

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Styrofoam*

Styrofoam merupakan plastik busa putih yang diproduksi dari butiran-butiran padat *polystyrene*. *Styrofoam* paling banyak digunakan sebagai kemasan industri untuk melindungi dan mengisolasi produk seperti peralatan medis, komponen elektronik, barang konsumen listrik, mainan, serta produk hortikultura selama transportasi dan penyimpanan. *Styrofoam* merupakan busa kaku yang dihasilkan dari *styrene* dan *pentane* yang digunakan sebagai bahan pengisi. Stirena dan pentana adalah senyawa hidrokarbon yang diperoleh dari produk samping minyak bumi dan gas alam. *Styrofoam* memiliki nilai konduktivitas termal dan daya penyerapan air yang rendah yaitu 0,035-0,037 W/ (m·K) at 10 °C (Omnexus, 2020).

Styrofoam merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas sehingga hal ini membuatnya menjadi isolator panas yang baik. Menurut Badan POM RI (2008), EPS dihasilkan dari campuran 90-95% *polystyrene* dan 5-10% gas seperti n-butana atau n-pentana.

Polystyrene merupakan suatu jenis plastik yang dibuat dari monomer *styrene* melalui proses polimerisasi. Rumus molekulnya adalah $(-\text{CHC}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-)_n$. *Polystyrene* ini bersifat sangat amorphous, mempunyai indeks refraksi tinggi, dan sukar ditembus oleh gas, kecuali uap air. Dapat larut dalam alkohol rantai panjang, kitin, ester hidrokarbon yang mengikat klorin. *Polystyrene* ini juga sangat ringan, kaku, tembus cahaya, dan murah, tetapi cepat rapuh. Karena kelemahannya tersebut, *polystyrene* dicampur dengan seng dan senyawa butadiena yang menyebabkan *polystyrene* kehilangan sifat jernihnya dan berubah warna menjadi putih susu (Hariady, S., dan Fauzie, M.A., 2014). Tabel 2.1 menunjukkan karakteristik dari *polystyrene*.

Tabel 2.1 Karakteristik *Polystyrene*

Propertis	Nilai
Kelas Polimer	<i>Polystyrene</i>
Nama Umum	<i>Polystyrene, Polyethenylbenzene, Lustrex, Styron, Vestyron, Styrofoam, Fome-Cor, Luran.</i>
Akronim	PS
<i>Thermo-Physical Properties: Experimental / Literature Data</i>	
Molar Volum (Vm), ml/mol	99,0 – 99,5
Densitas (ρ), g/ml	1,05
Temperatur Transisi (Tg), K	364 - 401
Kapasitas Panas (Cp), J/mol.K	123 - 127
<i>Thermo-Physical Properties: Calculated Data</i>	
Berat Molekul (Repeat Unit), g/mol	104,15
Molar Volum (Vm), ml/mol	98,6 – 99,6
Densitas (ρ), g/ml	1,05 – 1,06
Temperatur Transisi (Tg), K	373 - 388
Kapasitas Panas (Cp), J/mol.K	125 - 133

(Sumber: *Polymerdatabase*, 2018)

2.2 Pirolisis

Pirolisis berasal dari kata *pyro* yang berarti api dan *lyo* yang berarti pelepasan. Pirolisis merupakan proses konversi atau dekomposisi kimia dan termal pada suhu tinggi dan terurai menjadi ikatan molekul yang lebih kecil. Pirolisis sering disebut juga sebagai termolisis yang merupakan proses terhadap suatu materi dengan menambahkan aksi suhu tinggi tanpa adanya udara. Secara singkat, pirolisis dapat diartikan sebagai pembakaran tanpa oksigen (Yuliaty, R., dan Widya, A., 2018).

Proses pirolisis dapat dilakukan pada berbagai level suhu, waktu reaksi, tekanan dan dengan adanya katalis atau tidak. Proses pirolisis plastik dapat berlangsung pada suhu rendah (<400 °C), suhu sedang (400-600 °C) dan suhu tinggi (>600 °C). Kondisi tekanan biasanya pada tekanan 1 atmosfer. Tekanan subatmosfer (vakum) biasanya digunakan jika produk yang diinginkan tidak stabil secara termal, contohnya pada proses repolimerisasi, pirolisis karet dan stirena. Pada proses pirolisis, bahan polimer dipanaskan sampai suhu tinggi sehingga struktur makromolekul polimer dipecah menjadi molekul yang lebih kecil dan spektrum yang luas dari hidrokarbon yang terbentuk. Produk dari hasil proses

pirolisis dapat dibagi menjadi tiga, yaitu fraksi gas, fraksi cair dan residu padat (Das S., dan Pandey, S., 2007). Berikut ini merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi proses pirolisis:

1. Temperatur

Temperatur adalah variabel operasi terpenting, karena menentukan kecepatan dekomposisi termal dan stabilitas raw material dan produk reaksi. Suhu tinggi ($>600\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan kondisi operasi vakum menghasilkan produk gas-gas sederhana, suhu rendah dan tekanan tinggi menghasilkan produk yang lebih *viscous*, rate pirolisis yang tinggi, kecenderungan membentuk arang, lebih banyak produk sekunder, dan dehidrogenasi. Permulaan dari reaksi pirolisis sangat dipengaruhi oleh adanya zat aditif, seperti stabilizer, *plasticizer*, dan *pigments*. Dalam kebanyakan proses, temperatur sedang ($400\text{-}500\text{ }^{\circ}\text{C}$) menghasilkan plastik dalam wujud lelehan (Rizka dan Sri Rachmania, 2013). Namun, keadaan ini tergantung pada bahan baku yang digunakan. Berdasarkan penelitian Maryudi, dkk (2018), temperatur yang digunakan untuk proses pirolisis polistiren yaitu $360\text{-}460\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan hasil %yield cairan tertinggi pada temperatur $460\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Waktu Reaksi

Waktu reaksi yang dibutuhkan pada prinsipnya ditentukan oleh suhu reaksi. Pembentukan produk primer seperti monomer biasanya pada waktu tinggal yang pendek, sementara untuk pembentukan produk-produk yang stabil secara termodinamika (H_2 , CH_4 , senyawa aromatik, karbon) membutuhkan waktu yang lama. Tekanan rendah (vakum) menghasilkan produk primer berupa monomer, sementara tekanan tinggi menghasilkan produk fraksi liquid yang kompleks (Rizka, A., dan Juliastuti, S.R., 2013).

3. Katalis

Menurut Basu (2010) dalam Putra, A.A (2017), Keberadaan katalis dengan jumlah yang banyak akan membuat proses dekomposisi semakin cepat. Namun jika terlalu banyak katalis yang dimasukkan maka akan membuat produk pirolisis akan menjadi gas. Ukuran pori dari katalis mempengaruhi hasil produk pirolisis. Karena di dalam pori permukaan katalis terdapat sisi aktif yang mengandung asam guna membantu proses perekahan. Semakin kecil ukuran

katalis maka akan semakin besar luas permukaan katalis dan semakin memperbanyak jumlah pori pada katalis. Menurut Das S., dan Pandey, S (2007), Penambahan katalis memberikan beberapa pengaruh dalam proses pirolisis, yaitu menurunkan temperatur operasi pirolisis untuk mencapai konversi tertentu, produk yang dihasilkan berada pada rentang C₅-C₁₀, dan laju reaksi berlangsung lebih cepat.

4. Ukuran Bahan Baku

Menurut Basu (2010) dalam Putra, A.A (2017), Ukuran Bahan Baku Ukuran bahan baku yang besar akan membuat perambatan panas antar bahan baku akan berlangsung lama. Hal ini akan menyebabkan proses penguapan bahan baku menjadi lebih lama

5. Tipe Reaktor

Pemilihan tipe reaktor utamanya didasarkan pada pertimbangan teknis, transfer panas, dan kemudahan untuk karakterisasi feed dan residunya. Dalam beberapa proses yang diusulkan, polimer dilarutkan dalam suatu *bath* berisi lelehan polimer atau wax atau didispersikan ke dalam *salt bath* untuk mengurangi viskositas dari lelehannya. Proses yang lain menganjurkan penggunaan reaktor *fluidized bed* termal atau *catalytic*. Kenaikan suhu mempunyai pengaruh terhadap properti termodinamika nya, seperti *relative stability* berbagai produknya dan juga pada kondisi fisik dan kinetik dari campuran yang bereaksi. Suhu dan kecepatan pemanasan yang tinggi, tekanan operasi yang rendah, dan waktu tinggal yang singkat, menghasilkan produk primer yang kurang stabil. Di Hamburg, proses pirolisis yang dikerjakan oleh professor kaminsky dan professor sinn, kondisi diatur sedemikian rupa sehingga apapun *feed* nya, akan diperoleh produk berupa aromatik (Rizka, A., dan Juliastuti, S.R., 2013).

2.3 *Catalytic Cracking*

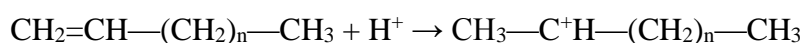
Cracking atau yang sering disebut dengan pirolisis adalah proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses *cracking* plastik dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar.

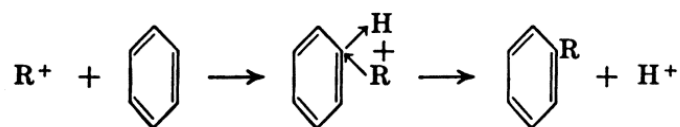
Terdapat tiga jenis proses *cracking* yaitu *hidro cracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking* (Panda, A.K., 2011).

Catalytic cracking merupakan merupakan proses perengkahan dengan menggunakan katalis sebagai media yang dapat mempercepat laju reaksi, proses penguraian molekul besar menjadi molekul kecil dilakukan dengan suhu tinggi. Jenis katalis yang sering digunakan adalah silica, alumunia, zeloit dan beberapa jenis lainnya seperti clay. Pada umumnya reaksi dari proses perengkahan katalitik menggunakan mekanisme perengkahan ion karbonium. Awalnya katalis yang memiliki sifat asam akan menambahkan proton ke dalam molekul olefin ataupun menarik ion hidrida dari alkana sehingga menyebabkan terbentuknya ion karbonium (Risdiyanta, 2015).

Menurut Trisunaryanti (2014) dalam Sihombing, J.L., dkk (2017), reaksi *catalytic cracking* atau perengkahan katalitik adalah reaksi perengkahan menggunakan katalis (katalis heterogen) sebagai material yang mampu mempercepat laju reaksi untuk mencapai kesetimbangan dan menghasilkan produk akhir reaksi melalui mekanisme pembentukan ion karbonium. Ion karbonium yang sudah terbentuk dapat mengalami pemutusan rantai pada posisi beta untuk membentuk olefin dan ion karbonium baru (Sadeghbeigi, R., 2000).

Menurut Arianto (2006) dalam Adlan, A (2009), Struktur ion karbonium adalah struktur yang tidak stabil dan memiliki kekuatan asam yang lebih besar, sehingga yang terjadi adalah pemutusan rantai karbon menjadi rantai yang lebih pendek. Kestabilan karbokation ini dapat ditingkatkan dengan cara menyebarkan muatan positif. Karbokation yang paling stabil adalah karbokation dengan banyak gugus alkil yang terikat pada atom karbon positif karena hal ini berarti ada lebih banyak atom yang dapat membantu membagi muatan positif itu dan menstabilkan karbokation. Langkah selanjutnya adalah interaksi antara karbokation dengan hidrokarbon lain. Karbokation dengan rantai yang panjang akan mengalami pemotongan β berdasarkan β -cleavage mechanism yang akan menghasilkan suatu olefin, karbokation baru dan aromatik. Untuk olefin dan aromatik, reaksi penambahan proton sebagai berikut (Greensfelder, B.S., 1951):





Karbokation primer akan mengalami isomerisasi dengan pergeseran 1,2-hidrida untuk menghasilkan karbokation sekunder yang lebih stabil, yang selanjutnya dapat mengalami β -cleavages. Selain mengalami β -cleavages ada juga sebagian karbokation yang membentuk suatu olefin. Selanjutnya terjadi mekanisme sekunder lainnya yang terjadi dalam proses perengkahan katalitik menjadi produk yang lebih stabil dan akan menghasilkan produk dengan bilangan oktan yang lebih tinggi.

Mekanisme *catalytic cracking* hidrokarbon berupa reaksi ion seperti pada katalis jenis zeolit memiliki pusat bronsted asam kuat, yang akan mentransfer ion hidrogen ke rantai polimer (Nazif, R., dkk, 2016). Menurut Luis Norena, dkk (2012) dalam Nazif, R., dkk (2016), Ion yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik dapat distabilkan oleh β -splitting, isomerisasi atau mentransfer reaksi hidrogen. Skema selanjutnya menunjukkan reaksi yang berbeda yang dapat terjadi, masing-masing terjadi yang bergantung pada suhu. Luas permukaan dan struktur katalis yang berpori juga berperan penting. Penguraian rantai polimer dimulai pada permukaan eksternal katalis dan fragmen yang cukup kecil mungkin masuk ke dalam pori-pori, di mana reaksi *cracking* tambahan berlangsung, sehingga molekul gas terbentuk. Menurut Nasikin dan Susanto (2010) dalam Yolanda, T (2018) terdapat beberapa tahapan yang terjadi pada proses mekanisme reaksi katalitik:

1. Difusi eksternal, yaitu reaktan berdifusi ke permukaan katalis.
2. Difusi internal, yaitu reaktan berdifusi ke dalam rongga-rongga katalis menuju permukaan aktif katalis.
3. Adsorpsi, yaitu proses dimana reaktan terserap secara kimia ke permukaan aktif katalis.
4. Terjadinya reaksi pada sisi aktif katalis sehingga reaktan terkonversi menjadi produk.
5. Desorpsi, yaitu proses dimana produk terlepas dari permukaan katalis.

Tabel 2.2 Perbedaan Antara Perengkahan Termal dan Katalitik

<i>Thermal Cracking</i>	<i>Catalytic Cracking</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Perengkahan termal merupakan proses pemecahan senyawa besar menjadi senyawa yang lebih kecil pada temperatur dan tekanan yang tinggi • Melibatkan temperatur dan tekanan yang tinggi • Temperatur berkisar 500-700 C • Tekanan ± 70 atm • Biasanya digunakan pada proses visbreaking, thermal gasoilne production dan delayed coking 	<ul style="list-style-type: none"> • Perengkahan katalitik merupakan proses pemecahan senyawa besar menjadi senyawa yang lebih kecil menggunakan katalis asam • Melibatkan penambahan katalis dengan temperatur dan tekanan sedang • Temperatur berkisar 475-530 • Tekanan ± 20 atm • Biasanya digunakan untuk memperoleh bahan bakar dengan ON 65-70

(Sumber: Madhusa, 2017)

2.4 Zeolit Alam

Secara umum zeolit ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan kristal $M_{2/n}O$ Al_2O_3 a SiO_2 b H_2O (Las, T., dan Husen, Z., 2002). Menurut Yuanita (2009) dalam Nurani, I., dkk (2016), Zeolit alam merupakan mineral yang jumlahnya banyak tetapi distribusinya tidak merata, seperti *klinoptilolit*, *mordenit*, *phillipsit*, *chabazit* dan *laumontit*. Namun zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, absorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu. Selain untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada zeolit alam, proses aktivasi zeolit juga ditujukan untuk memodifikasi sifat-sifat dari zeolit, seperti luas permukaan dan keasaman. Luas permukaan dan keasaman yang meningkat akan menyebabkan aktivitas katalitik dari zeolit meningkat. Salah satu kelebihan dari zeolit adalah memiliki luas permukaan dan keasaman yang mudah dimodifikasi.

2.4.1 Sifat-Sifat Kimia dan Fisika Zeolit Alam

Menurut Halimantun Hamdan (1992) dalam Lestari, D.Y. (2010) bahwa zeolit merupakan suatu mineral berupa kristal silika alumina yang terdiri dari tiga

komponen yaitu kation yang dapat dipertukarkan, kerangka alumina silikat dan air. Air yang terkandung dalam pori tersebut dapat dilepas dengan pemanasan pada temperatur 300-400 °C. Menurut Sutarti (1994) dalam Lestari, D.Y. (2010), pemanasan pada temperatur tersebut, air dapat keluar dari pori-pori zeolit sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Jumlah air yang terkandung dalam zeolit sesuai dengan banyaknya pori atau volume pori. Zeolit banyak ditemukan dalam batuan. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4^{2-} dan SiO_4^- yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur Si^{4+} dapat diganti dengan Al^{3+} . Ikatan Al-O-Si membentuk struktur kristal sedangkan logam alkali atau alkali tanah merupakan sumber kation yang dapat dipertukarkan.

2.4.2 Rasio Si/Al dalam Zeolit

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kerangka tetrahedral dari zeolit tidak stabil terhadap asam atau panas. Selain itu diketahui bahwa zeolit mordenit yang mempunyai perbandingan Si/Al = 5 adalah sangat stabil. Maka diusahakan untuk membuat zeolit dengan kadar Si yang lebih tinggi dari satu yang kemudian diperoleh zeolit Y dengan perbandingan kadar Si/Al antara 1-3. Contoh zeolit Si sedang adalah zeolit Omega (sintetis) sedangkan zeolit alam yang termasuk jenis ini adalah mordenit, erionit dan klinoptilotit (Lestari, D. Y., 2010). Untuk katalis mordenit batas Si/Al optimumnya antara 8-25 (Handhoyo, R., dkk, 2005)

2.4.3 Luas Permukaan Zeolit

Zeolit memiliki struktur yang khas, yaitu hampir sebagian besar merupakan kanal dan pori yang menyebabkan zeolit memiliki luas permukaan yang besar. Semakin banyak jumlah pori yang dimiliki, semakin besar luas permukaan total yang dimiliki zeolit (Lestari, D. Y., 2010). Menurut Ertan (2005) dalam Lestari, D.Y. (2010), Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan baik secara fisika maupun secara kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan melalui pengecilan ukuran butir, pengayakan, dan pemanasan pada suhu tinggi, tujuannya untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar pori, dan memperluas permukaan. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan melalui pengasaman. Tujuannya untuk menghilangkan pengotor anorganik. Pengasaman ini akan menyebabkan terjadinya pertukaran kation dengan H^+ .

2.4.4 Selektivitas Zeolit Alam

Selektivitas adalah daya produksi atau kemampuan katalis dalam menghasilkan produk sesuai dengan yang dikehendaki. Hal ini terjadi karena suatu zat yang berperan dalam suatu proses dapat juga menjadi penghambat pada proses lainnya sehingga perlu diteliti disetiap bagian katalis (Yuliarti, R., dan Widya, A., 2018). Smith (1992) dalam Lestari, D.Y. (2010) mengemukakan bahwa kation-kation dalam kerangka zeolit dapat ditukar dan disubstitusi tanpa merubah struktur kerangka (isomorfis) dan dapat menimbulkan gradien medan listrik dalam kanal-kanal dan ruangan-ruangan zeolit. Gradien-gradien tersebut akan masuk ke pori zeolit yang mengakibatkan zat teradsorpsi. Molekul yang polar (mis: amoniak atau air) akan berinteraksi lebih kuat dengan gradien medan elektronik intrakristal dibandingkan molekul-molekul non polar. Zeolit yang banyak mengalami substitusi kerangka isomorfis akan cenderung mengadsorpsi molekul-molekul yang polar. Sebaliknya molekul-molekul non polar akan diserap oleh zeolit dengan rasio Si/Al tinggi.

2.5 Bahan Bakar Bensin

Bensin adalah campuran kompleks yang terdiri dari senyawa-senyawa hidrokarbon yang digunakan sebagai bahan bakar mesin motor bakar (Rita, N., 2016). Menurut Permana (2010) dalam Kholidah, N (2014), Bensin didapat dari hasil proses distilasi minyak bumi menjadi fraksi-fraksi yang diinginkan. Jangkauan titik didih senyawa ini antara lain 40 °C sampai 220 °C yang terdiri dari senyawa karbon C₅-C₁₂. Bensin tersebut berasal dan berbagai jenis minyak mentah yang diolah melalui proses yang berbeda-beda baik secara distilasi langsung maupun dan hasil perengkahan, reformasi, alkilasi dan isomerisasi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa komposisi kimia bensin terdiri dan senyawa hidrokarbon tak jenuh (alkena), hidrokarbon jenuh (alkana), hidrokarbon siklik atau hidrokarbon aromatik. Jenis bensin yang diproduksi dan dipasarkan oleh Pertamina dengan nama premium saat ini memiliki angka oktan 88 dengan kandungan timbal maksimum 3 gram/liter. Berikut ini merupakan spesifikasi bahan bakar bensin 88 yang dipasarkan di dalam negeri berdasarkan surat keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor 933.K/10/DJM.S/2013 dan SNI 3506:2017:

Tabel 2.3 Spesifikasi Bensin 88

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain-Lain
1	Bilangan Oktana					
	RON MON	RON	88	-	D 2699	
			Dilaporkan			
2	Stabilitas Oksidasi	Menit	360	-	D 525	
3	Kandungan Sulfur	%m/m	-	0,05	D 2622	
4	Kandungan Timbal	gr/l	-	0,013	D 3237	
5	Kandungan Logam	mg/l	Tidak Terlacak		D 3831	UOP 391
6	Kandungan Oksigen	%m/m	-	2,7	D 4815	
7	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan		D 1319	
8	Kandungan Aromatik	% v/v	Dilaporkan		D 1319	
9	Kandungan Benzena	% v/v	Dilaporkan		D 5580	
10	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	-	2,0		
11	Sedimen	Mg/l	-	1	D 5452	
12	Unwashed Gum	Mg/100 ml	-	70	D 381	
13	Tekanan Uap	kPa	45	69	D 5191	
14	Berat Jenis (15 °C)	Kg/m ³	715	770	D 4052	
15	Korosi Bilah Tembaga	Menit	Kelas I		D 130	
16	Sulfur Mercaptan	%m	-	0,002	D 3227	
17	Penampilan Visual		Jernih dan Terang			
18	Warna		Kuning			
19	Kandungan Pewarna	gr/100 l	0,13			
20	Bau		Dapat Dipasarkan			

(Sumber: Kepdirjen Migas, 2013)

2.6 Bahan Bakar Kerosene

Kerosin ialah fraksi minyak bumi yang mempunyai daerah didih sekitar 150-300 °C. Penggunaan utama kerosin ialah sebagai bahan bakar lampu penerangan. Selain itu, kerosin juga digunakan sebagai bahan bakar kompor dalam rumah tangga. Karena kerosin terutama digunakan sebagai bahan bakar lampu untuk penerangan, maka salah satu sifat yang terpenting bagi kerosin ialah bahwa kerosin harus dapat memberikan intensitas terang nyala yang tinggi dan sedikit mungkin

memberikan asap yang dapat mengganggu lingkungan (Rita, N., 2016). Berikut ini merupakan spesifikasi bahan bakar minyak tanah yang dipasarkan di dalam negeri berdasarkan surat keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor 119.K/18/DJM/2020:

Tabel 2.4 Spesifikasi Minyak Tanah

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain-Lain
	Berat Jenis (15 °C)	Kg/m ³	-	835	D 1298/ D 4052	-
	Titik Asap	mm	15	-	D 1322	-
	Nilai Jelaga	gr/l	-	0,004		IP 10
	Distilasi:					
	Perolehan Vol (200 °C)	% vol	18	-	-	-
	Titik Akhir	°C	-	310	-	-
	Titik Nyala Abel	°C	38	-	-	IP 170
	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,20	D 1266/ D 2622/ D 4294/ D 5453	-
	Korosi Bilah Tembaga	Menit	Kelas I		D 130	-
	Bau dan Warna	-	Dapat dipasarkan		-	-

(Sumber: Kepdirjen Migas, 2020)

2.7 Bahan Bakar Solar

Menurut Susilo (2014) dalam Rafmiwati, T (2018), Bahan bakar solar adalah fraksi minyak bumi dengan warna solar komersial kuning coklat yang jernih dan mendidih sekitar temperatur 175-370 °C. Penggunaan solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (diatas 1000 rpm). Minyak solar ini biasa disebut juga *Gas Oil*, *Automotive Diesel Oil*, *High Speed Diesel*. Menurut Bangun (2010) dalam Rafmiwati, T (2018), Pembakaran bahan bakar yang berasal dari fosil khususnya dari bahan bakar solar selain dari menghasilkan energi juga menghasilkan gas-gas seperti karbondioksida (CO₂), Nitrogen oksida (NO_x) dan sulfur dioksida (SO₂) yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Bahan bakar minyak solar untuk kendaraan bermotor yang beredar dipasaran baik di Indonesia, salah satunya adalah biosolar/solar 48. Bahan bakar biosolar/solar 48 adalah bahan bakar yang mempunyai bilangan setana CN

(*Cetane Number*) minimal 48 (Rafmiwati, T., 2018). Berikut ini merupakan spesifikasi bahan bakar solar 48 yang dipasarkan di dalam negeri berdasarkan surat keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor 28.K/10/DJM.T/2016:

Tabel 2.5 Spesifikasi Solar/Biosolar

No	Karakteristik	Satuan	Batasan SNI Minyak Solar 48		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain-Lain
1	Bilangan Setana		48	-	D613	
	Indeks Setana		45	-	D4737	
2	Densitas (15 °C)	Kg/m ³	815	870	D4052/D1298	
3	Viskositas (40 °C)	mm ² /s	2,0	4,5	D445	
4	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,35 0,30 0,25 0,05 0,05	D4294/D5453	
5	Distilasi: 90% vol. Penguapan	°C	-	370	D86	
6	Titik Nyala	°C	52	-	D93	
7	Titik Kabut	°C	-	18	D2500	
8	Titik Tuang	°C	-	18	D97	
9	Residu Karbon	% m/m	-	0,14	D189	
10	Kandungan Air	mm/kg	-	500	D6304	
11	Kandungan FAME	% v/v	-	20	D7806/D7371	
12	Korosi Bilah Tembaga			Kelas 1	D130	
13	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D482	
14	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D473	
15	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0	D664	
16	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,6	D664	
17	Penampilan Visual		Jernih dan Terang			
18	Warna	No. ASTM	-	3,0	D1500	
19	Lubricity (HFRR wear scar dia. @60 °C)	Micron	-	460	D6079	
20	Kestabilan Oksidasi Metode Rancimat	Jam	35	-		EN15751

(Sumber: Kepdirjen Migas, 2016)

2.8 Sifat Fisik-Kimia Produk

Sifat fisik merupakan hal yang perlu diperhatikan, dimana dengan mengetahui sifat fisik produk minyak yang didapatkan, maka kualitas produk minyak juga dapat ditentukan. Berikut ini merupakan sifat fisik produk minyak yang dianalisis pada penelitian ini, yaitu:

2.8.1 Massa Jenis

Massa jenis atau *density* adalah kuantitas konsentrasi zat yang dinyatakan dalam massa persatuan volume. Nilai massa jenis suatu zat dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur, kerapatan suatu zat semakin rendah karena molekul molekul yang saling berikatan akan terlepas. Kenaikan temperatur menyebabkan volume suatu zat bertambah, sehingga massa jenis dan volume suatu zat memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Secara matematika massa jenis dinyatakan dengan persamaan (Saputra, A.T., dkk, 2017):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dengan ρ adalah densitas (gr/cm^3), m adalah massa sampel (gr) dan v adalah volume piknometer (cm^3).

2.8.2 Viskositas

Viskositas adalah daya hambatan yang dilakukan oleh cairan untuk mengalir pada suhu tertentu, yaitu berupa bilangan yang menunjukkan mudah tidaknya suatu fluida mengalir pada suhu tertentu. Viskositas merupakan sifat yang penting sekali dalam perhitungan aliran untuk transportasi minyak, karena viskositas merupakan ukuran sifat kemudahan atau kecepatan mengalirnya suatu minyak pada suhu tertentu. Minyak encer (*non viscous oil*) mempunyai yang viskositas rendah artinya minyak tersebut mudah mengalir, begitu pula sebaliknya untuk minyak yang pekat (*viscous oil*) memiliki viskositas yang tinggi akan lebih sukar mengalir atau daya hambatan mengalirnya tinggi. Besar kecilnya nilai viskositas suatu minyak dipengaruhi oleh besarnya suhu, makin tinggi suhu biasanya minyak akan semakin encer, begitu pula sebaliknya. Cara menentukan viskositas suatu zat menggunakan alat yang dinamakan viskometer. Ada beberapa viskometer yang sering digunakan untuk menentukan viskositas suatu zat cair salah satunya yaitu viskometer hoppler yang digunakan pada penelitian ini. Prinsip kerjanya adalah menggelindingkan bola (yang terbuat dari kaca) melalui tabung gelas yang berisi zat cair yang diselidiki. Kecepatan

jatuhnya bola merupakan fungsi dari harga resiprok sampel (Rita, N., 2016). Viskositas dinyatakan dengan persamaan berikut ini:

$$\mu = K(\rho_b - \rho_f)t$$

Dengan μ adalah viskositas dinamik (cp), K adalah konstanta bola (mpa.s.cm³/gr.s), ρ_b adalah densitas bola (gr/cm³), ρ_f adalah densitas fluida (gr/cm³) dan t adalah waktu bola jatuh (s).

$$v = \frac{\mu}{\rho_f}$$

Dengan v adalah viskositas kinematik (cSt), μ adalah viskositas dinamik (cp) dan ρ_f adalah densitas fluida (gr/cm³).

2.8.3 Titik Nyala

Titik nyala adalah suatu titik dimana pada temperatur terendah minyak menghasilkan cukup uap untuk menyambar suatu percikan api sehingga terjadi pembakaran sesaat. Makin tinggi °API *gravity* nya, titik didihnya makin rendah, maka jelaslah *flash point* juga makin rendah dan mudah dapat terbakar karena percikan api (Rita, N., 2016). Titik nyala suatu bahan bakar menandakan batas aman terhadap bahaya kebakaran selama penyimpanan, penanganan, dan transportasi. Titik nyala mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan suatu bahan bakar untuk terbakar (Setiawati, E., dan Fatmir, E., 2012).

2.8.4 Nilai Kalor

Menurut Lubis (2007) dalam Komariah, L.N., dkk (2013), Nilai kalor atau *heating value* adalah jumlah energi yang dilepaskan pada proses pembakaran per satuan volume atau per satuan massa. Satuan nilai kalor adalah kalori. Air dalam bahan bakar cair merupakan air eksternal, berperan sebagai pengganggu. Air yang terkandung dalam bahan bakar dapat menurunkan mutu bahan bakar tersebut, karena dapat menurunkan nilai kalor dan membutuhkan sejumlah kalor untuk penguapan, selain itu dapat menurunkan titik nyala dan memperlambat proses pembakaran dan menambah volume gas buang.

2.8.5 Gas Chromatography-Mass Spectrometry

Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS) adalah metode analisa yang dapat mengukur jenis dan kandungan senyawa dalam suatu sampel baik secara kualitatif dan kuantitatif. Instrumen ini merupakan perpaduan dari dua buah instrumen, yaitu kromatografi gas yang berfungsi untuk memisahkan senyawa

menjadi senyawa tunggal dan spektroskopi massa yang berfungsi mendeteksi jenis senyawa berdasarkan pola fragmentasinya. Pengukuran menggunakan GC-MS pada umumnya hanya dibatasi untuk senyawa berwujud gas atau cairan yang mempunyai tekanan uap minimal 10-10 torr (BPPT, 2014).

Prinsip kerja instrumen GC-MS ini, yaitu sampel yang diinjeksikan ke dalam kromatografi gas akan diubah menjadi fasa uap dan dialirkan melewati kolom kapiler dengan bantuan gas pembawa. Pemisahan senyawa campuran menjadi senyawa tunggal terjadi berdasarkan perbedaan sifat kimia dan waktu yang diperlukan bersifat spesifik untuk masing-masing senyawa. Pendeteksian berlangsung di dalam spektroskopi massa dengan mekanisme penembakan senyawa oleh elektron menjadi molekul terionisasi dan pencatatan pola fragmentasi yang terbentuk dibandingkan dengan pola fragmentasi senyawa standard yang diindikasikan dengan prosentase *similarity index* atau SI (BPPT, 2014).