

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Minyak Jelantah

Minyak Jelantah yang berasal dari kelapa sawit adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya. Minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan, salah satunya yaitu dengan mengubah minyak jelantah menjadi *biogasoline*.

Jelantah merupakan salah satu pilihan yang menarik untuk digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki beberapa keunggulan antara lain kandungan energi yang dimiliki cukup besar, sehingga dengan bobot atau volume yang tidak besar terdapat potensi kalor yang cukup tinggi, kondisinya relatif masih dalam fase cair sehingga pengaturan dalam operasional pembakaran relatif mudah, tidak gampang meledak sehingga aman dan penyimpanan persediaannya tidak membutuhkan prosedur ataupun persyaratan khusus (Hutomo, 2013). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1, 2.2 dan 2.3 dibawah ini

Tabel 2.1 Kandungan Minyak Jelantah

Asam lemak	Minyak jelantah (%)
Palmitat	14,939
Arachdic	2,585
Oleat	32,192
Margarat	3,959
Stearate	13,121
Linoleat	5,121

(sumber : geminastiti, 2012)

Sifat minyak jelantah terbagi menjadi sifat fisis dan sifat kimia Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada 2.2 dan 2.3 dibawah ini

Tabel 2.2 Sifat Fisis Minyak Jelantah

Parameter	Nilai
Densitas (g/ml)	0,89
Viskositas (cP)	66,5
Titik didih (°C)	428

(sumber : geminastiti, 2012)

Tabel 2.3 Sifat Fisika dan Kimia Minyak Jelantah

Sifat fisik minyak jelantah	Sifat kimia minyak jelantah
Warna coklat kekuning-Kuningan	Hidrolisa, minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol.
Berbau tengik	Proses oksidasi berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak.
Terdapat endapan	Proses hidrogenasi bertujuan menumbuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak.

(sumber : geminastiti, 2012)

## 2.2 Biogasoline

*Biogasoline* (bio-bensin) merupakan jenis *gasoline* (bensin) yang terbuat dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Salah satu sumber daya alam yang dimaksud disini adalah minyak sawit. Fraksi bensin tersusun atas hidrokarbon rantai lurus dengan rumus kimia  $C_nH_{2n+2}$ , mulai dari C5 sampai dengan C11. Di Indonesia terdapat beberapa bahan bakar jenis bensin yang mempunyai nilai mutu pembakaran berbeda.

Berikut ini merupakan beberapa jenis bensin berdasarkan perbedaan bilanganoktan :

- a. Bahan Bakar Bensin Jenis 88 (Premium)

Bahan bakar premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan jernih yang didalamnya terdapat kandungan oktan 88 dan menggunakan pewarna dye serta menghasilkan NO<sub>x</sub> dan CO<sub>x</sub> dalam jumlah banyak. Spesifikasi bahan bakar premium dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Spesifikasi Bahan Bakar Bensin RON 88 (Premium)

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji (ASTM)
		Min	Max	
Angka Oktana Riset	RON	88	-	D 269
Stabilitas Oksidasi	menit	360	-	D 525
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05	D 2622/D 4294/D 7039
Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013	D 3237
Injeksi imbal tidak diizinkan				
Kandungan Logam (Mn,Fe)	mg/l	tidak terlacak		D 3831/D 5185
Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7	D 4815/D 6839/D 5599
Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan		D 1319/D 6839/D 6730
Kandungan Aromatik	% v/v	Dilaporkan		D 1319/ D 6839/ D 6730
Kandungan Benzene	% v/v	Dilaporkan		D 5580 / D 6839 / D 6730 / D 3606
Distilasi :				D 86
10% vol.Penguapan	°C	-	74	
50% vol.Penguapan	°C	75	125	
90% vol.Penguapan	°C	-	180	
Titik didih akhir	°C	-	215	
Residu	% vol		2	
Sedimen	mg/l	-	1	D 5452
Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70	D 381
Washed Gum	mg/100 ml	-	5	D 381
Tekanan Uap	kPa	45	69	D 5191/ D 323
Berat Jenis (pada suhu 15°C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D 4052/D 1298
Korosi bilah tembaga	Merit	Kelas 1tif		D 130
Sulfur Merkaptan	% massa	-	0,002	D 3227
Penampilan Visual		Jernih dan terang		
Bau		Dapat dipasarkan		
Warna		Kuning		
Kandungan pewarna	gr/100 l	-	0,13	

(Keputusan Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 933.K/10/DJM.S/2013)

b. Bahan Bakar Bensin Jenis 90 (Pertalite)

Pertalite diluncurkan pada tanggal 24 Juli 2015, merupakan bahan bakar gasoline yang memiliki angka oktan 90 serta berwarna hijau terang dan jernih. Bahan bakar Pertalite memiliki kualitas yang lebih baik daripada bahan bakar Premium karena angka oktan pertalite yang lebih tinggi sehingga mampu menstabilkan knocking mesin kendaraan menjadi lebih optimal. Spesifikasi bahan bakar pertalite dapat dilihat pada tabel 2.5

**Tabel 2.5** Spesifikasi Bahan Bakar Bensin Jenis 90 (Pertalite)

Karakteristik	Satuan	Batasan	
		Min	Max
Angka Oktana Riset	RON	90	-
Stabilitas Oksidasi	Menit	360	-
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05
Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013
Kandungan Logam (Mangan (Mn), Besi (Fe))	mg/l	tidak terdeteksi	
Kandungan Oksigen	%m/m	-	2,7
Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan	
Kandungan Aromatik	% v/v	Dilaporkan	
Kandungan Benzene	% v/v	Dilaporkan	
Distilasi :			
10% vol.Penguapan	°C	-	74
50% vol.Penguapan	°C	88	125
90% vol.Penguapan	°C	-	180
Titik didih akhir	°C	-	215
Residu	% vol		2
Sedimen	mg/l	-	1
Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70
Washed Gum	mg/100 ml	-	5
Tekanan Uap	kPa	45	60
Berat Jenis (pada suhu 15°C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770
Korosi bilah tembaga	Menit	Kelas 1	
Sulfur Merkaptan	% massa	-	0,002
Penampilan Visual		Jernih dan terang	
Bau		Dapat dipasarkan	
Warna		Hijau	
Kandungan pewarna	gr/100 l	-	0,13

(Keputusan Direktora Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 0486.K/10/DJM.S/2017)

c. Bahan Bakar Bensin Jenis 98 (Pertamax Turbo)

Pertamax Turbo merupakan bahan bakar bensin yang memiliki angka oktan 98 dan berwarna merah. Pertamax Turbo didesain untuk mesin berteknologi tinggi dengan minimum kompresi rasio 12:1 atau mesin kendaraan dengan *supercharger technology* dan *turbocharger technology*. Pertamax Turbo diformulasikan dengan *Ignition Boost Formula* yang membuat mesin lebih responsif pada pembakaran mesin dan membuat performa kendaraan menjadi sempurna. Spesifikasi pertamax turbo dapat dilihat pada tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Bahan Bakar Bensin Jenis 98 (Pertamax Turbo)

Karakteristik	Satuan	Batasan	
		Min	Max
Angka Oktana Riset	RON	98	-
Stabilitas Oksidasi	Menit	480	-
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05
Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013
Injeksi timbal tidak diizinkan			
Kandungan Fosfor	mg/l	tidak terdeteksi	
Kandungan Logam (Mn, Fe)	mg/l	tidak terdeteksi	
Kandungan Silikon	mg/kg	tidak terdeteksi	
Kandungan Oksigen	%m/m	-	2,7
Kandungan Olefin	% v/v	-	-
Kandungan Aromatik	% v/v		40
Kandungan Benzene	% v/v		5
Distilasi :			
10% vol.Penguapan	°C	-	70
50% vol.Penguapan	°C	77	110
90% vol.Penguapan	°C	130	180
Titik didih akhir	°C	-	205
Residu	% vol		2
Sedimen	mg/l	-	1
Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70
Washed Gum	mg/100 ml	-	5
Tekanan Uap	kPa	45	60
Berat Jenis (pada suhu 15°C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770
Korosi bilah tembaga	Merit		Kelas 1
Uji Doctor			Negatif
Sulfur Merkaptan	% massa	-	0,002
Penampilan Visual		Jernih dan terang	

(Keputusan Direktora Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 0177.K/10/DJM.T/2018)

Bahan bakar bensin memiliki jenis yang berbeda dan tentunya memiliki mutu atau perilaku (performance) yang berbeda. Mutu bensin dipergunakan dengan istilah bilangan oktan (*Octane Number*). Nama oktan berasal dari oktana (C<sub>8</sub>), karena dari seluruh molekul penyusun bensin, oktana yang memiliki sifat kompresi paling bagus. Bilangan Oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan. Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara dan bensin juga bisa terbakar secara spontan sebelum percikan api dari busi keluar. Jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka akan terjadi *knocking* atau ketukan di dalam mesin. *Knocking* ini akan menyebabkan mesin cepat rusak, sehingga sebisa mungkin harus dihindari.

Jenis *biogasoline* yang dimaksud di sini adalah jenis premium dengan proses konversi, yaitu proses untuk mengubah karakteristik sifat fisik dan kimia serta struktur senyawa hidrokarbon pada minyak jelantah menjadi bio bensin komersial. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan proses dan metode hidrorengkah katalitik (*Catalytic Hydrocracking*).

### **2.3 Katalis**

Katalis yang digunakan pada reaksi perengkahan umumnya adalah berupa katalis heterogen yang karakteristik memiliki luas permukaan besar serta situs asam yang tinggi (Muryati., T.S., 2018). Nilai keasaman pada suatu katalis sangat mempengaruhi aktifitas katalis dalam perengkahan, dikarenakan dalam reaksi perengkahan diperlukan katalis yang memiliki situs asam aktif yang banyak agar produk dapat terbentuk dengan optimal (Ramadhani, D.G.,2017).

Keasaman zeolit dapat ditingkatkan dengan cara pengembangan (impregnasi) logam-logam transisi yang memiliki orbital d yang belum terisi, Ni sebagai promotor yang menjadikan sifat keasaman katalis menjadi lebih besar lagi dibanding tanpapromotor adanya orbital d yang belum terisi penuh dalam

logam Ni dapat meningkatkan daya adsorpsi logam terhadap reaktan (Triyono, 2002).

Terbentuknya agregat dan distribusi logam yang tidak merata tentunya akan mempengaruhi jumlah situs aktif dari katalis yang terbentuk sehingga akan berpengaruh pada produk biogasoline yang akan dihasilkan (Efiyanti,L, 2016). Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian yang mengarah pada pembuatan bahan bakar biogasoline (bio-bensin) dengan katalis Ni/ZA dengan variasi kadar logam Ni menjadi sangat penting sehingga menjadi biogasoline yang murah, biodegradable, renewable, ramah lingkungan, tidak (banyak) menghasilkan polutan seperti SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, Pb, jelaga, dan lain-lain.

### 2.3.1 Zeolit

Zeolit ditemukan oleh seorang ahli mineral dari Swedia yang bernama Baron Axel Frederick Cronstedt pada tahun 1756. Mineral zeolit berbentuk kristal yang terdapat di dalam rongga batuan basalt. Zeolit merupakan kelompok 13 mineral alumina silikat terhidrasi yang secara umum memiliki rumus empiris  $M_x.D_y.(Al_x+2y.Si_x+2y.O_{2n}).mH_2O$ , dengan notasi M dan D adalah K, Na, atau kation monovalen lainnya serta kation divalen, x dan y adalah bilangan tertentu, n adalah muatan dari ion logam, dan m merupakan jumlah molekul air kristal yang selalu berubah-ubah. Zeolit merupakan mineral yang bermuatan negatif yang dapat dinetralkan oleh logam-logam alkali atau alkali tanah seperti Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, dan Mg<sup>2+</sup>. Kation-kation ini akan menduduki kisi-kisi permukaan di dalam struktur zeolit yang dapat dipertukarkan (Susanti dan Panjaitan, 2010). Zeolit mempunyai ukuran pori antara 2 sampai 8 Angstrom bergantung pada jenis mineralnya.

Zeolite adalah satu kelompok berkerangka alumino-silikat yang terjadi di alam dengan kapasitas tukar kation yang tinggi, adsorpsi tinggi dan bersifat hidrasi-dehidrasi. Upaya terus dilakukan untuk memaksimalkan kerja dari zeolite yang dimanfaatkan sebagai katalis yakni dengan aktivasi dan memodifikasi zeolite dengan bahan pengemban logam aktif atau yang biasa disebut impregnasi. Katalis heterogen konvensional yang digunakan dalam proses cracking pada proses pengolahan minyak bumi adalah bi-functional catalyst, yaitu mempunyai dua

fungsi, yaitu hydrogenation function dan acidic function. Padatan berpori sebagai support/pengembangan (seperti alumina, silika-alumina, kristalin zeolit, amorphous) digunakan sebagai penyedia acidic function pada katalis. Ukuran pori yang relatif besar ( $>7$  Amstrong) diperlukan agar molekul reaktan (berupa senyawa aromatik polisiklik) dapat mencapai struktur internal pori katalis, yaitu tempat terjadinya reaksi cracking. Ukuran pori dan acidic sites yang sesuai pada zeolit akan menghasilkan reaksi yang diinginkan dengan tetap meminimalkan laju pembentukan coke. Adapun logam transisi (Cr, Mo, W, Co dan Ni) atau kombinasi logam (NiMo, CoNi, NiW, CoNiMo, dan NiWTi) atau dalam kondisi tertentu paladium atau platinum, digunakan sebagai penyedia fungsi hidrogenasi.

Zeolit adalah kristal alumina-silika yang mempunyai struktur berongga atau pori yang mempunyai sisi aktif yang bermuatan negatif yang mengikat secara lemah kation penyeimbang muatan. Zeolit memiliki dua jenis situs asam di dalam kerangka, yaitu situs asam Bronstead berupa proton yang melekat pada kerangka oksigen berikatan dengan atom silikon berada di sekitar atom aluminium dan asam Lewis yang terbentuk dari dehidroksilasi dua gugus asam Bronstead yang berdekatan (Oudejans, 1984), situs asam inilah yang berperan dalam perengkahan katalitik.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wijanarko et al., (2006), dengan adanya keasaman Bronsted dan Lewis zeolit mampu merengkah minyak jelantah menjadi fraksi biogasoline. Situs asam Bronsted berperan untuk merengkah ikatan rangkap (asam oleat) sedangkan situs asam Lewis berperan untuk merengkah ikatan tunggal (asam palmitat) pada struktur trigliserida pada minyak sawit tersebut. Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolit dan kondisi reaksi. Pusat-pusat aktif yang bersifat asam ini selanjutnya dapat mengikat molekul-molekul basa secara kimiawi.

### **2.3.2 Logam Ni**

Dalam proses penyediaan sumber energi, baik berupa bahan bakar fosil maupun yang berasal dari bahan baku terbarukan biasanya memerlukan beberapa tahapan proses agar bahan bakar yang diperoleh memiliki karakteristik tertentu yang memenuhi sifat yang diperlukan. Logam-logam seperti platina, nikel,



molibdenum, dan palladium merupakan jenis katalis yang sering digunakan untuk reaksi hidrogenasi. Namun karena harga platina dan paladium yang sangat mahal, maka menggunakan nikel akan lebih menguntungkan (Hart, 2004 dalam Mulyaningsih, 2012) karena proses cracking membutuhkan metode yang dapat menekan biaya produksi serta menghasilkan produk yang sebanyak-banyaknya. Logam Ni sudah digunakan secara luas dalam industri petroleum. Selain harganya relatif terjangkau, logam ini memiliki daya adsorpsi terhadap reaktan yang kuat, tetapi tidak mengadsorpsi produk C5 dan dry gas. Katalis nikel mampu mengadsorpsi gas hidrogen pada permukaannya saja dan mengaktifkan ikatan hidrogen-hidrogennya, sehingga gas hidrogen menjadi lebih mudah bereaksi. Semakin luas permukaan logam katalis, maka akan semakin banyak gas hidrogen yang diserap. Demikian pula dengan semakin besar luas permukaan, maka kontak yang terjadi antara zat-zat yang bereaksi juga bertambah banyak, sehingga kecepatan reaksi juga bertambah besar pula (Hart, 2004 dalam Mulyaningsih, 2012). Sifat logam juga ditentukan oleh elektron-elektron yang mengisi orbital d yang kosong ini. Logam Ni dengan nomor atom 28 memiliki konfigurasi elektron [18Ar] 3d<sup>8</sup> 4s<sup>2</sup>. Konfigurasi elektronik tersebut menunjukkan bahwa Ni memiliki orbital atom 3d yang belum penuh. Adanya orbital d yang belum terisi penuh mengakibatkan logam Ni memiliki sifat katalitik aktif serta daya adsorpsi yang kuat terhadap reaktan. Nikel merupakan logam transisi yang bersifat keras dan ulet, mudah ditempa, sedikit ferromagnetis dan memiliki jari-jari atom 135 pm, serta unit sel nikel adalah kubus berpusat muka dengan parameter kisi 0,352 nm.

Selain itu, penggunaan katalis Ni memberikan keuntungan yaitu gas-gas hasil reaksi (C5 dan *dry gas*) tidak teradsorpsi oleh lapisan nikel, sehingga reaksi tidak terhambat (Purwono, dkk. 2006). Kadar Ni sangat menentukan jumlah situs aktif yang dimiliki oleh katalis. Kadar total logam yang diimbangkan dalam zeolit dalam proses perengkahan secara umum adalah 1% (Trisunaryanti, dkk. 2005), karena jika logam yang diimbangkan terlalu sedikit atau terlalu banyak maka distribusi logam pada zeolit akan berpengaruh pada struktur katalis. Adanya perubahan struktur ini tentu saja akan mempengaruhi jumlah situs aktif katalis.

Proses impregnasi biasanya digunakan logam-logam dari golongan transisi dimana logam diimbangkan pada padatan melalui impregnasi atau pertukaran

kation. Pengembangan logam transisi pada zeolit bertujuan untuk memperbanyak jumlah sisi aktif (active site) sehingga pada saat konversi, kontak antara reaktan dengan katalis akan semakin besar. Semakin besarnya kontak, maka akan mempercepat reaksi pembentukan produk. Selain itu pengembangan logam bertujuan untuk mengatur jumlah logam yang dibutuhkan dan meningkatkan aktivitas katalis agar dapat bekerja dengan baik (Anderson dan Boudart, 1981). Pengembangan logam Ni yang terlalu banyak memungkinkan terjadinya penggumpalan sehingga akan terbentuk agregat begitu pula sebaliknya jika logam Ni yang diembankan terlalu sedikit maka logam Ni tidak akan mencukupi untuk menempel pada zeolit, sehingga letak antar logam Ni menjadi sangat jarang.

Pemilihan logam nikel dan zeolit dalam penelitian ini berdasarkan pertimbangan bahwa logam nikel sangat umum digunakan dalam proses hidrogenasi maupun dehidrogenasi walaupun aktivitasnya lebih lemah dibandingkan dengan aktivitas logam mulia, seperti Pd dan Pt, tetapi stabilitas termalnya cukup tinggi dan daya tahan yang besar terhadap racun katalis. Logam nikel sendiri merupakan katalis yang paling sering digunakan dalam proses hidrogenasi dibandingkan unsur-unsur transisi lainnya dalam golongan yang sama karena nikel lebih ekonomis dan lebih efisien (Ketaren, S., 1986).

### **2.3.3 Katalis Ni/zeolite**

Umumnya, logam transisi diembankan pada padatan yang memiliki luas permukaan besar untuk menjamin meratanya distribusi logam sehingga mengefektifkan terjadinya interaksi logam katalis dan gas pada saat proses katalisis terjadi. Dari beberapa logam yang ada, logam nikel adalah salah satu logam yang secara ekonomis menguntungkan bagi dunia industri yang menggunakan proses hydrocracking karena harganya yang relatif murah dibandingkan logam lain seperti Pt dan Cu. Selain itu, logam nikel juga mempunyai harga work function nomor 2 setelah Pt, sehingga harga work function dari Ni lebih besar daripada Cu, Pd, dan logam-logam transisi lain. Katalis teremban logam dapat dibuat dengan proses presipitasi logam pada pengembangan berpori dari suatu larutan garam logam, dilanjutkan dengan kalsinasi dengan pengaliran gas nitrogen, oksidasi dengan pengaliran gas oksigen, sertareduksi dengan adanya hidrogen.

Preparasi logam pada pengemban dan sifat dasar pengemban dapat mempengaruhi struktur fisik dan sifat kimia deposit metal (Le Page, 1987). Bijang et al.,(2002) mengungkapkan bahwa perubahan yang signifikan terhadap sifat katalitik suatu logam dapat terjadi dengan variasi komposisi pengemban dari preparasi pengembanan logam yang berbeda. Salah satu penelitian dengan katalis Ni/zeolit yang telah dilakukan adalah penelitian Handoko, et al., (2009) mengatakan bahwa pada umumnya penggunaan zeolit sebagai katalis untuk mengarahkan terjadinya reaksi perengkahan (cracking) dan penggunaan katalis sistem logam pengemban (Ni/zeolit) dalam penelitian tersebut dimaksudkan untuk mengarahkan dua macam reaksi, yaitu reaksi adisi dan perengkahan.

Penggunaan logam aktif seperti Ni tersebut didasarkan pada keberadaan orbital d yang belum terisi penuh elektron sehingga orbital d dan orbital s yang berdekatan akan mengalami degenerasi sehingga berada dalam tingkat energi yang sama. Pada keadaan degenerasi maka orbital elektron tersebut akan memiliki probabilitas yang lebih tinggi dalam menyediakan situs asam Lewis, dimana situs tersebut merupakan bagian penting yang mampu mengadsorpsi umpan pada permukaan katalis logam. Sementara digunakan zeolit sebagai pengemban logam aktif didasarkan pada kerangka yang dimilikinya dan keberadaan situs Bronsted. Pada penelitian tersebut katalis Ni/Zeolit digunakan untuk hidrogenasi katalitik 1-oktadekena. Bijang, et al., (2002) mengemukakan bahwa kadar Ni yang diimbangkan pada zeolit Y berpengaruh pada selektivitas katalis dalam mengkonversi minyak bumi menjadi bensin. Hal ini dibuktikan dengan kinerja katalis NiY-2,8 relatif lebih efisien dibandingkan katalis NiY-2,1 dan katalis NiY-3, yang terlihat pada perolehan selektivitas terhadap fraksi solar yang lebih rendah dan selektivitas terhadap fraksi bensin yang lebih tinggi.

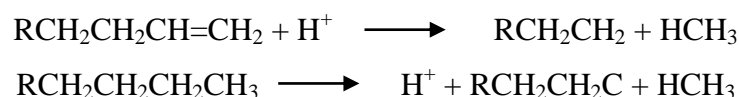
#### **2.4 Hidrorengkah Katalitik**

Hidrorengkah katalitik (*Catalytic Hydrocracking*) adalah kombinasi perengkahan katalis dengan hidrogenasi. Proses ini merupakan suatu cara untuk memecahkan rantai karbon yang cukup panjang, menjadi suatu molekul dengan rantai karbon yang cukup panjang, menjadi suatu molekul dengan rantai karbon yang lebih sederhana, dengan beberapa tipe katalis (Charusiri dan Vitidsant, 2005). Beberapa kelebihan menggunakan metode ini adalah pengolahannya yang

efisien, dapat mengolah bahab-bahan dengan titik didih sedang ataupun residu menjadi produk-produk gasolin beroktan tinggi.

### 2.4.1 Reaksi Perengkahan

Hidrorengkah katalitik ini terjadi reaksi bertahap, mulai dari hidrogenasi hingga dilanjutkan dengan proses perengkahan menggunakan katalis. Perengkahan merupakan reaksi pemutusan ikatan tunggal antar C-C yang melibatkan katalis. Katalis yang digunakan salah satunya berupa padatan asam seperti zeolit. Reaksi ini terjadi melalui mekanisme perengkahan ion karbonium. Mula-mula katalis yang bersifat asam menambahkan proton ke molekul olefin atau menarik ion hidrida dari alkana sehingga menyebabkan terbentuknya ion karbonium :



Secara umum, reaksi perengkahan menggunakan katalis padatan asam ini melibatkan satu tahapan reaksi, yaitu :

1. Reaksi inisisasi

Reaksi dimana satu buah molekul terpecah menjadi dua radikal bebas.

2. Abstraksi Hidrogen

Reaksi dimana radikal bebas tersebut melepaskan atom hidrogen dari molekul lain, sehingga menjadi netral sedangkan molekul lainnya menjadi radikal bebas.

3. Dekomposisi Radikal

Reaksi dimana radikal bebas terpecah menjadi dua molekul, yaitu alkana dan radikal bebas yang lebih kecil.

4. Adisi Radikal

Reaksi kebalikan dari abstraksi hidrogen, dimana radikal bebas berinteraksi dengan alkana untuk membentuk radikal bebas yang lebih besar. Berkat reaksi ini, memungkinkan terjadinya siklisasi.

5. Reaksi Terminasi

Reaksi ini merupakan reaksi penutup dari rangkaian raksi perengkahan, karena pada reaksi ini radikal-radikal bebas akan saling bereaksi sehingga

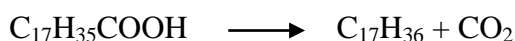
menghasilkan produk yang tidak radikal.

### 2.4.2 Hidrogenasi

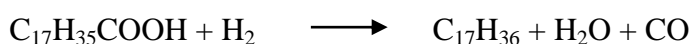
Hidrogenasi adalah reaksi adisi hidrogen ( $H_2$ ) pada gugus etilenik atau ikatan rangkap. Reaksi hidrogenasi ini dilakukan dengan menggunakan gas hidrogen dan penambahan serbuk nikel sebagai katalis. Kegunaan reaksi hidrogenasi adalah untuk menjenuhkan ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal pada rantai karbonnya. Laju hidrogenasi tergantung pada temperatur, jenis bahan yang dihidrogenasi, aktivitas katalis, konsentrasi katalis, dan laju alir gas hidrogen di permukaan katalis. Agar hidrogenasi dapat berlangsung, gas hidrogen, bahan yang akan dihidrogenasi, dan katalis padat harus ada pada temperatur yang sesuai. Reaksi hidrogenasi pada umumnya menggunakan logam-logam transisi sebagai katalis. Pemilihan logam sebagai katalis disesuaikan pada senyawa yang akan direduksi dan kondisi reaksi hidrogenasinya. Aktivitas katalis dan selektivitas logam sebagai katalis sangat berhubungan dengan struktur dan komposisi logamnya.

Hidrorengkah katalitik minyak jelantah memungkinkan transformasi dari trigliserida menjadi hidrokarbon. Selama reaksi hidrogenasi, molekul trigliserida dari minyak jelantah kemudian dikonversi menjadi molekul-molekul yang lebih kecil seperti digliserida, monogliserida, asam karboksilat, dan senyawa yang mengandung oksigen. Produk tersebut kemudian ditransformasi menjadi hidrokarbon dengan tiga reaksi yang berbeda, yaitu dekarboksilasi, dekarbonilasi, dan hidrodeoksigenasi. Tiga reaksi yang paling penting berlangsung selama hidrorengkah katalitik minyak jelantah, yaitu :

1. Reaksi dekarboksilasi, reaksi yang mengarah ke penghapusan kelompok karboksilat dan menghasilkan karbon dioksida ( $CO_2$ ).



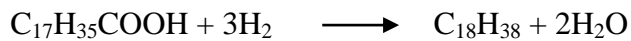
2. Reaksi dekarbonasi, reaksi yang menghasilkan hidrokarbon utama dengan bilangan karbon ganjil. Produk sampingnya adalah  $H_2O$  dan  $CO$ .



*(catalytic cracking)*

3. Reaksi hidrodeoksigenasi (reduksi), reaksi yang menghasilkan hidrokarbon

utama dengan bilangan karbon yang genap dan air.



### 2.4.3 Produk Hidrorengkah Katalitik

Produk dari hidrorengkah katalitik ini terdiri dari fraksi gas, cair dan residu padatan maupun cairan. Pada suhu tertentu, minyak jelantah akan menguap dan kemudian berubah menjadi gas. Pada saat proses tersebut, rantai panjang hidrokarbon akan terpotong menjadi rantai pendek. Selanjutnya proses pendinginan dilakukan pada gas tersebut sehingga akan mengalami kondensasi dan membentuk cairan. Cairan inilah yang nantinya menjadi bahan bakar, baik berupa bensin maupun bahan bakar diesel (Syamsiro, 2015).

Bahan bakar yang dihasilkan dari hasil hidrorengkah katalitik ini dapat diidentifikasi berdasarkan karakteristiknya. Adapun karakteristik yang perlu diperhatikan dalam menentukan jenis bahan bakar yang dihasilkan yaitu massa jenis, viskositas dan nilai kalor bahan bakar tersebut.

#### 1. Massa jenis

Massa jenis atau densitas adalah kerapatan suatu zat, yaitu perbandingan massa dengan volume zat tersebut. Densitas suatu zat dapat ditentukan dengan menimbang massa zat dalam volume tertentu. Semakin besar massa zat tersebut maka massa jenisnya akan semakin besar juga. Semakin tinggi berat jenis suatu zat, maka semakin tinggi titik didih zat tersebut, dan semakin sulit menjadi uap. Tentunya menjadi semakin sulit bereaksi dengan oksigen, dalam arti memerlukan suhu lingkungan yang tinggi untuk terjadi campuran gas dengan oksigen.

#### 2. Nilai kalor

Nilai kalor bahan bakar merupakan jumlah energi maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar. Nilai kalor merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan kualitas bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor, maka panas yang dihasilkan oleh bahan bakar semakin tinggi pula, yang artinya semakin baik bahan bakar tersebut. Nilai kalor yang tinggi juga

menyebabkan kecepatan pembakaran semakin lambat. Nilai kalor bahan bakar dapat dianalisa dengan menggunakan kalorimeter. Bahan bakar yang akan diuji nilai kalornya dibakar menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut bom dan ditenamkan di dalam air. Bahan bakar yang bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan kalor, dan menyebabkan suhu kalorimeter naik.

### 3. Viskositas

Viskositas adalah sebuah tingkatan kepekatan fluida yang bisa menjelaskan besar kecilnya suatu gesekan dalam fluida karena adanya gaya kohesi maupun adhesi. Gesekan internal di dalam fluida dinyatakan dengan besaran viskositas atau kekentalan dengan satuan *poise*. Jika semakin besar viskositas dalam fluida maka akan bertambah sulit untuk bergerak dan juga akan bertambah sulit benda dapat bergerak di dalam fluida. Viskositas bahan bakar mempunyai pengaruh yang besar terhadap bentuk dari semprotan bahan bakar. Di mana untuk bahan bakar dengan viskositas yang tinggi akan memberikan atomisasi yang rendah sehingga memberikan hasil mesin sulit di *start* dan gas buang yang berasap. Jika viskositas bahan bakar rendah akan terjadi kebocoran pada pompa bahan bakarnya dan mempercepat keausan pada komponen pompa dan injektor bahan bakar.

#### **2.4.5 Faktor yang Mempengaruhi Hidrorengkah Katalitik**

Faktor yang mempengaruhi proses hidrorengkah katalitik ini yaitu :

##### 1. Temperatur

Temperatur merupakan faktor yang penting dalam menghasilkan produk pada proses hidrorengkah katalitik. Pada temperatur yang lebih tinggi maka hasil gas yang dihasilkan semakin banyak tergantung dari kemampuan pemanas. Hasil minyak akan meningkat sampai batas tertentu kemudian menurun, sedangkan hasil padatan cenderung rendah. Semakin tinggi temperatur nilai kalor untuk hasil gas akan meningkat. Hal ini dikarenakan bahan baku padatan akan menguap dan berubah menjadi gas sehingga berat dari padatan bahan baku akan berkurang. Namun, semakin tinggi temperatur akan membuat produk oil yang dihasilkan

semakin berkurang. Hal ini dikarenakan temperatur yang tinggi dapat merubah hidrokarbon rantai yang panjang dan sedang menjadi hidrokarbon dengan rantai yang pendek. Jika rantai hidrokarbon sangat pendek, maka diperoleh hasil gas yang tidak dapat dikondensasi.

## 2. Tekanan

Tekanan juga merupakan salah satu faktor penting dalam proses hidrorengkah katalitik ini. Tekanan pada reactor terbentuk karena minyak jelantah yang menguap pada reactor, sehingga untuk dapat menjaga tekanan pada nilai tertentu minyak jelantah harus tetap dipanaskan agar uap dari minyak jelantah tetap terproduksi dalam reaktor. Pada tekanan tertentu pula, hasil produksi dari proses hidrorengkah katalitik ini dapat mencapai hasil % *yield* yang optimum.

## 3. Katalis

Pada umumnya penggunaan katalis pada proses hidrorengkah katalitik ini untuk mengarahkan terjadinya reaksi perengkahan (*cracking*) dan penggunaan katalis sistem logam pengemban dimaksudkan untuk mengarahkan dua macam reaksi, yaitu reaksi adisi dan perengkahan. Namun perlu diperhatikan bahwa penggunaan katalis yang berlebihan dapat mengakibatkan penggumpalan pada bahan baku sehingga % *yield* yang dihasilkan sedikit.

Perengkahan minyak jelantah pada fasa cair menunjukkan hasil yang kurang signifikan dalam hal penurunan viskositas dan peningkatan *yield* produk, kemungkinan hal ini disebabkan oleh reaksi perengkahan katalitik yang tidak terjadi secara optimal karena dilakukan dalam fasa cair dan masih bercampurnya produk yang terbentuk dengan triglisesida pada minyak jelantah yang tidak terengkah. Kekurangan ini mungkin dapat diatasi dengan melakukan reaksi perengkahan dalam fasa gas karena katalis akan berfungsi lebih baik dan suhu reaksi dapat lebih tinggi dibandingkan dengan reaksi dalam fasa cair. Selain itu produk yang terbentuk juga terpisah dengan reaktan (minyak jelantah), sehingga akan mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap kemurnian biogasoline dan penurunan viskositas, densitas biogasoline yang dihasilkan. Oleh karena itu untuk mendapatkan produk biogasoline dengan *yield* yang tinggi, viskositas dan densitas yang cukup rendah, sehingga sesuai dengan spesifikasi bensin komersil yang ada dipasaran (Tri Hadi Jatmiko, 2012).