaktivasi melalui proses sulfidasi. Aktivasi katalis ini dimaksudkan untuk memutuskan ikatan rantai karbon panjang pada minyak jarak ($\geq C_{18}$) menjadi rantai karbon pendek yang setara dengan bahan bakar minyak ($\leq C_{18}$).

Berikut ditampilkan proses reaksi hydrocracking minyak jarak :



Gambar 2.3. Proses Reaksi Hydrocracking Minyak Jarak (Rosyadi, 2012).

Pada dasarnya, minyak jarak mengandung asam lemak tidak jenuh (unsaturated) yang masih memiliki ikatan rangkap. Proses hydrocracking pada minyak jarak, diawali dengan proses saturasi (penjenuhan ikatan rangkap) pada asam lemak (trigliserida) yang terkandung pada minyak jarak. Hal ini terjadi dengan tersubstitusinya unsur hydrogen kedalam asam lemak tak jenuh pada minyak jarak, sehingga ikatan rangkap pada minyak berubah menjadi ikatan tunggal (saturated). Apabila proses saturasi terus berlanjut, maka proses cracking (perengkahan) akan berlangsung (dengan bantuan katalis), hingga memutuskan rantai karbon dan menyisakan asam lemak bebas. Apabila proses cracking (perengkahan) ini terus berlanjut, maka akan terbentuk senyawa hidrokarbon yang memiliki rantai carbon lebih kecil dari C_{18} ($< C_{18}$).

Berdasarkan uraian diatas, maka rantai karbon panjang yang terdapat pada minyak jarak ($\geq C_{18}$), dapat dikonversi menjadi ikatan rantai karbon yang lebih

pendek yang setara dengan bahan bakar minyak ($\leq C_{18}$), khususnya bahan bakar biodiesel yang memiliki rentang rantai karbon C_{12} - C_{18} .

2.4 Analisa Nilai Kalor

Analisa nilai kalor bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai kalor yang terkandung didalam suatu bahan bakar. Pada penelitian ini, penentuan nilai kalor bahan bakar dilakukan dengan menggunakan *elemental analyzer leco CHN628*. Berdasarkan pengujian elemental tersebut, diperoleh besarnya persentase kandungan karbon, hydrogen, nitrogen dan oksigen yang terkandung didalam suatu bahan bakar cair.

Melalui data elemental diatas, dapat ditentukan besarnya nilai kalor suatu bahan bakar dengan mensubstitusinya kedalam persamaan elemental. Menurut (Simanungkalit, Mansur, & Fitriady, 2016), perhitungan nilai kalor bahan bakar cair dapat ditentukan dengan mengacu kepada persamaan dulong berikut :

$$HHV \left(\frac{MJ}{kg} \right) = 0.3383C + 1.422 \left(H - \frac{O}{8} \right) \quad (2 - 1)$$

Dimana,

C = massa karbon per 1 kg bahan bakar.

H = massa hidrogen per 1 kg bahan bakar.

O = massa oksigen per 1 kg bahan bakar.

W = massa air per 1 kg bahan bakar

TABLE 2.4
Typical Properties of Automotive Fuels

Property	Automotive Gasoline	No. 2 Diesel Fuel	Ethanol	B100 Biodiesel
Chemical formula	C ₄ to C ₁₂	C ₈ to C ₂₅	C ₂ H ₅ OH	C ₁₂ to C ₂₂
Molecular weight	100–105	~200	32	~292
Specific gravity at 16°C	0.72–0.78	0.85	0.794	0.88
Kinematic viscosity at 20°C (m ² /s)	0.8 × 10 ⁻⁶	2.5 × 10 ⁻⁶	1.4 × 10 ⁻⁶	–
Boiling point range (°C)	30–225	210–235	78	182–338
Reid vapor pressure (kPa)	48–69	<2	148	<0.3
Flash point (°C)	–43	60–80	13	100–170
Autoignition temp (°C)	257	–315	423	–
Octane No. (Research)	88–98	–	109	–
Octane No. (Motor)	80–88	–	90	–
Cetane No.	<15	40–55	–	48–65
Stoichiometric air-fuel ratio by weight	14.7	14.7	9.0	13.8
Carbon content (wt %)	85–88	87	52.2	77
Hydrogen content (wt %)	12–15	13	13.1	12
Oxygen content (wt %)	2.7–3.5	0	34.7	11
Heat of vaporization (kJ/kg)	380	375	920	–
LHV (MJ/kg)	43.5	45	28	42

Gambar 2.4. Karakteristik Diesel dan Biodiesel Internasional (Ragland & Bryden, 2011)

Untuk menghitung nilai kalor (HHV) biodiesel dalam standar internasional pada gambar 2.4, menurut (Basu, 2010), dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{HHV} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) = 3.22 * \text{Rasio Stoikiometri} \quad (2-2)$$

2.5 Katalis NiMo/Al₂O₃

Katalis merupakan suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tetapi bukan sebagai pereaksi atau produk. Katalis bekerja dengan cara menurunkan energi aktivasi dalam reaksi. Dengan bantuan katalis, waktu yang dibutuhkan dalam menghasilkan produk lebih singkat atau reaksi semakin cepat. Sebelum digunakan, katalis diaktivasi melalui proses sulfidasi dengan menggunakan agen sulfidasi berupa H₂S ataupun CS₂. Menurut (Rosyadi, 2012), katalis berbasis NiMo tersulfidasi banyak dipakai di kilang minyak. Dari beberapa support (Silica, Alumina, Zeolit, Carbon), katalis NiMo dengan support amorphous silica alumina (ASA) dipilih untuk proses hydrocracking karena dapat mengarahkan produk ke fraksi diesel oil dan katalis berbasis Ni/Al₂O₃ tersulfidasi memiliki aktivitas untuk memutuskan ikatan karbon (Dora.N, Setiabudi, & Eko, 2010). Katalis yang digunakan pada proses hydrocracking perlu diaktivasi melalui proses sulfidasi. Aktivasi katalis ini dimaksudkan untuk memutuskan ikatan rantai karbon panjang (Rosyadi, 2012).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan April 2017 – Juni 2017

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Kimia LIPI, Serpong Tangerang Selatan

3.2 Metode Penelitian

Aktivasi Katalis

Menyiapkan katalis NiMo/Al₂O₃ untuk ditimbang. Menimbang katalis sebesar 1% dari berat minyak. Lalu siapkan larutan NaOH sebanyak 150ml. setelah ditimbang lakukan proses pengosongan tabung sulfidasi dengan mengalirkan gas N₂ sebesar 1.5 bar selama 30 menit pada suhu 135°C untuk mengeluarkan udara yang ada di dalam tabung. Setelah itu mengalirkan gas H₂ untuk proses sulfidasi pada suhu 385°C selama 120 menit. Setelah selesai, masukkan katalis ke botol kaca agar tidak terkena udara bebas. Lakukan proses sulfidasi sebanyak 3 kali proses (dalam penelitian ini terdapat 3 sampel yang menggunakan katalis tersulfidasi).

Proses *Hydrocracking*

Menyiapkan reaktor batch ukuran 100ml lalu menimbang minyak. Setelah menimbang minyak, kemudian memasukkan minyak dan katalis NiMo/Al₂O₃ yang telah di sulfidasi. Setelah itu lakukan pengaturan suhu yang diinginkan yaitu 350°C dalam waktu 80 menit, dengan tekanan 10 bar. Setelah selesai, menimbang minyak kembali untuk mengetahui besar massa minyak yang berkurang dalam proses. Setelah itu, dilakukan pengulangan kembali dengan menaikkan tekanan menjadi 20 dan 30 bar.

3.2.1 Alat dan bahan Penelitian

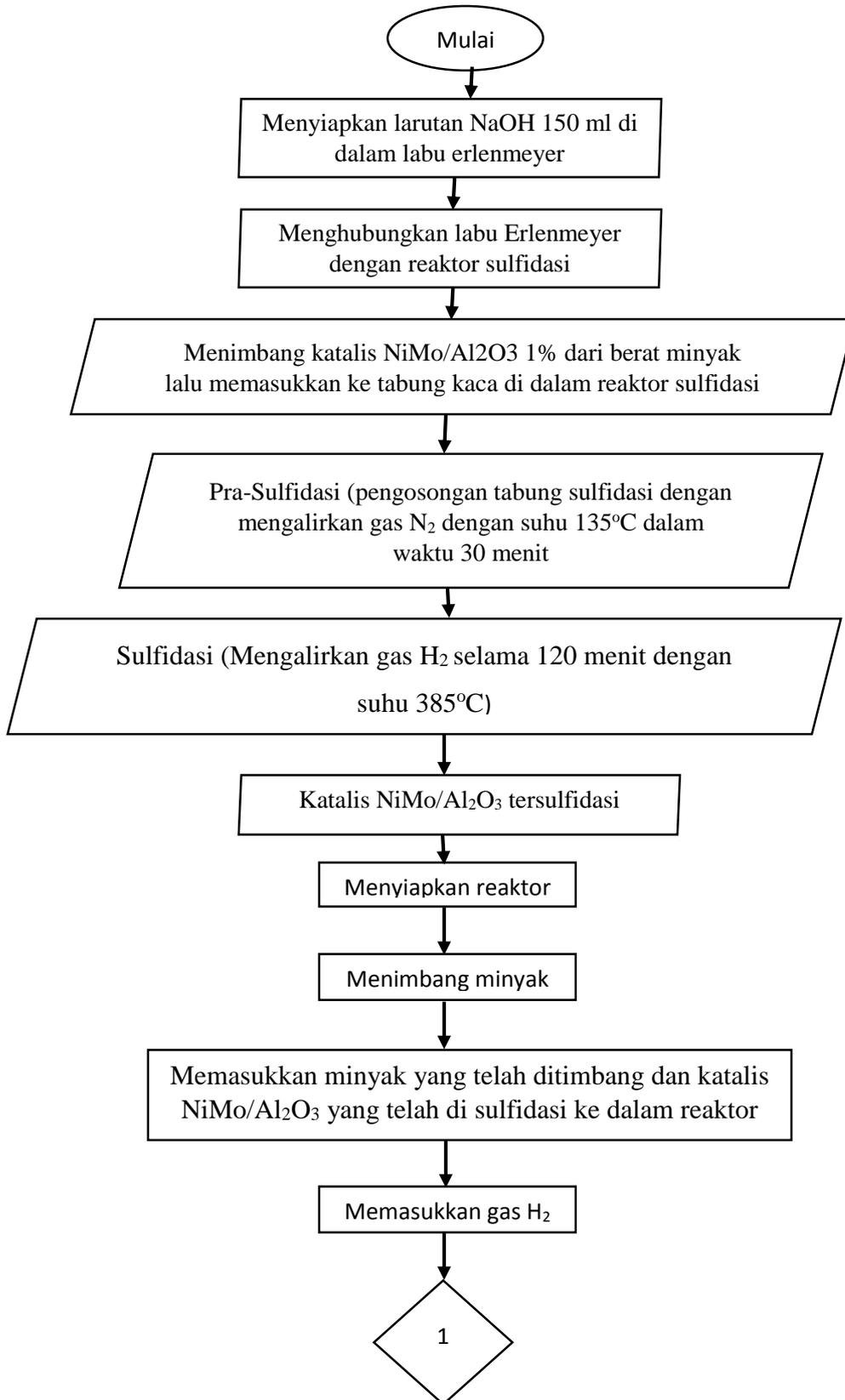
1. Reaktor Batch
2. Reaktor Sulfidasi
3. Tabung Reaksi
4. Gelas Kimia
5. *Magnetic Stirrer*
6. Minyak Jarak
7. Gas H₂
8. Gas N₂
9. Katalis NiMo/Al₂O₃ 1% untuk proses *Hydrocracking*

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Proses Pembuatan Biodiesel

- a. Menyiapkan larutan NaOH 150 ml di dalam labu Erlenmeyer
Menghubungkan labu Erlenmeyer tersebut ke reaktor
- b. Menyiapkan katalis NiMo/Al₂O₃
- c. Menimbang katalis NiMo/Al₂O₃ 1% dari massa minyak, lalu memasukkan katalis ke tabung kaca dalam reaktor sulfidasi
- d. Pra sulfidasi (mengalirkan gas N₂ untuk menghilangkan udara di dalam tabung. Gas N₂ dialirkan selama 30 menit pada suhu 135°C pada tekanan 1.5 bar)
- e. Proses sulfidasi katalis NiMo/Al₂O₃ (mengalirkan gas H₂ untuk menghilangkan gas N₂ di dalam tabung. Gas H₂ dialirkan selama 120 menit pada suhu 385°C pada tekanan 1.5 bar)
- f. Menyiapkan reaktor batch 100 ml
- g. Menimbang minyak sebanyak 100 ml
- h. Memasukkan minyak yang telah ditimbang dan katalis yang telah di sulfidasi kedalam reaktor
- i. Menambahkan gas H₂ kedalam reaktor untuk proses hydrocracking
- j. Proses hydrocracking selama 80 menit dengan suhu 350°C
- k. Menimbang produk
- l. Memasukkan produk kedalam botol kaca
- m. Menganalisa produk dengan analisa nilai kalor dengan alat CHN628
- n. Membuat analisa dan kesimpulan di dalam laporan

3.3.1.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Biodiesel



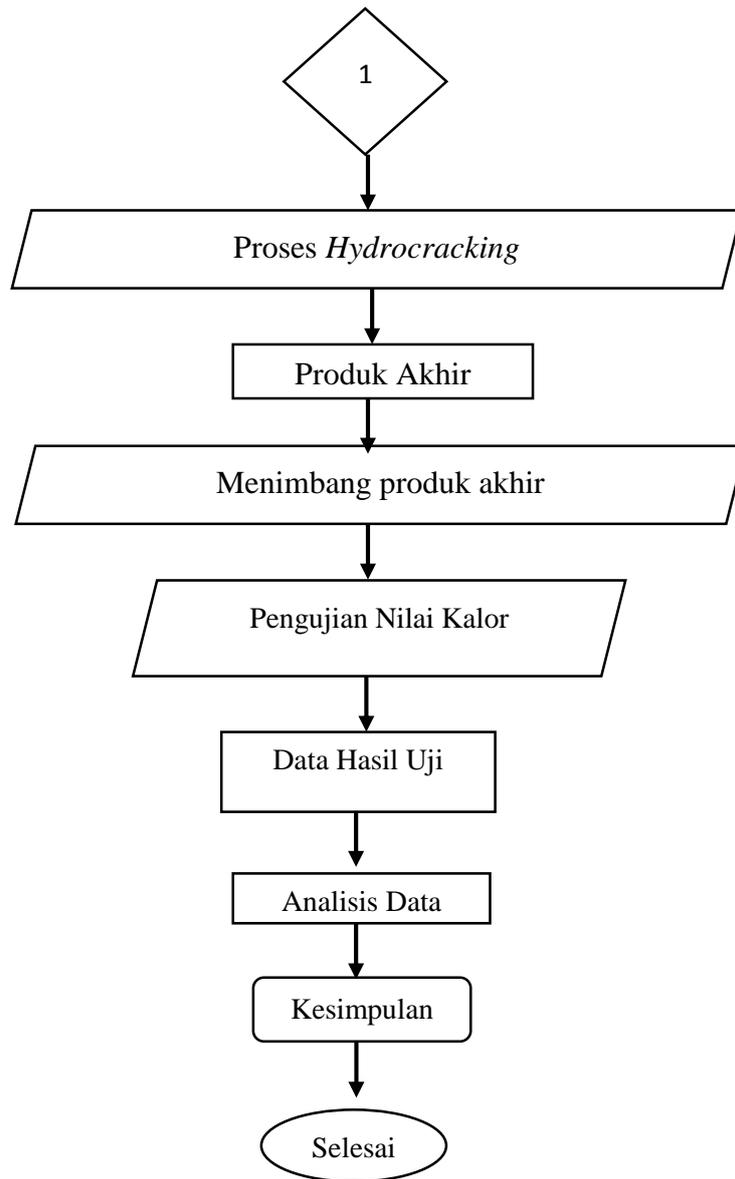


Diagram 3.1. Diagram Alir Proses Pembuatan Biodiesel

3.3.2 Proses Sulfidasi

- a. Menyiapkan larutan NaOH sebanyak 150 ml di dalam labu Erlenmeyer.
- b. Menghubungkan labu Erlenmeyer dengan reaktor sulfidasi
- c. Menyiapkan katalis NiMo/Al₂O₃ untuk ditimbang.
- d. Menimbang katalis sebesar 1% dari berat minyak. Lalu memasukkan katalis ke dalam tabung kaca dalam reaktor sulfidasi
- e. Proses pra sulfidasi (pengosongan tabung sulfidasi dengan mengalirkan gas N₂ dengan suhu 135°C dalam waktu 30 menit)
- f. Mengalirkan gas H₂ untuk proses sulfidasi (120 menit 385°C).
- g. Katalis NiMo/Al₂O₃ tersulfidasi

3.3.2.1 Diagram Alir Proses Sulfidasi

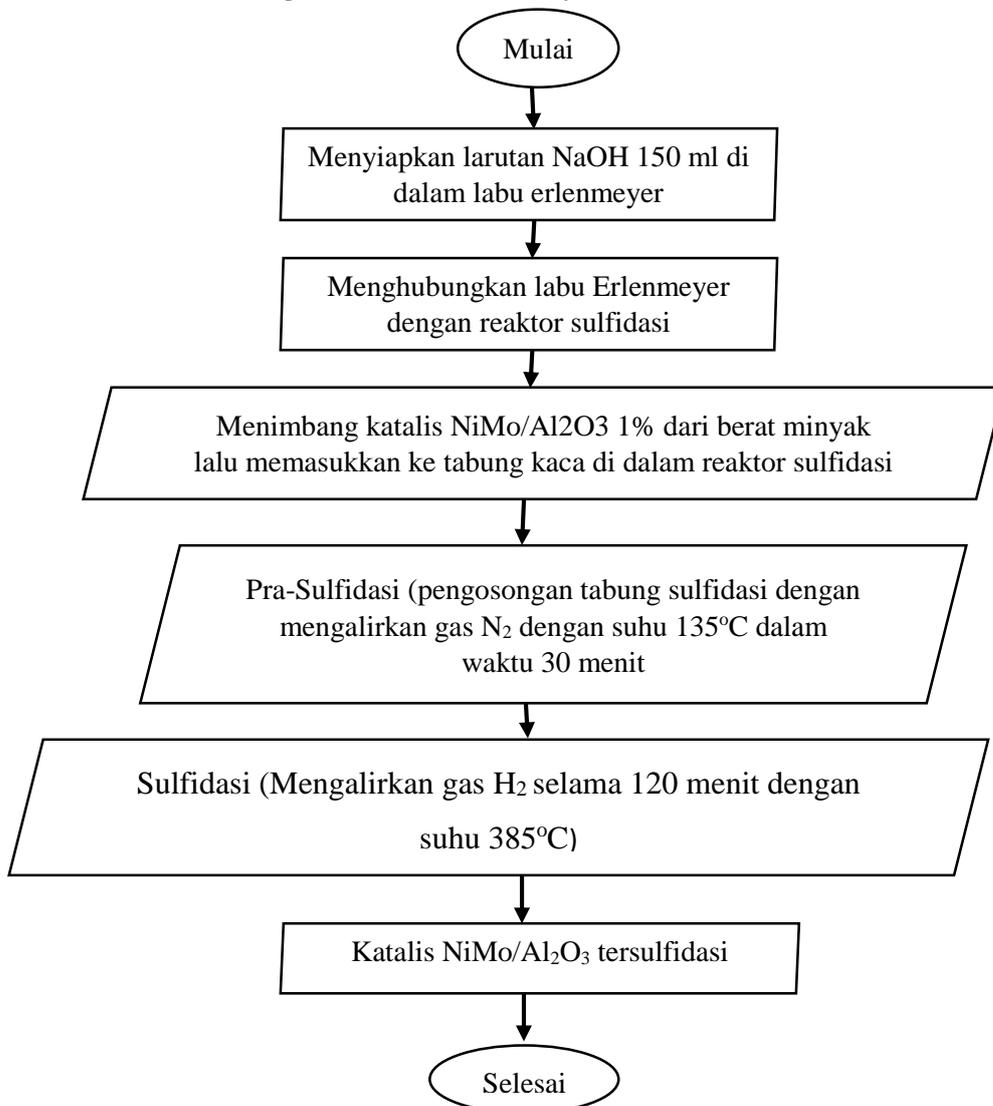


Diagram 3.2. Diagram Alir Proses Sulfidasi



Gambar 3.1. Reaktor Sulfidasi

3.3.3 Proses *Hydrocracking*

- a. Menimbang minyak
- b. Menyiapkan reaktor batch ukuran 100 ml
- c. Memasukkan minyak yang telah ditimbang dan katalis NiMo/Al₂O₃ yang telah di sulfidasi ke dalam reaktor.
- d. Memasukkan gas H₂ yang diinginkan (10,20,30 bar)
- e. Melakukan pengaturan suhu yang diinginkan (350°C) selama 80 menit
- f. Produk Akhir

3.3.3.1 Diagram Alir Proses *Hydrocracking*

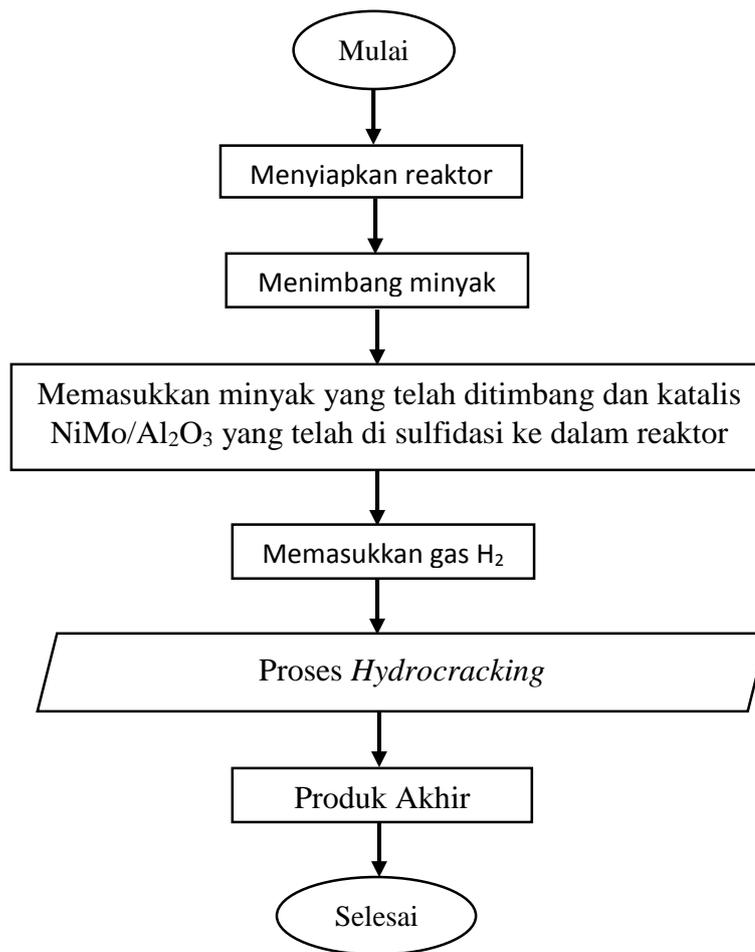
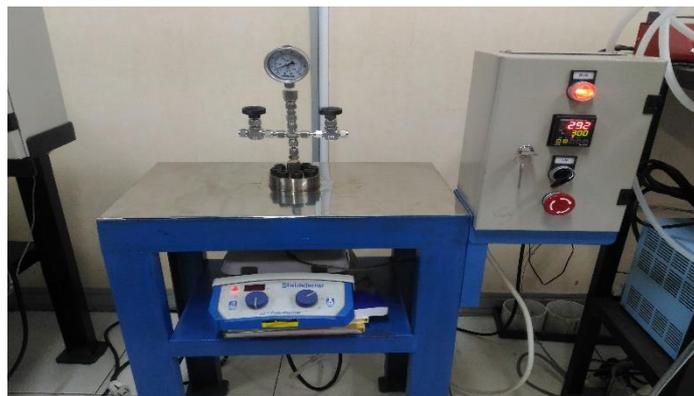


Diagram 3.3. Diagram Alir Proses *Hydrocracking*



Gambar 3.2. reaktor batch untuk proses hydrocracking

3.3.4 Langkah - langkah Penelitian

- a. Studi literatur (mencari referensi terkait tentang penelitian dengan metode, bahan, jenis analisa yang sama)
- b. Setelah mengetahui metode, bahan penelitian dan jenis analisa, mulai mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan di dalam penelitian
- c. Dalam penelitian ini, sebelum melakukan proses utama, melakukan proses pra sulfidasi dan sulfidasi katalis yang dimana katalis merupakan salah satu bahan untuk penelitian. Proses Pra-Sulfidasi (pengosongan tabung sulfidasi dengan mengalirkan gas N_2 dengan suhu $135^{\circ}C$ dalam waktu 30 menit). Proses Sulfidasi (Mengalirkan gas H_2 selama 120 menit dengan suhu $385^{\circ}C$)
- d. Setelah mendapatkan katalis yang tersulfidasi, maka penyiapan bahan utama sebelum proses yaitu menimbang massa bahan, menyiapkan alat yang dibutuhkan
- e. Kemudian proses pembuatan produk berlangsung dimana bahan utama ditambahkan katalis dan gas H_2 dimasukkan ke dalam alat yang digunakan dalam pembuatan (reaktor batch)
- f. Setelah selesai proses, menimbang kembali massa setelah proses yang bertujuan mengetahui apa pengaruh metode yang dilakukan terhadap bahan penelitian
- g. Setelah mengetahui massa produk, kemudian melakukan analisa dengan parameter yang diinginkan (energi, viskositas, densitas)
- h. Setelah mendapatkan data, hasil tersebut dituliskan ke dalam laporan dan dibuat kesimpulan dari data yang telah diperoleh

3.3.4.1 Diagram Alir Penelitian

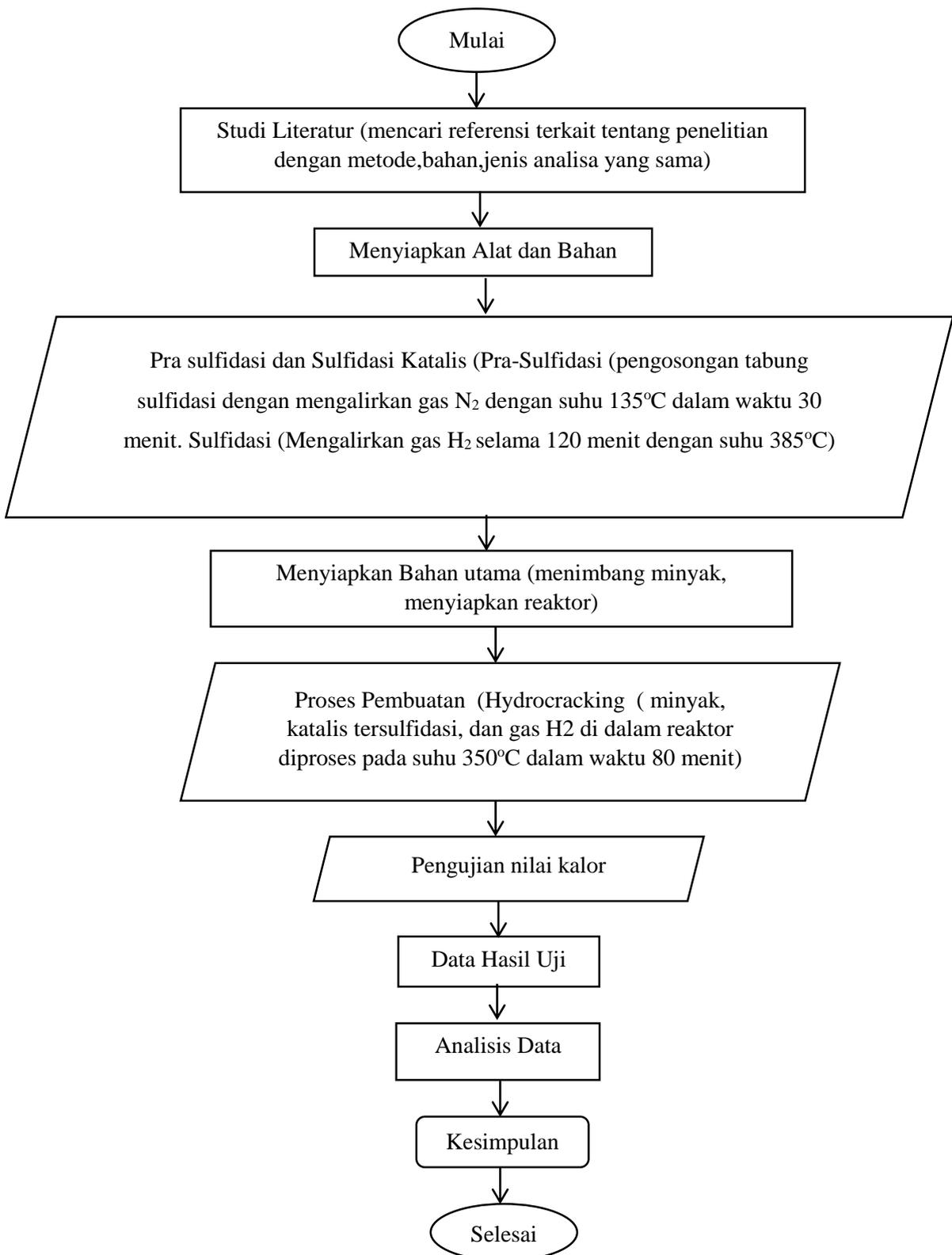


Diagram 3.4. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Nilai Kalor Minyak Jarak

Pada penelitian ini, dilakukan kajian terkait pengaruh proses hydrocracking minyak jarak yang diterapkan dibawah pengaruh tekanan dan penggunaan katalis NiMo/Al₂O₃ terhadap besarnya nilai kalor bahan bakar yang mampu dihasilkan. Hasil analisa tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

4.1.1 Analisa Nilai Kalor Minyak Jarak

Analisa nilai kalor pada minyak jarak bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai kalor yang terkandung didalam bahan baku. Penentuan nilai kalor minyak jarak dilakukan dengan menggunakan *elemental analyzer leco CHN628*. Berdasarkan hasil pengujian elemental diperoleh besarnya persentase kandungan karbon, hydrogen, nitrogen dan oksigen yang terkandung didalam minyak jarak. Berikut ditampilkan hasil pengujian elemental pada bahan baku minyak jarak :

Tabel 4.1. Hasil Analisa Elemental Minyak Jarak dan Biodiesel B100 Internasional.

Sampel	Karbon (%)	Hydrogen (%)	Nitrogen (%)	^a Oksigen (%)
Minyak Jarak	74.113	11.142	0.000	14.745
B-100 (SI)	77	12	0	11

^aDihitung berdasarkan selisih (100 - C% - H% - N%).

Berdasarkan hasil pengujian elemental diketahui bahwa besarnya kandungan karbon dan hydrogen yang terkandung didalam minyak jarak mencapai 74.113% dan 11.142 %. Selain itu, analisa elemental menunjukkan bahwa kandungan oksigen didalam minyak jarak cukup besar yaitu mencapai 14.745 %. Hal ini disebabkan karena pada dasarnya komponen utama pada minyak jarak merupakan asam lemak bebas yang mengandung ikatan oksigen. Menurut (Nasruddin & Pryanto, 2010), minyak jarak mengandung asam palmitat (18.22%), stearat (5.14 %), oleat (28.46 %) dan linoleat (48.18 %). Secara keseluruhan, asam diatas merupakan senyawa-senyawa yang mengandung ikatan oksigen.

Dengan menggunakan data elemental diatas, dapat ditentukan besarnya nilai kalor minyak jarak dengan mengacu kepada persamaan elemental (persamaan dulong). Perhitungan nilai kalor minyak jarak dapat dilihat pada lampiran 1-A. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Minyak Jarak dan Biodiesel B-100 SI dengan rumus Dulong.

Sampel	HHV (MJ/kg)
Minyak Jarak	38.30
*Biodiesel B-100 (Standar Internasional)	44.4
Minyak Jarak (Wang, 2016)	37.46
Biodiesel Standar Nasional	37.0

*Nilai Kalor Bahan Biodiesel B-100 Internasional (Ragland & Bryden, 2011)

Dari tabel terlihat bahwa nilai kalor maksimum (HHV) yang terkandung didalam minyak jarak lebih rendah dari standar bahan bakar Biodiesel B-100 yang dipersyaratkan yaitu 44.4 MJ/kg. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas nilai kalor yang dimiliki oleh minyak jarak belum mencapai standar yang dipersyaratkan oleh bahan bakar Biodiesel B-100.

Berdasarkan hal ini, perlu dilakukannya proses hydrocracking minyak jarak yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kalor minyak jarak agar memenuhi standar bahan bakar Biodiesel B-100 di pasaran yang dipersyaratkan.

4.1.2 Analisa Pengaruh Penggunaan Katalis (NiMo/Al₂O₃) dan Non Katalis Terhadap Nilai Kalor Produk Hydrocracking Minyak Jarak

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh sebelumnya, diketahui bahwa nilai kalor minyak jarak belum memenuhi standar bahan bakar Biodiesel B-100 yang dipersyaratkan. Sehingga, perlu dilakukan peningkatan nilai kalor minyak jarak tersebut. Menurut (Wang, 2016), proses hydrocracking merupakan salah satu proses yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas nilai kalor suatu bahan

bakar cair. Maka pada penelitian ini, dilakukan proses hydrocracking terhadap minyak jarak dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ dan Non Katalis yang diproses pada tekanan 20 bar. Menurut (Wang, 2016), Nilai kalor terbaik yang didapat dengan proses hydrocracking minyak jarak yaitu pada kondisi tekanan 20 bar, dengan suhu 350°C selama 80 menit. Dan menurut (Dora.N, Setiabudi, & Eko, 2010), Katalis Ni/Al₂O₃ tersulfidasi memiliki aktifitas untuk memutuskan rantai-rantai asam lemak pada minyak nabati. Oleh karena itu dilakukan proses hydrocracking minyak jarak dimana kondisi suhu dan waktu proses bernilai konstan yaitu 350 °C dan 80 menit. Berikut ditampilkan hasil pengujian elemental produk hydrocracking dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ dan Non Katalis:

Tabel 4.3. Hasil Analisa Elemental Produk Hydrocracking Minyak Jarak (Katalis & Non Katalis).

Sampel	Karbon (%)	Hydrogen (%)	Nitrogen (%)	Oksigen (%)
Minyak Jarak	74.113	11.142	0.000	14.745
Hydrocracking (Non Katalis)	75.392	11.548	0.000	13.060
Hydrocracking (NiMo/Al ₂ O ₃)	76.041	11.667	0.000	12.292

Berdasarkan hasil analisa elemental, diketahui bahwa produk dengan persentase nilai karbon dan hidrogen terbesar diperoleh pada proses hydrocracking dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃, dengan persentase mencapai 76.041% dan 11.667%. Serta, produk dengan persentase nilai oksigen terendah juga diperoleh pada proses hydrocracking dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ yaitu sebesar 12.292 %. Secara keseluruhan, proses hydrocracking minyak jarak dengan/tanpa menggunakan katalis, menghasilkan persentase karbon dan hydrogen yang lebih tinggi dari bahan baku minyak jarak yang digunakan. Serta, menghasilkan persentase oksigen yang semakin rendah dari bahan baku minyak jarak yang digunakan. Naiknya kadar H₂ dan menurunnya kadar oksigen di dalam minyak, menurut (Hudaya & Wiratama, 2015), diakibatkan karena penambahan gas H₂ yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas hidrokarbon dan menghilangkan kadar oksigen.

Dengan menggunakan data elemental diatas, kemudian ditentukan besarnya nilai kalor produk hydrocracking minyak jarak dengan mengacu kepada persamaan elemental (persamaan dulong). Perhitungan nilai kalor minyak jarak dapat dilihat pada lampiran 1B dan 1C. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Produk Hydrocracking Minyak Jarak Dengan Menggunakan Katalis NiMo/Al₂O₃ & NonKatalis.

Sampel	HHV (MJ/kg)
Minyak Jarak	38.30
Hydrocracking (Non Katalis)	39.60
Hydrocracking (NiMo/Al ₂ O ₃)	40.13
*Biodiesel B-100 (Standar Internasional)	44.4

*Nilai Kalor Bahan Bakar Biodiesel B-100 Internasional (Ragland & Bryden, 2011)

Dari grafik diatas, terlihat bahwa proses hydrocracking minyak jarak dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ dan Non Katalis, mampu meningkatkan nilai kalor produk yang dihasilkan dari bahan baku minyak jarak yang digunakan. Ini menunjukkan bahwa proses hydrocracking yang dilakukan berhasil meningkatkan kualitas produk bahan bakar yang dihasilkan. Kemudian, nilai kalor (HHV) terbesar diperoleh pada proses hydrocracking dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ yaitu mencapai 40.13 MJ/kg. Lalu diikuti oleh produk hydrocracking dengan tanpa menggunakan katalis dengan nilai kalor mencapai 39.60 MJ/kg.

Berdasarkan hal ini, kondisi optimum diperoleh pada proses hydrocracking yang diproses dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃. Menurut (Dora.N, Setiabudi, & Eko, 2010), Katalis Ni/Al₂O₃ memiliki aktifitas untuk memutuskan rantai-rantai asam lemak pada minyak nabati. Namun demikian, nilai kalor maksimum (HHV) yang terkandung didalam produk hydrocracking minyak jarak yang diproses dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ masih lebih rendah dari standar bahan bakar Biodiesel B100 yang dipersyaratkan yaitu 44.4 MJ/kg. Hal ini

menunjukkan bahwa kualitas nilai kalor yang dimiliki oleh produk hydrocracking minyak jarak yang diproses dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ belum mencapai standar yang dipersyaratkan oleh bahan bakar Biodiesel B100 Standar Internasional.

Berdasarkan hal ini, perlu dilakukannya proses hydrocracking lebih lanjut yaitu dengan memvariasikan tekanan hydrogen yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kalor produk hydrocracking agar memenuhi standar bahan bakar Biodiesel B100 yang dipersyaratkan.

4.1.3 Analisa Pengaruh Variasi Tekanan Hidrogen Terhadap Nilai Kalor Produk Hydrocracking Minyak Jarak Dengan Menggunakan Katalis NiMo/Al₂O₃.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh sebelumnya, diketahui bahwa kondisi optimum proses hydrocracking diperoleh dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃. Namun, nilai kalor yang dihasilkannya masih lebih rendah dari standar bahan bakar biodiesel B-100 yang dipersyaratkan. Sehingga, perlu dilakukan peningkatan nilai kalor produk tersebut. Maka, proses hydrocracking dilanjutkan dengan memvariasikan tekanan hydrogen yang digunakan yaitu sebesar 10 bar, 20 bar dan 30 bar yang diproses dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃. Dimana kondisi suhu dan waktu proses bernilai konstan yaitu 350 °C dan 80 menit. Berikut ditampilkan hasil pengujian elemental produk hydrocracking dengan variasi tekanan hydrogen yang diproses menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ :

Tabel 4.5. Hasil Analisa Elemental Produk Hydrocracking Minyak Jarak Dengan Variasi Tekanan Hidrogen yang Diproses Menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃.

Sampel	Karbon (%)	Hydrogen (%)	Nitrogen (%)	Oksigen (%)
Minyak Jarak	74.113	11.142	0.000	14.745
Produk (10 Bar)	75.379	11.573	0.000	13.048
Produk (20 Bar)	76.041	11.667	0.000	12.292
Produk (30 Bar)	75.776	11.920	0.000	12.304

Dari tabel diatas, terlihat bahwa secara keseluruhan proses hydrocracking dengan memvariasikan tekanan hydrogen yang disertai penggunaan katalis

NiMo/Al₂O₃, menghasilkan persentase karbon dan hydrogen yang lebih tinggi dari bahan baku minyak jarak yang digunakan. Serta, menghasilkan persentase oksigen yang lebih rendah dari bahan baku minyak jarak yang digunakan.

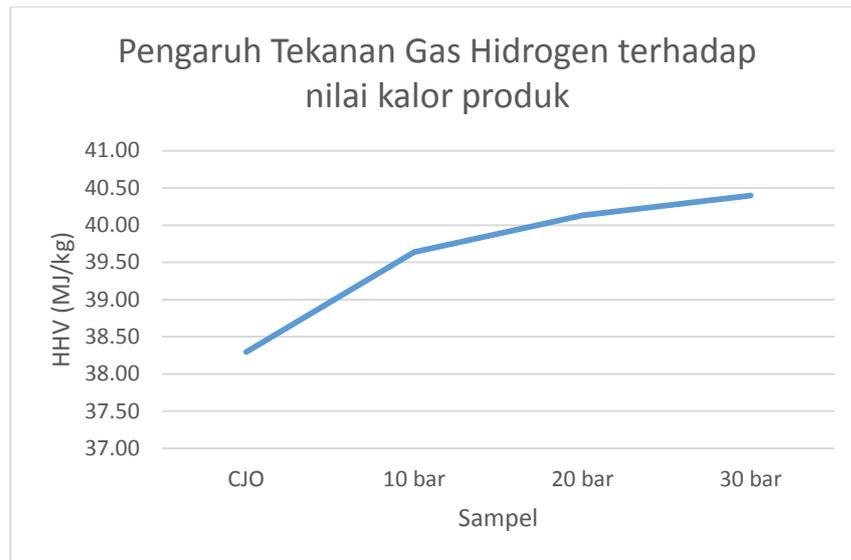
Hal ini menunjukkan bahwa variasi tekanan hydrogen mempengaruhi persentase karbon, hydrogen dan oksigen yang terkandung didalam produk. Berdasarkan hasil analisa elemental, diketahui bahwa produk dengan persentase nilai hidrogen terbesar diperoleh pada penggunaan tekanan hydrogen sebesar 30 bar dengan persentase mencapai 11.920%.

Dengan menggunakan data elemental diatas, kemudian ditentukan besarnya nilai kalor produk hydrocracking minyak jarak dengan mengacu kepada persamaan elemental (persamaan dulong). Perhitungan nilai kalor minyak jarak dapat dilihat pada lampiran 1C, 1D dan 1E. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Produk Hydrocracking Minyak Jarak Dengan Variasi Tekanan Hidrogen yang Diproses Menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃ dibandingkan dengan B-100 internasional.

Sampel	HHV (MJ/kg)
Minyak Jarak	38.30
Produk (10 Bar)	39.64
Produk (20 Bar)	40.13
Produk (30 Bar)	40.40
*Biodiesel B-100	44.4

*Standar Nilai Kalor Bahan Bakar Biodiesel B100 Internasional (Ragland & Bryden, 2011)



Grafik 4.1. Grafik Hubungan pengaruh tekanan hydrogen terhadap nilai kalor produk

Dari tabel diatas, terlihat bahwa proses hydrocracking minyak jarak dengan memvariasikan tekanan hydrogen, mampu meningkatkan nilai kalor produk yang dihasilkan dari bahan baku minyak jarak yang digunakan. Ini menunjukkan bahwa proses hydrocracking yang dilakukan berhasil meningkatkan kualitas produk bahan bakar yang dihasilkan. Kemudian, nilai kalor (HHV) terbesar diperoleh pada proses hydrocracking dengan menggunakan tekanan 30 bar yaitu mencapai 40.40 MJ/kg. Lalu diikuti oleh produk hydrocracking dengan tekanan 20 bar dan 10 bar dengan nilai kalor mencapai 40.13 MJ/kg dan 39.64 MJ/kg. Dan pada grafik diatas menunjukkan bahwa pengaruh gas hydrogen meningkat secara linear.

Berdasarkan hal ini, kondisi optimum diperoleh pada proses hydrocracking menggunakan tekanan 30 bar dengan nilai kalor yang terukur sebesar 40.40 MJ/kg. Namun, nilai kalor maksimum (HHV) yang terkandung didalam produk hydrocracking minyak jarak yang diproses dengan tekanan 30 bar menghasilkan nilai kalor yang lebih rendah dari standar bahan bakar Biodiesel B100 internasional yaitu 44.4 MJ/kg.

4.1.4 Analisa Produk Terbaik Hydrocracking Minyak Jarak

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh sebelumnya, diketahui bahwa kondisi optimum proses hydrocracking tercapai pada penggunaan tekanan 30 bar, yang diproses dengan menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃. Produk terbaik kemudian dikaji lebih lanjut terkait penyesuaian terhadap standar campuran nilai kalor bahan

bakar biodiesel B-20 yang saat ini dipakai di pasaran. Oleh karena itu, nilai kalor produk terbaik yang telah diproses melalui hydrocracking tersebut perlu disesuaikan dengan mengacu kepada persamaan elemental yang dinyatakan (Fajar TK & Sudargana, 2007) dalam persamaan berikut:

$$HHV_{camp} \left(\frac{MJ}{kg} \right) = [X \text{ Biodiesel} * HHV \text{ biodiesel} + (1 - X) * HHV_{solar}] \quad (4-1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Campuran (HHV_{camp}) Produk terbaik Hydrocracking Minyak Jarak.

bahan bakar	Energi(MJ/Kg)	Bahan Bakar	Energi(MJ/kg)
Diesel (SI)	47.3	Diesel (SI)	47.3
B-100 (SI)	44.4	produk penelitian	40.4
B-10	47.0	B-10	46.6
B-20	46.7	B-20	45.9
B-30	46.4	B-30	45.2
B-40	46.1	B-40	44.5
B-50	45.9	B-50	43.9
B-60	45.6	B-60	43.2
B-70	45.3	B-70	42.5
B-80	45.0	B-80	41.8
B-90	44.7	B-90	41.1

*Standar Nilai Kalor Bahan Bakar Diesel dan Biodiesel Internasional (Ragland & Bryden, 2011)

Berdasarkan tabel diatas, terlihat bahwa nilai kalor campuran (HHV_{camp}) produk hydrocracking minyak jarak dalam penelitian ini belum memenuhi kesesuaian dengan standar nilai kalor bahan bakar biodiesel B-20 dengan energi sebesar 46.7MJ/kg. Namun demikian, produk yang dihasilkan dalam penelitian ini nilai kalor yang dimiliki oleh produk terbaik telah melebihi nilai kalor biodiesel standar nasional sebagaimana terlihat pada tabel 4.8 dibawah ini

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Nilai Kalor Campuran (HHVcamp) Produk terbaik Hydrocracking Minyak Jarak terhadap nilai kalor campuran biodiesel standar nasional

bahan bakar	Energi(MJ/Kg)	Bahan Bakar	Energi(MJ/kg)
solar	42.7	solar	42.7
B-100 komersial	37	Produk Penelitian	40.4
B-10	42.1	B-10	42.5
B-20	41.6	B-20	42.2
B-30	41.0	B-30	42.0
B-40	40.4	B-40	41.8
B-50	39.9	B-50	41.6
B-60	39.3	B-60	41.3
B-70	38.7	B-70	41.1
B-80	38.1	B-80	40.9
B-90	37.6	B-90	40.6

Berdasarkan tabel diatas, terlihat bahwa nilai kalor campuran (HHVcamp) produk hydrocracking minyak jarak dalam penelitian ini telah memenuhi kesesuaian dengan standar nilai kalor bahan bakar biodiesel B-20 nasional dengan energi sebesar 41.6MJ/kg pada pencampuran 50% produk atau B-50.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besar nilai kalor produk hydrocracking non katalis adalah 39.60 MJ/kg. Sedangkan, besar nilai kalor produk hydrocracking dengan katalis adalah 40.13 MJ/kg. Dari hasil yang diperoleh, pengaruh pemberian katalis NiMo tersulfidasi akan menaikkan nilai kalor produk sebesar 0.53 MJ/kg.
2. Besar nilai kalor produk hydrocracking minyak jarak adalah: 39.64 MJ/kg dengan tekanan 10 bar, 40.13 MJ/kg dengan tekanan 20 bar dan 40.40 MJ/kg dengan tekanan 30 bar. Semakin besar tekanan hidrogen pada proses hydrocracking minyak jarak yang digunakan, nilai kalor produk yang dihasilkan semakin meningkat.
3. Besarnya nilai kalor campuran (HHV_{camp}) yang dihasilkan dari produk hydrocracking minyak jarak belum memenuhi standar biodiesel B-20 internasional yang saat ini digunakan yaitu 46.7 MJ/kg. Namun nilai kalor campuran produk yang dihasilkan telah memenuhi nilai kalor biodiesel B-20 standar nasional yang saat ini digunakan yaitu 41.6 MJ/kg pada campuran 50% biodiesel atau B-50.

5.2 Saran

Beberapa rekomendasi yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian ini yang mungkin dapat berguna pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan kajian untuk pengaruh suhu proses hydrocracking terhadap kualitas bahan bakar yang dihasilkan.
2. Variasi suhu proses hydrocracking minyak jarak.
3. Variasi persentase katalis untuk mengetahui jumlah minimal penggunaan katalis untuk menghasilkan standar yang sama.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menaikkan tekanan hidrogen pada saat proses hydrocracking.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (2007). ASTM Requirements for Biodiesel (B100) . In *Changes in Diesel Fuel* (p. 22). National Institute of Automotive Service Excellent.
- Basu, P. (2010). Estimation of Biomass Heating Values. In P. Basu, *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design* (p. 59). Burlington: Academic Press.
- Dewi, D. C. (2015). *Produksi Biodiesel Dari Minyak Jarak(Ricinus Communis) Dengan Microwave*. Semarang: Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Dora.N, M., Setiabudi, A., & Eko, R. (2010). Sintetis, Karakteristik dan Uji Aktivitas Katalis Ni/Al₂O₃ Pada Reaksi Hydrocracking Minyak Nabati. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*, 30-37.
- Fajar TK, B., & Sudargana. (2007). Pengukuran Viskositas Dan Nilai Kalor Bio-Diesel Minyak Bawang Dengan Variasi Temperatur Dan Kadar Minyak Bawang . *Rotasi*, 6-9.
- Fransisca, G. A. (2012). *Sintetis Renewable Diesel Dengan Metode Deoksigenasi Menggunakan Katalis Pd/C dan NiMo/C*. Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Gerpen, J. V. (2004). *Biodiesel Production Technology* . Colorado: National Renewable Energy Laboratory .
- Hudaya, T., & Wiratama, I. P. (2015). *Kajian Kinerja Katalis Ni-Mo-S/Al₂O₃ Proses Hidrotreating Minyak Biji Kapok (Ceiba Petandra) untuk Sintesa Biohidrokarbon*. Bandung: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katholik Parahyangan.
- Nasruddin, & Pryanto, G. (2010). Model Kinetika Pembentukan Sisa Karbon Dan Kadar Air Pada Proses Hydrocracking Minyak Jarak Menjadi Biopetroleum Dengan Katalis Zeolit Teraktivasi . *Jurnal Riset Industri*, 51-60.
- Ragland, K. W., & Bryden, K. M. (2011). Typical Properties of Automotive Fuels. In K. W. Ragland, & K. M. Bryden, *Combustion Engineering Second Edition* (p. 19). London: CRC Press.
- Riza, Restituta, B., & Paryanto, I. (2015). Spesifikasi Mutu B-20 di Indonesia dan Perbandingannya dengan Spesifikasi Biodiesel, Minyak Solar dan Standard International. *Kajian Teknis dan Uji Pemanfaatan Biodiesel B-20 pada Kendaraan Bermotor dan Alat Berat* (pp. 1-24). Jakarta: BPPT.

- Rosyadi, E. (2012). *Konversi Minyak Nabati Menjadi Green Diesel Dan Green Gasoline Dengan Proses Hydrocracking Dan Hydrotreating Pada Katalis NiMo/Al₂O₃, NiMo/ Al₂O₃- SiO₂ NiMo/SiO₂, dan NiMo/Zeolit* . Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).
- Setiadi, & Suranto, A. (2009). Reaksi Dekarboksilasi Minyak Jarak Pagar Untuk Pembuatan Hidrokarbon Setara Fraksi Diesel Dengan Penambahan Ca(OH)₂. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*, (pp. 1-8). Bandung.
- Simanungkalit, S. P., Mansur, D., & Fitriady, M. A. (2016). Hydrothermal Liquefaction Limbah Distilasi Bioetanol Generasi-2 . *Reaktor*, 49-56.
- Suhartanta, & Arifin, Z. (2008). Pemanfaatan Minyak Jarak Pagar Sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Diesel. *Jurnal Penelitian Saintek*, 19-46.
- T.S., A. B. (2007). *Proses Pembuatan Biodiesel Minyak Jarak Pagar (Jatropha Curcas L.) Dengan Transesterifikasi Satu Dan Dua Tahap* . Bogor: Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Wang, Y.-Y. (2016). Thermal Cracking of Jatropha Oil with Hydrogen to Produce Bio-Fuel Oil. *Energies*, 1-11.

Lampiran 1. Menentukan Nilai Kalor Minyak Jarak

A. Menentukan HHV Dari Minyak Jarak

Penentuan nilai kalor minyak jarak mengacu kepada persamaan elemental (persamaan dulong). Persamaan Dulong dapat diuraikan sebagai berikut berikut :

$$\text{HHV} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) = 0.3383C + 1.422 \left(H - \frac{O}{8} \right)$$

Dimana, data hasil pengujian elemental :

$$C = 74.113\%$$

$$H = 11.142\%$$

$$O = 14.745\%$$

Substitusi hasil analisa elemental kedalam persamaan diatas, maka :

$$\begin{aligned} \text{HHV} (\text{MJ}/\text{kg}) &= 0.3383 (74.113) + 1.422 \left(11.142 - \frac{14.745}{8} \right) \\ \text{HHV} (\text{MJ}/\text{kg}) &= 25.0724 + 13.223 \quad 2 \\ \text{HHV} (\text{MJ}/\text{kg}) &= \mathbf{38.2954} \end{aligned}$$

B. Menentukan HHV Produk Hydrocracking Minyak Jarak Non Katalis Pada Tekanan 20 Bar

Penentuan nilai kalor produk hydrocracking minyak jarak non katalis dengan mengacu kepada persamaan elemental (persamaan dulong). Persamaan Dulong dapat diuraikan sebagai berikut berikut :

$$\text{HHV} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) = 0.3383C + 1.422 \left(H - \frac{O}{8} \right)$$

Dimana, data hasil pengujian elemental :

$$C = 75.392\%$$

$$H = 11.548\%$$

$$O = 13.06\%$$

Substitusi hasil analisa elemental kedalam persamaan diatas, maka :

$$\begin{aligned} \text{HHV (MJ/kg)} &= 0.3383 (75.392) + 1.422 \left(11.548 - \frac{13.06}{8} \right) \\ \text{HHV (MJ/kg)} &= 25.5051 + 14.0998 & 2 \\ \mathbf{\text{HHV (MJ/kg)} = 39.6049} \end{aligned}$$

C. Menentukan HHV Produk Hydrocracking Minyak Jarak dengan Katalis NiMo/Al₂O₃ pada tekanan 20 bar

Penentuan nilai kalor produk hydrocracking minyak jarak dengan katalis NiMo/Al₂O₃ (20 bar) dengan mengacu kepada persamaan elemental (persamaan dulong). Persamaan Dulong dapat diuraikan sebagai berikut berikut :

$$\text{HHV} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) = 0.3383C + 1.422 \left(H - \frac{O}{8} \right)$$

Dimana, data hasil pengujian elemental :

$$C = 76.041 \%$$

$$H = 11.667\%$$

$$O = 12.292 \%$$

Substitusi hasil analisa elemental kedalam persamaan diatas, maka :

$$\begin{aligned} \text{HHV (MJ/kg)} &= 0.3383 (76.041) + 1.422 \left(11.667 - \frac{12.292}{8} \right) \\ \text{HHV (MJ/kg)} &= 25.7247 + 14.4056 & 2 \\ \mathbf{\text{HHV (MJ/kg)} = 40.1303} \end{aligned}$$

D. Menentukan HHV Produk Hydrocracking Minyak Jarak dengan Katalis NiMo/Al₂O₃ pada tekanan 10 bar

Penentuan nilai kalor produk hydrocracking minyak jarak dengan katalis NiMo/Al₂O₃ (10 bar) dengan mengacu kepada persamaan elemental (persamaan dulong). Persamaan Dulong dapat diuraikan sebagai berikut berikut :

$$\text{HHV} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) = 0.3383C + 1.422 \left(H - \frac{O}{8} \right)$$

Dimana, data hasil pengujian elemental :

$$C = 75.379 \%$$

$$H = 11.573\%$$

$$O = 13.048 \%$$

Substitusi hasil analisa elemental kedalam persamaan diatas, maka :

$$\text{HHV (MJ/kg)} = 0.3383 (75.379) + 1.422 \left(11.573 - \frac{13.048}{8} \right)$$

$$\text{HHV (MJ/kg)} = 25.5007 + 14.1375$$

$$\text{HHV (MJ/kg)} = \mathbf{39.6382}$$

E. Menentukan HHV Produk Hydrocracking Minyak Jarak dengan Katalis NiMo/Al₂O₃ pada tekanan 30 bar

Penentuan nilai kalor produk hydrocracking minyak jarak dengan katalis NiMo/Al₂O₃ (30 bar) dengan mengacu kepada persamaan elemental (persamaan dulong). Persamaan Dulong dapat diuraikan sebagai berikut berikut :

$$\text{HHV} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) = 0.3383C + 1.422 \left(H - \frac{O}{8} \right)$$

Dimana, data hasil pengujian elemental :

$$C = 75.776 \%$$

$$H = 11.92\%$$

$$O = 12.304 \%$$

Substitusi hasil analisa elemental kedalam persamaan diatas, maka :

$$\text{HHV (MJ/kg)} = 0.3383 (75.776) + 1.422 \left(11.92 - \frac{12.304}{8} \right)$$

$$\text{HHV (MJ/kg)} = 25.635 + 14.7632$$

$$\text{HHV (MJ/kg)} = \mathbf{40.3982}$$

Lampiran 2. Daftar Gambar Alat dan Bahan



Magnetic Stirrer



Katalis NiMo/Al₂O₃



Tabung Gas N₂



Tabung Gas
H₂



Beaker Glass



Reaktor Sulfidasi



Reaktor Batch



Minyak jarak



Produk Minyak Jarak Hasil Hydrocracking

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Raihan Ardirianto, lahir di Jakarta pada tanggal 13 Desember 1995. Penulis merupakan putra pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Wahyoeniardi Anggoro S.T. dan Nuriah. Saat ini, penulis berdomisili di Jl Pangkalan Jati V no 85 RT 007/05 Jakarta Timur 13620.

Riwayat Pendidikan. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di TK Orchid (2000-2001). SDN Cipinang Melayu 04 Pagi (2001-2007). SMPN 109 Jakarta (2007-2010), dan SMAN 50 Jakarta (2010-2013). Setelah lulus SMA, pada tahun yang sama, penulis melanjutkan kuliah di Universitas Negeri Jakarta, dengan Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Penulis pernah menjadi asisten laboratorium Fisika Dasar 1 dan 2 pada semester lima dan enam. Penulis melaksanakan kegiatan Pratek Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Pusat Sucofindo Cibitung di bagian Kalibrasi. Selama kegiatan PKL, penulis bekerja dalam bidang Kalibrasi Tekanan. PKL berlangsung selama 1 bulan, yakni dari tanggal 1-31 Agustus 2016. Penulis menyelesaikan pendidikan Strata-1 pada program studi Fisika, FMIPA UNJ melalui penelitiannya di bidang renewable energy Biodiesel. Penulisan skripsi ini berlangsung hingga petengahan Juli 2017.

Kontak (HP): +6285810445460

e-mail: ardiriantoraihan@gmail.com