

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Pemanas Induksi

Pemanas induksi merupakan salah satu produk teknologi yang sudah lama dibuat dan digunakan di dalam industri maupun rumah tangga. Pemanas induksi yang berbasis elektronika daya memiliki keterkaitan erat dengan frekuensi kerja, nilai tegangan dan arus masukan, dan bentuk benda yang akan dipanaskan. Masing-masing faktor tersebut memiliki pengaruh terhadap karakteristik panas yang dihasilkan. Dengan menggunakan mikrokontroller dan elektronika daya, faktor-faktor tersebut dapat diubah nilainya sehingga memungkinkan untuk pengujian karakteristik panas.

Suatu pemanas induksi dapat kita bayangkan bagian dari trafo dengan pengisian arus terjadi pada lilitan kumparan. Setelah sumber AC dihubungkan dengan kumparan maka arus bolak-balik akan mengalir pada semua bagian konduktor dan akan timbul medan magnet disekitar kumparan induksi tersebut. Jadi, apabila pada kumparan tersebut ditempatkan suatu bahan konduktif, maka akan timbul arus eddy dalam bahan tersebut. Karena arus eddy dalam mengambil energinya dalam bentuk panas sedangkan magnet dalam bentuk lingkaran, maka panas yang dihasilkan dari pemanasan akan berubah apabila terjadi perubahan frekuensi. (Nova Rachmadona,2015).

Pemanas Induksi ditunjukkan sebagai rugi-rugi arus eddy sebab pemanasannya terjadi pada inti besi yang diberi frekuensi. Karena panas yang ditimbulkan pada bahan pemanas sepenuhnya dari fluks magnetik yang diciptakan oleh lilitan konduktor, maka hanya dengan mengubah intensitas fluks maka kemampuan pembangkitan panas bisa dikontrol. (Ambar Rencono, 2000).

2.2 Arus Eddy

Arus Eddy memiliki peranan yang paling dominan dalam proses pemanasan induksi. Panas yang dihasilkan pada material sangat bergantung kepada besarnya arus eddy yang diinduksikan oleh lilitan penginduksi. Ketika lilitan di aliri oleh arus

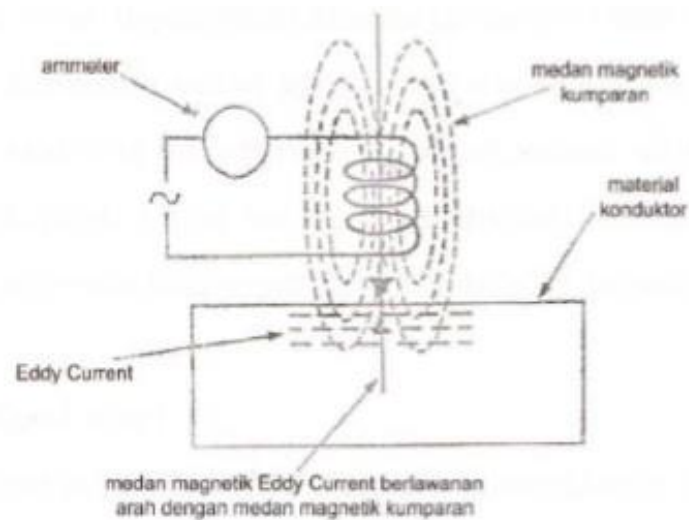
bolak-balik, maka akan timbul medan magnet di sekitar kawat penghantar. Medan magnet tersebut besarnya berubah-ubah sesuai dengan arus yang mengalir pada lilitan tersebut. Jika terdapat bahan konduktif disekitar medan magnet yang berubah-ubah tersebut, maka pada bahan konduktif tersebut akan mengalir arus yang disebut arus eddy. (Rezon Arif, 2013)

Eddy Current adalah induksi arus listrik bolak-balik didalam material konduktif oleh medan magnetik bolak-balik (yang dihasilkan oleh arus listrik bolak-balik tersebut). Arus induksi didalam material yang termodifikasi akan menimbulkan perubahan nilai arus induksi yang melalui material tersebut. Perubahan arus induksi dapat dianalisis dan dapat menunjukkan kemungkinan modifikasi dari material.

Prinsip Eddy Current didasarkan pada hukum Faraday yang menyatakan bahwa pada saat sebuah konduktor dipotong garis-garis gaya dari medan magnetik atau dengan kata lain, gaya elektromotif (EMF) akan terinduksi kedalam konduktor. Besarnya EMF bergantung pada : (Rezon Arif, 2013)

1. ukuran, kekuatan, dan kerapatan medan magnet.
2. kecepatan pada saat garis-garis gaya magnet dipotong.
3. kualitas konduktor.

Karena Eddy Current adalah perjalanan arus listrik didalam konduktor, maka akan menghasilkan medan magnetik juga. Hukum Lenz menyatakan bahwa medan magnetik dari arus terinduksi memiliki arah yang berlawanan dengan penyebab arus terinduksi. Medan magnetik Eddy Current berlawanan arah terhadap hasil medan magnetik kumparan.



Gambar 2.1 Arah Medan Magnet Eddy Current Berlawanan dengan Arah Medan Magnet Kumparan.

(Sumber : Nova Rachmadona, 2015)

2.3 Plastik

Salah satu sampah anorganik yang selalu diproduksi selama ini yaitu sampah plastik. Sejak ditemukan pertama kali pada tahun 1907, penggunaan plastik dan barang-barang berbahan dasar plastik semakin meningkat. Peningkatan penggunaan plastik ini merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk.

Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Plastik adalah salah satu jenis polimer yang bahan dasarnya secara umum adalah polipropilena (PP), polietilena (PE), polistirena (PS), poli (metil metakrilat) (PMMA), *high density polyethylene* (HDPE) dan poli (vinilklorida) (PVC) (Rodiansono *et al.* 2007). Plastik adalah jenis bahan non-biodegradable yang sulit diuraikan oleh alam karena membutuhkan puluhan bahkan ratusan juta tahun.

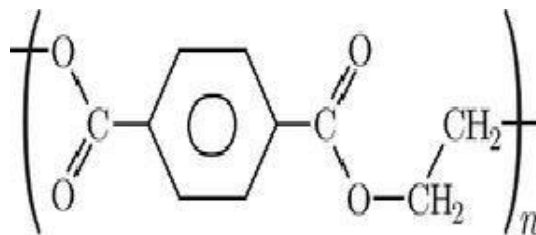
Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *Thermosetting*. *Thermoplastic* adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan dipanaskan. Berdasarkan sifat

kedua kelompok plastik di atas, *thermoplastic* adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Sedangkan *thermosetting* plastik yang melunak bila dipanaskan dan dapat dibentuk, tapi mengeras secara permanen, mereka hancur bila dipanaskan (Naufan, 2016). Adapun bahan dasar dari plastik, antara lain :

1. PETE/PET (*PolyEthylene Terephthalate*)

Biasa dipakai untuk botol plastik transparan seperti botol air mineral, botol minuman, botol jus, botol minyak goreng, botol kecap, dan botol sambal. Dapat mengeluarkan zat karsinogenik SbO_3 (Antimon Trioksida) apabila digunakan berulang kali terutama pada kondisi panas. PETE/PET direkomendasikan hanya untuk sekali pakai.

Pada gambar 2.1 dapat dilihat rumus bangun PET, serta pada gambar 2.2 dapat dilihat contoh dari plastik PET dibawah ini.



Gambar 2.2 Rumus Bangun PET / PETE (*Polyethylene Terephthalate*)

(Sumber : <https://bagasvaniawan.wordpress.com/2010/11/19/kode-kode-segtiga-pada-plastik-2/>, diakses tanggal 28 Februari 2019)



Gambar 2.3 Contoh Produk Plastik PET

(Sumber : Krisnadwi, 2013, *Mengenal Jenis Jenis Plastik*, <https://bisakimia.com/2013/01/03/mengenal-jenis-jenis-plastik/>, diakses tanggal 28 Februari 2019)

2. HDPE (*High Density PolyEthylene*)

Biasa dipakai untuk botol kosmetik, botol obat, botol minuman, botol susu yang berwarna putih susu, tupperware, galon air minum, kursi lipat, jerigen, dan pelumas. Gambar 2.3 dibawah ini merupakan contoh produk plastik HDPE



Gambar 2.4 Contoh produk plastik HDPE

(Sumber : Krisnadwi, 2013, *Mengenal Jenis Jenis Plastik*, <https://bisakimia.com/2013/01/03/mengenal-jenis-jenis-plastik/>, diakses tanggal 28 Februari 2019)

3. PVC (*PolyVinyl Chloride*)

Biasa dipakai pada plastik pembungkus (*cling wrap*), untuk mainan, selang, pipa bangunan, taplak meja plastik, botol kecap, botol sambal dan botol sampo. PVC adalah jenis plastik yang paling sulit didaur ulang. Dibawah ini terdapat gambar 2.4 yang menunjukkan contoh produk plastik PVC.



Gambar 2.5 Contoh Produk Plastik PVC

(Sumber : Krisnadwi, 2013, *Mengenal Jenis Jenis Plastik*, <https://bisakimia.com/2013/01/03/mengenal-jenis-jenis-plastik/>, diakses tanggal 28 Februari 2019)

4. LDPE (*Low Density PolyEthylene*)

Biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, botol-botol yang lembek, tutup plastik, kantong/tas kresek, dan plastik tipis lainnya. Bersifat

fleksibel, kuat, sulit dihancurkan. Gambar 2.5 dibawah ini menunjukkan contoh plastik LDPE.



Gambar 2.6 Contoh Produk Plastik LDPE

(Sumber : *Krisnadwi, 2013, Mengenal Jenis Jenis Plastik*, <https://bisakimia.com/2013/01/03/mengenal-jenis-jenis-plastik/>, diakses tanggal 28 Februari 2019)

5. PP (*PolyPropylene*)

Merupakan pilihan bahan plastik terbaik dan paling aman, terutama untuk tempat makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, tutup botol, cup plastik, mainan anak, botol minum, dan yang terpenting pembuatan botol minum untuk bayi, bersifat elastis. Gambar 2.6 menunjukkan contoh plastik PP



Gambar 2.7 Contoh Produk Plastik PP

(Sumber : *Krisnadwi, 2013, Mengenal Jenis Jenis Plastik*, <https://bisakimia.com/2013/01/03/mengenal-jenis-jenis-plastik/>, diakses tanggal 28 Februari 2019)

6. PS (*PolyStyrene*)

Biasa dipakai sebagai bahan tempat makan *styrofoam*, tempat minum sekali pakai seperti sendok, garpu gelas. Gambar 2.7 dibawah ini menunjukkan contoh produk plastik PS



Gambar 2.8 Contoh Produk Plastik PS

(Sumber : Krisnadwi, 2013, *Mengenal Jenis Jenis Plastik*,
<https://bisakimia.com/2013/01/03/mengenal-jenis-jenis-plastik/>, diakses tanggal 28 Februari 2019)

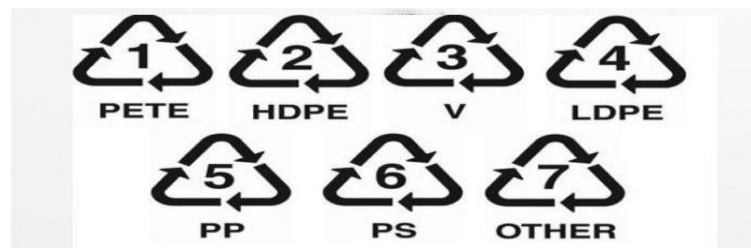
7. *Other* (Lain-lain)

Paling sering, produk dengan label 7 terbuat dari campuran dua atau lebih jenis plastik (1 sampai 6). Kadang kala label 7 mengindikasikan bahwa bahan baku resinnya tidak diketahui. Bisa jadi untuk segala macam benda, namun paling sering akan Anda jumpai plastik No. 7 digunakan dalam industri minuman ataupun makanan. Gambar 2.8 menunjukkan contoh produk plastik *Other* (lain-lain), serta terdapat kode plastik yang ditunjukkan oleh gambar 2.9



Gambar 2.9 Contoh Produk Plastik *Other*

(Sumber : Krisnadwi, 2013, *Mengenal Jenis Jenis Plastik*,
<https://bisakimia.com/2013/01/03/mengenal-jenis-jenis-plastik/>, diakses tanggal 28 Februari 2019)



Gambar 2.10 Nomor Kode Plastik

(Sumber : <https://kopisruput.net/2017/11/14/kenali-jenis-dan-fungsi-botol-kemasan-plastik-dari-simbol-daur-ulang-yang-tertera/> , diakses tanggal 28 Februari 2019)

Pengetahuan sifat thermal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik. Sifat-sifat thermal yang penting adalah titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g) dan temperatur dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperatur transisinya (Surono, 2011)

Data sifat termal yang penting pada proses daur ulang plastik bisa dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Data Temperatur Transisi Dan Temperatur Lebur Plastik

Jenis Bahan	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	T_g ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatur Kerja Maksimal ($^{\circ}\text{C}$)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS		110	85
PS		90	70
PMMA		100	85
PV		150	246
PVC		90	71

(Sumber : Budiyantoro, 2010)

2.4 Kandungan Energi Sampah Plastik

Perbandingan energi yang terkandung dalam plastik dengan sumber-sumber energi lainnya dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2. 2 Nilai Kalor Plastik dan Bahan lainnya

Material	Nilai Kalor (MJ/Kg)
<i>Polyethylene</i>	46,3
<i>Polypropylene</i>	46,4
<i>Polyvinyl chloride</i>	18,0
<i>Polystyrene</i>	41,4

(Sumber: Das dan Pandey, 2007)

2.5 Pirolisis

Pirolisis merupakan suatu proses penguraian bahan organik secara thermal (*thermal decomposition*) tanpa oksigen sedangkan produk yang dihasilkan berupa cairan, padatan, dan gas. Pirolisis disebut juga sebagai suatu penguraian kimia pada suhu tinggi tanpa berhubungan dengan udara (Nurminah, 2002). Proses kimiawi yang telah dilakukan seperti memecah rantai polimer plastik (*depolymerization*). Tiga komponen utama yang dihasilkan pada pirolisis antara lain:

- a) Gas yang mengandung hidrogen, karbon monoksida, karbon dioksida, dan gas yang lain yang mengandung bahan-bahan organik.
- b) Fraksi cair yang mengandung tar terdiri dari aseton, methanol, dan kompleks hidrokarbon.
- c) Fraksi padatan yang terdiri dari karbon murni berasal dari bahan baku (Tchobanoglous, 1993).

Menurut Kurniansyah (2015), faktor faktor yang mempengaruhi proses pirolisis antara lain adalah:

1. *Feedstock* artinya bahan baku yang digunakan
2. Temperatur dan *rate*/waktu pemanasan
3. Tipe reaktor
4. Waktu tinggal uap

5. Penggunaan katalis Semua bahan bakar dihasilkan oleh senyawa karbohidrat dengan rumus kimia $C_x(H_2O)_y$ yg menjadi fosil. Selain tersusun oleh komponen hidrokarbon, minyak bumi juga mengandung komponen non-hidrokarbon.

2.6 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair merupakan gabungan senyawa hidrokarbon yang diperoleh dari alam maupun secara buatan. Bahan bakar cair umumnya berasal dari minyak bumi. Dimasa yang akan datang, kemungkinan bahan bakar cair yang berasal dari oil shale, tar sands, batubara dan biomassa akan meningkat. Minyak (petroleum) berasal dari kata Petro = rock (batu) dan leaum = oil (minyak). Minyak dan gas terbentuk dari siklus alami yang diawali dari sedimentasi beberapa bekas tumbuhan dan binatang yang terjebak sepanjang jutaan tahun. Material-material organik itu beralih jadi minyak dan gas akibat dampak kombinasi temperatur dan desakan didalam kerak bumi. Minyak bumi merupakan campuran alami hidrokarbon cair dengan sedikit belerang, nitrogen, oksigen, sedikit sekali metal, dan mineral. Dengan kemudahan penggunaan, ditambah dengan efisiensi thermis yang lebih tinggi, serta penanganan dan pengangkutan yang lebih mudah, menyebabkan penggunaan minyak bumi sebagai sumber utama penyedia energi semakin meningkat. Secara teknis, bahan bakar cair merupakan sumber energi yang terbaik, mudah ditangani, mudah dalam penyimpanan dan nilai kalor pembakarannya cenderung konstan.

Beberapa kelebihan bahan bakar cair dibandingkan dengan bahan bakar padat antara lain kebersihan dari hasil pembakaran, menggunakan alat bakar yang lebih kompak, dan penanganannya lebih mudah. Salah satu kekurangan bahan bakar cair ini adalah harus menggunakan proses pemurnian yang cukup kompleks. Beberapa jenis bahan bakar minyak adalah sebagai berikut :

2.6.1. Bahan Bakar Bensin

Bensin adalah salah satu jenis bahan bakar minyak yang digunakan untuk bahan bakar mesin kendaraan yang pada umumnya adalah jenis sepeda motor dan mobil. Bahan bakar bensin yang dipakai untuk motor bensin adalah jenis gasoline

atau petrol. Bensin umumnya merupakan suatu campuran dari hasil pengilangan yang mengandung parafin, naphthene, dan aromatik dengan perbandingan yang bervariasi. Dewasa ini tersedia beberapa jenis bensin, yaitu premium, pertalite, dan pertamax. Ketiganya mempunyai mutu atau perilaku (performance) yang berbeda. Mutu bensin dipergunakan dengan istilah bilangan oktana (Octane Number).

Angka oktan merupakan acuan untuk mengukur kualitas dari bensin yang digunakan sebagai bahan bakar motor bensin. Makin tinggi angka oktan maka makin rendah kecenderungan bensin untuk terjadi knocking. Knocking adalah ketukan yang menyebabkan mesin mengelitik, mengurangi efisiensi bahan bakar dan dapat pula merusak mesin. Naphtalene merupakan suatu larutan kimia yang memberikan pengaruh positif untuk meningkatkan angka oktan dari bensin. Untuk menentukan nilai oktan, ditetapkan dua jenis senyawa sebagai pembanding yaitu isooktana dan n-heptana. Kedua senyawa ini adalah dua diantara macam banyak senyawa yang terdapat dalam bensin. Isooktana menghasilkan ketukan paling sedikit, diberi nilai oktan 100, sedangkan n-heptana menghasilkan ketukan paling banyak, diberi nilai oktan 0 (no). Suatu campuran yang terdiri 80% isooktana dan 20% n-heptana mempunyai nilai oktan sebesar $(80/100 \times 100) + (20/100 \times 0) = 80$. (Tirtoatmojo, 2004). Adapun spesifikasi bensin dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Spesifikasi Bensin (Premium)

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji (ASTM)
		Min	Max	
Bilangan Oktana				
Angka Oktana Riset (RON)	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 :				
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 ³	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	

(sumber : www.pertamina.com)

2.6.2. Bahan Bakar Kerosin

Minyak tanah (kerosin, kerosene, burning kerosene) merupakan produk hasil penyulingan minyak bumi dengan rentang titik didih 175°C sampai dengan 275°C (berentang didih di antara fraksi bensin dan minyak gas) (Williams dan Jones, 1963). Minyak tanah tersusun dari senyawa-senyawa hidrokarbon C9

sampai C yang terbagi atas tiga kelompok yaitu hidrokarbon parafinik, hidrokarbon naptetik dan hidrokarbon aromatik (Reuben dan Wittcoff, 1996).

Bahan bakar ini merupakan fraksi diantara fraksi bensin dan fraksi minyak solar. Minyak tanah yang digunakan sebagai bahan bakar memiliki komposisi yang sebagian besar mengandung hidrokarbon alkana. Jika bahan bakar ini dibakar akan memberikan nyala yang terang, dengan api berwarna putih. Minyak tanah jenis ini dihasilkan langsung dari destilasi minyak mentah jenis parafin ataupun dari larutan ekstraksi destilasi dari campuran beberapa jenis minyak mentah.

Komponen utama kerosin adalah paraffin, cycloalkanes (naphtha) serta senyawa aromatik, dimana paraffin adalah komposisi terbesar, Kerosin tersusun sekurang-kurangnya atas 12 karbon tiap molekul. Unsur pokok kerosin terutama sebagai hidrokarbon jenuh yang terdiri atas tetrahidronaftalin dan disikloparafin. Hidrokarbon lain seperti aromatik dan cincin–cincin sikloparafin atau sejenisnya. Ada juga diaromatik (cincin aromatik yang terkondensasi), seperti pada naftalin. Dan senyawaan dua cincin yang terisolasi dan sangat sedikit seperti pada bifenil. dibawah ini terdapat tabel 2.4 – 2.7

Tabel 2.4. Spesifikasi Kerosin (Minyak Tanah)

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji
		Min.	Maks.	
Densitas pada 15 C	kg/m ³	-	835	ASTM D 1298
Titik Asap	Mm	15	-	ASTM D 1322
Nilai Jelaga	mg/kg	-	40	IP 10
Distilasi :				ASTM D 86
Perolehan pada 200 C	% vol	18	-	
Titik Akhir	C	-	310	
Titik Nyala	C	38	-	IP 170
Kandungan Belerang	% massa	-	0,2	
Korosi Bilah Tembaga		-	no.1	
Bau dan Warna		Dapat dipasarkan		

(Sumber : www.pertamina.com)

2.6.3. Bahan Bakar Solar

Minyak solar adalah suatu produk destilasi minyak bumi yang khusus digunakan untuk bahan bakar mesin Compression Ignation (udara yang dikompresi menimbulkan tekanan dan panas yang tinggi sehingga membakar solar yang disemprotkan Injector) dan di Indonesia minyak solar ditetapkan dalam peraturan Dirjend Migas No. 002/P/DM/MIGAS/2007.

Minyak solar berasal dari Gas Oil, yang merupakan fraksi minyak bumi dengan kisaran titik didih antara 2500 C sampai 3500 C yang disebut juga middle destilat. Komposisinya terdiri dari senyawa hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon yang ditemukan dalam minyak solar seperti parafinik, naftenik, olepin dan aromatik. Sedangkan untuk senyawa non-hidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur-unsur non-logam, yaitu sulfur, nitrogen, dan oksigen serta unsur logam seperti vanadium, nikel, dan besi. Minyak solar ialah fraksi minyak bumi berwarna kuning coklat yang jernih yang mendidih sekitar 175-370° C dan yang digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Umumnya, solar mengandung belerang dengan kadar yang cukup tinggi. Penggunaan solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (diatas 1000 rpm), yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur-dapur kecil yang terutama diinginkan pembakaran yang bersih. Minyak solar ini biasa disebut juga Gas Oil, Automotive Diesel Oil, High Speed Diesel.

Syarat umum yang harus dimiliki oleh minyak solar adalah harus dapat menyala dan terbakar sesuai kondisi ruang bakar. Minyak solar sebagai bahan bakar memiliki karakteristik yang dipengaruhi oleh sifat-sifat seperti Cetana Number (CN) dan Cetana Index (CI). Cetana Number menunjukkan bahan bakar minyak solar untuk menyala dengan sendirinya (auto ignition) dalam ruang bakar karena tekanan dan suhu ruang bakar. Angka CN yang tinggi menunjukkan bahwa minyak solar dapat menyala pada temperatur yang relatif rendah dan sebaliknya angka CN yang rendah menunjukkan minyak solar baru menyala pada temperatur yang relatif tinggi. Sementara Cetana Index merupakan perkiraan matematis dari CN dengan basis suhu destilasi, densitas, titik anilin dan lain-lain. Apabila terdapat aditif yang bersifat meningkatkan CN maka perhitungan CI tidak dapat langsung digunakan tetapi variabel-variabel seperti API gravity dan suhu destilasi harus disesuaikan

karena karakteristik bahan bakar akan berubah. Adapun Spesifikasi solar dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Spesifikasi Solar

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji (ASTM)
		Min.	Maks.	
Bilangan Cetana Angka Setana	-	48	-	D 613
Indeks Setana	-	45	-	D 4737
Berat Jenis, 15 C	kg/m ³	815	860	D 4052
Viskositas, 40 C	mm ² /sec	2	4,5	D 445
		-	0,35	
		-	0,3	
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,25	D2622/D 5453
		-	0,05	
		-	0,005	
Distilasi 90 % vol.penguapan	°C	-	370	D 86
Titik Nyala	°C	52	-	D 93
Titik Tuang	°C	-	18	D 97
Residu Karbon	% m/m	-	0,1	D 4530/ D 189
Kandungan Air	mg/kg	-	500	D 6304
Biological Growth	-	Nihil		
Kandungan FAME	% v/v	-	-	
Kandungan metanol	% v/v	Tak Terdeteksi		D 4815
Korosi Bilah Tembaga	Merit	-	Kelas 1	D 130
Kandungan Abu	% v/v	-	0,01	D 482
Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D 473
Bilangan Asam Kuat	mgKOH/gr	-	0	D 664
Partikulat	mg/l	-	-	D 2276
Penampilan Visual	-	Jernih & Terang		
Warna	No.ASTM	-	3	D 1500
Lubicity	micron	-	460	D 6079

(sumber : www.pertamina.com)

ASTM membagi bahan bakar solar menjadi tiga grade, yaitu:

- Grade No.1-D : suatu bahan bakar distilat ringan yang mencakup sebagian fraksi kerosin dan sebagian fraksi minyak gas, digunakan untuk mesin diesel otomotif dengan kecepatan tinggi.

- b. Grade No.2-D : suatu bahan bakar distilat tengahan bagi mesin diesel otomotif, yang dapat juga digunakan untuk mesin diesel bukan otomotif, khususnya dengan kecepatan dan beban yang sering berubah-ubah.
- c. Grade No.4-D : suatu bahan bakar distilat berat atau campuran antara siatilat dengan minyak residu, untuk mesin diesel bukan otomotif dengan kecepatan rendah dengan kondisi kecepatan dan beban tetap.

2.6.4. Bahan Bakar Pertamax

Pertamax adalah bahan bakar minyak andalan Pertamina. Pertamax, seperti halnya Premium, adalah produk BBM dari pengolahan minyak bumi. Pertamax dihasilkan dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya di kilang minyak. Pertamax pertama kali diluncurkan pada tanggal 10 Desember 1999 sebagai pengganti Premix 1994 dan Super TT 1998 karena unsur MTBE yang berbahaya bagi lingkungan. Selain itu, Pertamax memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan Premium. Pertamax direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi 9,1-10,1, terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *Electronic Fuel Injection (EFI)* dan *catalytic converters* (pengubah katalitik) (Wikipedia.org). Adapun spesifikasi pertamax dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Keunggulan bahan bakar pertamax:

1. Membuat mesin terasa ringan.
2. Membersihkan mesin.
3. Ramah lingkungan.
4. Lebih irit.
5. Membuat kinerja mesin menjadi optimal.

Kelemahan bahan bakar pertamax:

1. Membuat tangki bahan bakar motor menipis sehingga terkadang membuat tangki bocor.
2. Harganya mahal

Tabel 2.6. Spesifikasi Pertamina

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
		Min.	Maks.	ASTM	Lain
Bilangan Okatana Riset	RON	92,0	-	D 2699	
Stabilitas Oksidasi	Menit	480	-	D 525	
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05	D 2622 / D 4294	
Kandungan Timbal (Pb)	gr/liter	-	0,013	D 3237	
Kandungan Fosfor	mg/l	-	-	D 3231	
Kandungan Logam (Mn, Fe, dll)	mg/l	-	-	D 3831	
Kandungan Silikon	mg/kg	-	-	IICP-AES (Merujuk Metode in house dengan batasan deteksi = mg/kg)	
Kandungan Oksige	% m/m	-	2,7	D 4815	
Kandungan Olefin	% v/v	-	-	D 1319	
Kandungan Aromatik	% v/v	-	50,0	D 1319	
Kandungan Benzena	% v/v	-	5,0	D 4420	
Distilasi :				D 86	
10% vol. penguapan	°C	-	70		
50% vol. penguapan	°C	77	110		
90% vol. penguapan	°C	130	180		
Titik didih akhir	°C	-	215		
Residu	% v/v	-	2,0		
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	60	D 5191 / D 323	
Berat Jenis (15°C)	kg/m ³	715	770	D 4052 / D 1298	
Korosi Bilah Tembaga	Merit	Kelas 1		D 130	
Uji Doctor		Negatif			IP 30
Belarang Mercaptan	% massa	-	0,002	D 3227	
Penampilan Visual		Jernih dan Terang			
Warna		Biru			
Kandungan Pewarna	gr/100 l	-	0,13		

(sumber : www.pertamina.com)

2.7. Karakteristik Produk Hasil Pirolisis

2.7.1. Berat Jenis (*Specific Gravity*) dan *API Gravity*

Specific gravity (Berat Jenis) adalah perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Umumnya, bahan bakar minyak memiliki *specific gravity* 0,74 – 0,96, dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan daripada air. Pada beberapa literatur digunakan *American Petroleum Institute (API) gravity*. *Specific gravity* dan *API gravity* adalah suatu pernyataan yang menyatakan density (kerapatan) atau berat per satuan volume dari suatu bahan. (Wiratmaja, 2010)

Berat jenis dan *API Gravity* menyatakan densitas atau berat persatuan volume suatu zat. *API Gravity* dapat diukur dengan hidrometer (ASTM 287), sedangkan berat jenis dapat ditentukan dengan piknometer (ASTM D 941 dan D 1217). Pengukuran *API Gravity* dengan hidrometer dinyatakan dengan angka 0-100, sedangkan *specific gravity* merupakan harga relatif dari densitas suatu bahan terhadap air. Hubungan *API Gravity* dengan berat jenis adalah sebagai berikut:

$$\text{spgr} = \frac{\text{Densitas minyak}}{\text{Densitas air}} \quad (\text{Wiratmaja, 2010})$$

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\text{sg}} - 131,5 \quad (\text{Wiratmaja, 2010})$$

Satuan berat jenis dapat dinyatakan dengan lb/gal atau lb/barel atau m³/ton. Tujuan dilaksanakan pemeriksaan terhadap *API Gravity* dan berat jenis adalah untuk indikasi mutu minyak dimana semakin tinggi *API Gravity* atau makin rendah berat jenis maka minyak tersebut makin berharga karena banyak mengandung bensin. Sebaliknya semakin rendah *API Gravity* maka semakin banyak lilin. Minyak yang mempunyai berat jenis tinggi berarti minyak tersebut mempunyai kandungan panas (*heating value*) yang rendah.

2.7.2. Titik Nyala

Titik nyala (flash point) adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala pada kondisi tertentu pada tekanan satu atmosfer. Penentuan nilai titik nyala ini juga berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan penanganan bahan bakar dan diuji dengan menggunakan alat *Pensky Marten Closed Tester* (ASTM, 1990) (Nasrun dkk., 2016).

2.7.3. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah panas yang dihasilkan apabila sejumlah tertentu bahan baku yang digunakan dibakar. Nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan kalorimeter. Nilai kalor menunjukkan pengukuran suatu panas atau energi yang dihasilkan yang kemudian diukur sebagai nilai kalor kotor / *gross calorific value* (GCV) atau *gross heating value* (GHV) dan nilai kalor netto / *nett calorific value* (NCV) atau *nett heating value* (NHV). Nilai kalor kotor juga bisa disebut dengan *Hight Heating Value* (HHV) sedangkan nilai kalor netto disebut dengan *Lower Heating Value* (LHV). Perbedaan dari kedua nilai tersebut ditentukan dari panas laten kondensasi dari uap air yang dihasilkan selama proses pembakaran berlangsung. Nilai kalor kotor / *gross heating value* (GHV) mengasumsikan bahwa seluruh uap yang akan dihasilkan selama proses pembakaran sepenuhnya terembunkan / terkondensasikan. Sedangkan nilai kalor netto / *nett heating value* (NHV) mengasumsikan air yang keluar dengan produk pengembunan tidak seluruhnya terembunkan. Pada tabel 2.7 dapat dilihat nilai kalor dari masing-masing bahan bakar yaitu sebagai berikut.

Tabel 2.7. Nilai Kalor Beberapa Bahan Bakar

Bahan Bakar	Nilai Kalor (MJ/kg)
Minyak Tanah	43
Bensin	47,3
Aseton	29
Batubara	15-27
Minyak Diesel	44,8
Hidrogen	141,79

(sumber : www.engineeringtoolbox.com)