

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sejarah Penelitian

Rancang bangun sebuah alat pirolisi pengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar cair ini sudah cukup banyak dilakukan. Sejarah penelitian mengenai rancang bangun alat pirolisis ini dapat di lihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

**Tabel 2.1** Sejarah Penelitian Rancang Bangun Alat Pirolisis

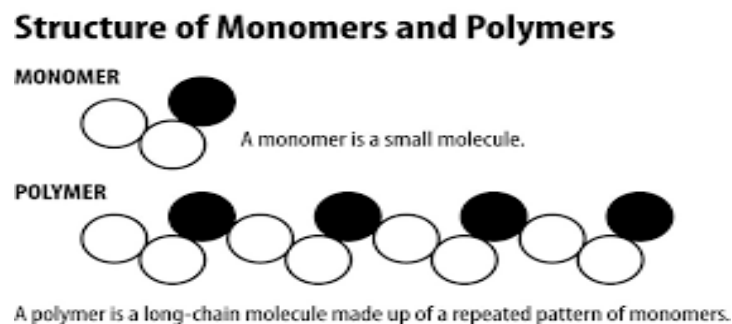
No	Tahun	Penelitian
1	2017	Ricki Rafli dari Universitas Janabadra, melakukan rancang bangun alat pengolah sampah plastik berbahan bakar biomassa dengan kapasitas lebih besar yaitu 20 kg juga tanpa melakukan pengujian dari produk bahan bakar cair yang dihasilkan.
2	2017	Taufan Landi dan Arijanto dari Universitas Diponegoro, melakukan perancangan dan uji alat pengolah sampah plastik jenis LDPE (Low Density Polyethylene) serta mengetahui karakteristik bahan bakar cair yang dihasilkan.
3	2018	Dwi Purwanto dari Universitas Nusantara PGRI Kediri, melakukan perancangan dan uji alat pengolah sampah plastik jenis LDPE (Low Density Polyethylene) serta mengetahui karakteristik bahan bakar cair yang dihasilkan.
4	2018	Tahdid, leni dkk dari Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, melakukan rancang bangun unit prototype Pembangkit Listrik Sampah Plastik dengan bahan baku plastik jenis PP dan PET.

Jika dikaji lebih lanjut, berbagai penelitian yang telah dilakukan, sudah ada yang melakukan langkah konkrit (nyata) untuk pengembangan dalam membangun sebuah prototype secara terintegritas sampai ke penggunaan hasil bahan bakar cair yang digunakan untuk pembangkit listrik, namun belum dikaji lebih dalam sampai kekinerja diri pembangkit listrik ini dengan menggunakan bahan baku plastik jenis LDPE.

Berdasar uraian diatas, maka lingkup penelitian ini bermaksud untuk mengembangkan proses konversi limbah kantong plastik menjadi bahan bakar cair yang dilakukan pada sebuah unit peralatan berskala *prototype* secara terintegritas sampai ke penggunaan hasil bahan bakar cair yang digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik.

## 2.2 Plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Bahan pembuat plastik pada mulanya adalah minyak dan gas sebagai sumber alami, tetapi di dalam perkembangannya bahan-bahan ini digantikan dengan bahan sintesis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan dengan cara kopolimerisasi, laminasi dan ekstruksi. Plastik merupakan material yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 220 juta ton/tahun pada tahun 2005 (Landi, 2017). Struktur monomer dan polimer plastik dapat dilihat pada Gambar 2.1.



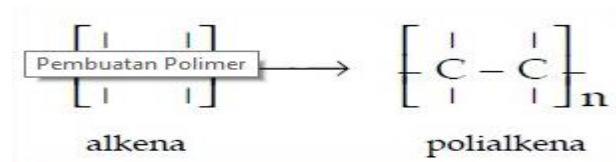
**Gambar 2.1** Struktur Monomer dan Polimer

(Sumber : wikipedia, diakses tanggal 30 Maret 2019)

## 2.3 Sifat Thermal Plastik

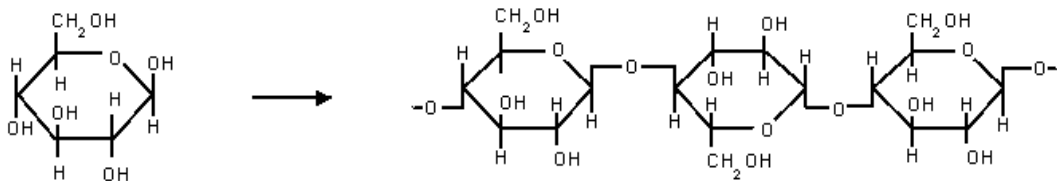
Plastik dibuat dengan melakukan reaksi polimerisasi, yaitu reaksi penggabungan molekul-molekul kecil (monomer) yang membentuk molekul yang lebih besar. Terdapat dua jenis reaksi polimerisasi, yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi. Polimerisasi adisi terjadi pada monomer yang mempunyai ikatan tak jenuh (ikatan rangkap) dengan cara membuka ikatan rangkap dan menghasilkan senyawa polimer dengan ikatan jenuh. Sedangkan

polimerisasi kondensasi terjadi dengan cara melepaskan molekul pada gugus fungsional untuk membentuk molekul yang lebih besar. Polimerisasi adisi dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Polimerisasi kondensasi dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.2** Reaksi Polimerisasi Adisi

(Sumber : rumuskimia.net, diakses tanggal 30 Maret 2019)



**Gambar 2.3** Reaksi Polimerisasi Kondensasi

(Sumber : rumuskimia.net, diakses tanggal 30 Maret 2019)

Menurut Budiyanoro (2010) 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. Temperatur transisi adalah temperatur dimana plastik mengalami perenganan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan. Jika suhu dinaikkan di atas temperatur lebur, plastik akan mudah mengalir dan struktur akan mengalami 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, 2013).

Data sifat termal yang penting pada proses daur ulang plastik bisa dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Data Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik

Jenis Bahan	T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>g</sub> (°C)	Temperatur kerja maks. (°C)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LPDE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS		110	85
PS		90	70
PMMA		100	85
PC		150	246
PVC		90	71

(Sumber : Surono, 2013)

Adapun perbandingan nilai kalor yang terkandung dalam plastik dengan sumber - sumber kalor lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

**Tabel 2.3** Perbandingan Nilai Kalor Plastik dengan Bahan Lainnya

Material	Nilai Kalor (MJ/Kg)
Polyethylene	46,3
Polypropylene	46,4
Polyvinyl Chloride	18,0
Polystyrene	41,4
Coal	24,3
Petrol	44,0
Diesel	43,0
Heavy Fuel Oil	41,1
Light Fuel Oil	41,9
LPG	46,1
Kerosene	43,4

(Sumber : Das dan Pande, 2007)

## 2.4 Jenis Plastik dan Karakteristiknya

Menurut Kumar (2011) plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang

unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah Naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran, untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya. (Surono, 2013).

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 cara dipanaskan. Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang (Surono, 2013). Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya (dilihat pada Gambar 2.4 dan Tabel 2.4).



**Gambar 2.4.** Nomor Kode Plastik  
(Sumber : Surono, 2013)

**Tabel 2.4** Jenis Plastik, Kode dan Penggunaannya

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET ( <i>polyethylene terephthalate</i> )	Botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2	HDPE ( <i>High-density Polyethylene</i> )	Botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC ( <i>Polyvinyl Chloride</i> )	Pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal.
4	LDPE ( <i>Low-density Polyethylene</i> )	Kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5	PP ( <i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i> )	Cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine.

6	PS ( <i>Polystyrene</i> )	Kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
	Other (O), jenis	Botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku
7	plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

(Sumber : Surono, 2013)

Untuk gambar dari masing-masing jenis sampah plastik dapat di lihat pada Gambar 2.5 di bawah ini:



**Gambar 2.5** Jenis Plastik

(Sumber : [tribunwajo.com](http://tribunwajo.com), diakses tanggal 30 Maret 2019)

## 2.5 Pirolisis

Pirolisis berasal dari kata Pyro (Fire/Api) dan Lyo (Loosening/Pelepasan) untuk dekomposisi termal dari suatu bahan organik. Pirolisis merupakan suatu bentuk penguraian bahan organik secara kimia melalui pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya. Proses pirolisis atau devolatilisasi merupakan proses perengkahan plastik pada suhu tinggi dimulai pada temperature sekitar 230°C. Perengkahan plastik pada suhu tinggi adalah proses paling sederhana untuk daur ulang plastik. Pada senyawa yang berderajat polimerisasi tinggi, pirolisis merupakan reaksi depolimerisasi dan pada suhu tinggi mengikuti mekanisme radikal bebas. Reaksi ini melalui tiga tahap yaitu, tahap memulai, tahap perambatan dan tahap penghentian. Pada proses ini material polimer atau plastik dipanaskan pada suhu tinggi. Proses pemanasan ini menyebabkan struktur

makro molekul dari plastik terurai menjadi molekul yang lebih kecil dan hidrokarbon rantai pendek terbentuk. Produk yang dihasilkan berupa fraksi gas, residu padat dan fraksi cair yang mengandung parafin, olefin, naphthan, dan aromatis. Hasil proses pirolisis ini dipengaruhi oleh jenis dan karakteristik bahan baku yang digunakan, waktu dan suhu proses (Landi, 2017).

### 2.5.1 Piroilisis Sampah Plastik

Menurut Panda (2011) mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak termasuk daur ulang tersier. Merubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat dilakukan dengan proses *cracking* (perekahan). *Cracking* adalah proses memecah rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses perekahan plastik ini dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Ada tiga macam proses perekahan yaitu *hydro cracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking* (Surono, 2013).

#### a. *Hydro Cracking*

*Hydro cracking* adalah proses *cracking* dengan mereaksikan plastik dengan hidrogen di dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk pada temperatur antara 423 – 673 K dan tekanan hidrogen 3 – 10 MPa. Dalam proses *hydrocracking* ini dibantu dengan katalis. Untuk membantu pencampuran dan reaksi biasanya digunakan bahan pelarut 1 *methyl naphthalene*, *tetralin* dan *decalin*. Beberapa katalis yang sudah diteliti antara lain *alumina*, *amorphous silica alumina*, *zeolite* dan *sulphate zirconia*. Kelemahan proses *hydrocracking* ini adalah besarnya biaya operasional karena membutuhkan suhu yang tinggi dan katalis yang mahal (Surono, 2013).

#### b. *Thermal cracking*

*Thermal cracking* adalah termasuk proses pirolisis, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur antara 130 °C sampai 600 °C tergantung dari jenis bahan baku yang digunakan. Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak dari kondensasi gas seperti *parafin*, *isoparafin*, *olefin*, *naphthene* dan *aromatik*, serta gas yang memang tidak bisa terkondensasi (Surono, 2013).

#### c. *Catalytic cracking*

*Cracking* cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi peretakan. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi. Osueke dan Ofundu (2011) melakukan penelitian konversi plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) menjadi minyak. Proses konversi dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan *thermal cracking* dan *catalyst cracking*. Pyrolisis dilakukan di dalam tabung stainless steel yang dipanaskan dengan elemen pemanas listrik dengan temperatur bervariasi antara 145 – 200 °C. Kondenser dengan temperatur 30 – 35 °C, digunakan untuk mengembunkan gas yang terbentuk setelah plastik dipanaskan menjadi minyak. Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah *silica alumina*. Dari penelitian ini diketahui bahwa dengan temperatur pirolisis 150 °C dan perbandingan katalis/sampah plastik 1 : 4 dihasilkan minyak dengan jumlah paling banyak (Surono, 2013).

### **2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Pirolisis Sampah Plastik**

Menurut Ali Ramadhan (2013) dalam suatu proses pirolisis ada faktor-faktor atau kondisi yang mempengaruhi terhadap keluaran dari hasil proses pirolisis, faktor-faktornya adalah sebagai berikut :

- a. Waktu, berpengaruh pada produk yang akan dihasilkan karena, semakin lama waktu proses pirolisis berlangsung. Produk yang dihasilkannya (residu padat, tar, dan gas) makin naik.
- b. Suhu, sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan karena sesuai dengan persamaan *Arrhenius*, suhu makin tinggi nilai konstanta dekomposisi termal makin besar akibatnya laju pirolisis bertambah dan konversi naik.
- c. Ukuran partikel, berpengaruh terhadap hasil, semakin besar ukuran partikel, luas permukaan per satuan berat semakin kecil, sehingga proses akan menjadi lambat
- d. Berat partikel, semakin banyak bahan yang dimasukkan, menyebabkan hasil bahan bakar cair (tar).

### **2.5.3 Pirolisis Sampah Plastik (LDPE)**

Dekomposisi termal dari bahan plastik merupakan proses endotermik sehingga dibutuhkan energi minimal sebesar energi disosiasi ikatan rantai C-C di



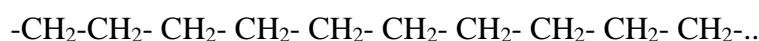
dalam rantai plastik. Energi disosiasi adalah energi yang diperlukan untuk memutus satu buah ikatan pada suatu molekul. Contohnya energi disosiasi untuk melepas ikatan  $H_2$  menjadi  $2H^+$  adalah sebesar 436 KJ/mol. Energi disosiasi ikatan rantai hidrokarbon yang lain dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut.

**Tabel 2.5** Energi Disosiasi Ikatan Rantai Hidrokarbon

Ikatan	Energi Ikatan kJ mol <sup>-1</sup>	Ikatan	Energi Ikatan kJ mol <sup>-1</sup>
H – H	436	C – O	350
H – C	415	C – O	741
H – N	390	C - Cl	330
H – F	569	N ≡ N	946
H – Cl	432	O -O	498
H – Br	370	F – F	160
C – C	345	Cl -Cl	243
C = C	611	I –I	150
C – BR	275	Br -Br	190
C ≡ C	837	C ≡ N	891
O – H	464		

(Sumber: Holtzclaw, *General Chemistry with Qualitative Analysis*)

LDPE memiliki Rumus molekul  $(C_2H_4)_n$  atau  $(-CH_2-CH_2-)_n$ . Cahyono (2017) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa LDPE memiliki rantai panjang dan bercabang dengan massa jenis bervariasi antara 0.915 sampai 0.925 g/cm<sup>3</sup> dan memiliki titik lebur pada suhu 98-115°C (Das Sharhak, 2017). Di atas titik lebur, LDPE akan mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Pada temperatur lebur LDPE akan melunak dan berubah menjadi cair. Pada kondisi tersebut LDPE akan mengalami dekomposisi dan mengalami perubahan fase menjadi cair. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi yang mengikat rantai molekul (energi disosiasi). Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperatur lelehnya. Struktur ikatan kimia Polietilen dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut.



**Gambar 2.6** Ikatan Kimia Polietilen

(Sumber : rumuskimia.net, diakses tanggal 30 Maret 2019)

Pada ikatan struktur molekul polietilen hanya terdapat dua jenis atom yang berikatan, yaitu ikatan C-C dan C-H. Ikatan paling lemah diantara dua jenis atom tersebut adalah ikatan antara atom C-C. Sehingga kemungkinan produk yang diperoleh dari proses pirolisis polietilen sangat banyak. Produk yang mungkin diperoleh dari proses pirolisis LDPE berdasarkan energi disosiasi ikatan paling lemah antara lain produk gas  $C_1 - C_4$ , produk Minyak ringan  $C_5 - C_{12}$ , dan produk minyak berat dengan  $C > 12$ .

## 2.6 Bahan Bakar

Bahan bakar 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, batubara dan biomassa akan meningkat. Minyak bumi merupakan campuran alami hidrokarbon cair dengan sedikit belerang, nitrogen, oksigen, sedikit sekali metal, dan mineral. (Wiratmaja, 2010)

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 merupakan sumber energi yang terbaik, mudah ditangani, mudah dalam penyimpanan dan nilai kalor pembakarannya cenderung konstan. Salah satu kekurangan bahan bakar ini adalah harus menggunakan proses pemurnian yang cukup kompleks. Bahan bakar adalah bahan yang apabila di bakar dapat meneruskan proses pembakaran tersebut dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kalor yang dapat terbakar misalnya: kertas, kain, batu bara, minyak tanah, bensin dan sebagainya. (Wiratmaja, 2010)

Untuk melakukan pembakaran diperlukan 3 (tiga) unsur, yaitu :

1. Bahan bakar
2. Oksigen
3. Suhu untuk memulai pembakaran

Panas atau kalor yang timbul karena pembakaran bahan bakar tersebut disebut hasil pembakaran. Kriteria umum yang harus dipenuhi bahan bakar yang akan digunakan dalam motor bakar adalah sebagai berikut:

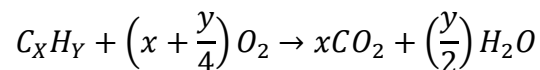
- a. Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi.
- b. Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah pembakaran karena akan menyebabkan kerusakan pada dinding silinder.
- c. Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepas ke atmosfer.

## 2.7 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair adalah bahan bakar yang strukturnya tidak rapat, jika dibandingkan dengan bahan bakar padat molekulnya dapat bergerak bebas. Bensin/gasolin/premium, minyak solar, minyak tanah adalah contoh bahan bakar cair. Bahan bakar cair yang biasa dipakai dalam industri, transportasi maupun rumah tangga adalah fraksi minyak bumi. Minyak bumi adalah campuran berbagai hidrokarbon yang termasuk dalam kelompok senyawa: parafin, naphtena, olefin, dan aromatik. Kelompok senyawa ini berbeda dari yang lain dalam kandungan hidrogennya. Minyak mentah, jika disuling akan menghasilkan beberapa macam fraksi, seperti: bensin atau premium, kerosen atau minyak tanah, minyak solar, minyak bakar, dan lain-lain. Setiap minyak petroleum mentah mengandung keempat kelompok senyawa tersebut, tetapi perbandingannya berbeda (Lakone, 2015).

### 2.7.1 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Proses pembakaran adalah reaksi antara unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar dengan oksigen. Hasil dari proses pembakaran ini akan menghasilkan kalor dan cahaya. Reaksi pembakaran dari bahan bakar minyak dituliskan:



Karakteristik bahan bakar cair adalah sebagai berikut (*Asisten, Lakone, 2015.*)

#### a. Densitas

Densitas didefinisikan sebagai perbandingan massa bahan bakar terhadap volume bahan bakar dengan acuan 25°C. Dimana densitas ini sangat berpengaruh pada perhitungan kuantitatif dan pengkajian kualitas penyalaan. Densitas atau

massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis yang lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (Landi,2017). Untuk nilai massa jenis atau densitas dari berbagai jenis fluida dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini.

**Tabel 2.6** Massa Jenis Berbagai Fluid

No	Jenis Minyak	Massa Jenis (kg/L)
1	Bensin	0,68
2	Alkohol Alkil	0,79
3	Air Laut	1,025
4	Raksa	13,6
5	Air (4°C)	1
6	Darah	1,05
7	Udara	1,29
8	Minyak Tanah	0,78-0,81

(Sumber: *Jurnal Teknik Mesin S-I, Vol. 5, No. 1, Tahun 2017*)

#### b. Specific Gravity

Specific gravity merupakan perbandingan berat dari volume bahan bakar dibagi dengan berat air pada volume yang sama dan diukur pada temperatur yang sama. Derajat API merupakan standard industri yang secara luas digunakan untuk mengukur specific gravity dari bahan bakar cair.

$$^{\circ}\text{API Gravity} = \frac{141,5}{\text{SpGr}(60^{\circ}\text{F})} - 131,5 \quad (\text{Kern, 1965})$$

SpGr merupakan specific gravity bahan bakar cair, sedangkan 60°/60°F menyatakan bahwa Deg API diukur pada temperatur 60 °F (15,6 °C).

#### c. Viskositas

Merupakan ukuran resistansi bahan terhadap aliran. Viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk handling, penyimpanan dan atomisasi yang memenuhi kriteria.

d. Titik nyala

Titik nyala (flash point) dari suatu cairan bahan bakar adalah temperatur minimum fluida pada waktu uap yang keluar dari permukaan fluida langsung akan terbakar dengan sendirinya oleh udara di sekelilingnya disertai kilatan cahaya. Titik nyala api (fire point) adalah temperatur di atas permukaan fluida pada waktu uap yang keluar akan terbakar secara kontinyu bila nyala api didekatkan padanya.

e. Titik tuang

Titik tuang suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar akan tertuang atau mengalir bila didinginkan dibawah kondisi yang sudah ditentukan. Ini merupakan indikasi kasar untuk suhu terendah dimana bahan bakar minyak siap untuk dipompakan.

f. Nilai kalor

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas / kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/oksigen. Nilai kalor dari bahan bakar minyak umumnya berkisar antara 18,300 – 19,800 Btu/lb atau 10,160 -11,000 kkal/kg. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (density). Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak, semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah berat jenis semakin tinggi nilai kalornya.

Nilai kalor atas untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada bomb calorimeter. Peralatan ini terdiri dari container stainless steel yang dikelilingi bak air yang besar. Bak air tersebut bertujuan meyakinkan bahwa temperatur akhir produk akan berada sedikit diatas temperatur awal reaktan, yaitu 25 °C. Nilai kalori dari bensin yang memiliki angka oktan 90-96 adalah sebesar  $\pm 10,500$  kkal/kg. Nilai kalori diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode. Nilai kalori umumnya dinyatakan dalam satuan Kcal/kg atau Btu/lb (satuan british).

Nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan bom kalorimeter. Bahan bakar yang akan diuji nilai kalornya dibakar menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut bom dan

dibenamkan di dalam air. Bahan bakar yang bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan kalor, hal ini menyebabkan suhu kalorimeter naik. Untuk menjaga agar panas yang dihasilkan dari reaksi bahan bakar dengan oksigen tidak menyebar ke lingkungan luar maka kalorimeter dilapisi oleh bahan yang bersifat isolator.

Nilai kalor dari berbagai macam bahan bakar dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 2.7** Nilai Kalor dari Berbagai Macam Bahan Bakar

No	Bahan Bakar	Nilai Kalor (Kj/g)
1	Minyak Tanah	43
2	Bensin	47,3
3	Aseton	29
4	Batubara	15-27
5	Kokas	28-31
6	Minyak Diesel	44,8
7	Arang	29,6
8	Batubara	49,5
9	Alkohol 96%	30
10	Hidrokarbon	141,79

(Sumber: *Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 5, No. 1, Tahun 2017*)

g. Kadar Abu (Ash)

Pengujian kadar abu menggunakan cawan dan timbangan digital. Untuk mendapatkan nilai kadar abu, maka dapat digunakan persamaan 3 berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{C}{A} \times 100\%$$

dimana, C = berat abu/residu (gr) dan A = berat bahan sebelum pengabuan (gr). Umumnya, kadar abu berada pada kisaran 0,03 – 0,07 %. Abu yang berlebihan dalam bahan bakar cair dapat menyebabkan pengendapan kotoran pada peralatan pembakaran.

h. Kadar Air (Moisture)

Kadar air menunjukkan banyaknya massa air dalam sebuah massa bahan bakar. Kadar air minyak tungku/furnace pada saat pemasokan umumnya sangat rendah sebab produk disuling dalam kondisi panas. Batas maksimum 1% ditentukan sebagai standar.

## 2.8 Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar juga merupakan bahan yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi untuk menghasilkan kerja mekanik secara terkendali. Dengan kata lain adalah zat yang menghasilkan energi, terutama panas yang dapat digunakan. Ditinjau dari sudut teknis dan ekonomis, bahan bakar diartikan sebagai bahan yang apabila dibakar dapat meneruskan proses pembakaran tersebut dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kalor (Puspita, 2013).

Adapun jenis-jenis dari bahan bakar minyak diantaranya adalah sebagai berikut:

### 2.8.1 Bensin

Bensin adalah hidrokarbon berantai pendek antara  $C_4C_{10}$  yang biasa digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermotor yang berbentuk cairan bening, agak kekuningkuningan, dan berasal dari pengolahan minyak bumi yang sebagian besar digunakan sebagai bahan bakar di mesin pembakaran dalam. Bensin juga dapat digunakan sebagai pelarut, terutama karena kemampuannya yang dapat melarutkan cat. Sebagian besar bensin tersusun dari hidrokarbon alifatik yang diperkaya dengan iso-oktana atau benzena untuk menaikkan nilai oktan (Nasrun, 2015). Sifat – sifat fisi bensin dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut ini:

**Tabel 2.8** Sifat – Sifat Fisis Bensin

Density	
Lb/gal	5,9 - 6,4
g/cc	0,71 - 0,77
LHV	
Btu/gal	110,000 - 116,000
Kg.cal/l	7,400 - 7,700
Laten Heat of Evaporation	
Btu/gal	Ca. 90,0
Kg.cal/l	60
Boiling Point	
Titik lebur	90 - 430
Titik didih	32 - 221
RVP (Raid Vapour Presurre)	
Psi	6 - 15
Kpa	41 - 103
Stoichiometric Air / Fuel Ratio	
lb/lb	Ca. 14,5
Suto ignition temperature	3,5
Motor octan number	82 - 92

(Sumber: Piarah, 2011)

### 2.8.2 Solar

Solar adalah fraksi dari pemanasan minyak bumi antara 250-340°C yang mempunyai panjang hidrokarbon antara C<sub>16</sub>-C<sub>20</sub>. Solar banyak digunakan sebagai bahan bakar kendaraan yang menggunakan mesin diesel. Pada umumnya solar akan banyak mengandung belerang karena dibandingkan dengan bensin solar memiliki titik didih yang lebih tinggi. Kualitas dari solar ditentukan dengan bilangan setana, yaitu tingkat kemudahan minyak solar untuk menyala atau terbakar di dalam mesin diesel (Nasrun,2015). Adapun karakteristik dari solar dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut ini:

**Tabel 2.9** Karakteristik Solar

No	Karakteristik	satuan	Batasan	Metode Uji ASTM
1	Berat Jenis	Kg/m <sup>3</sup>	820 - 860	D 445 – 97
2	Viskositas	mm <sup>2</sup> /s	2 - 4,5	D 445 – 98
3	Distilasi			
	T 90	°C	340	
4	Titik Nyala	°C	55	D93 - 799c
5	Titik Tuang	°C	18	D97

(Sumber : Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, 2006)

### 2.8.3 Minyak Tanah

Minyak tanah atau kerosene adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar yang diperoleh dengan cara distilasi fraksional dari petroleum pada 150°C dan 275°C dan mempunyai rantai karbon dari C<sub>11</sub> sampai C<sub>15</sub>. Biasanya, minyak tanah di distilasi langsung dari minyak mentah membutuhkan perawatan khusus, dalam sebuah unit Merox atau hidrotreater, untuk mengurangi kadar belerang dan pengaratannya. Minyak tanah dapat juga diproduksi oleh hidrocracker, yang digunakan untuk memperbaiki kualitas bagian dari minyak mentah yang akan bagus untuk bahan bakar minyak (Nasrun,2015).

### 2.8.4 Premium

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Premium merupakan BBM untuk kendaraan bermotor yang paling populer di Indonesia. Premium di Indonesia dipasarkan oleh Pertamina dengan harga yang relatif murah karena memperoleh subsidi dari Anggaran Pendapatan



dan Belanja Negara. Premium merupakan BBM dengan oktan atau Research Octane Number (RON) terendah di antara BBM untuk kendaraan bermotor lainnya, yakni hanya 88. Pada umumnya, Premium digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin, seperti: mobil, sepeda motor, motor tempel, dan lain-lain. Bahan bakar ini sering juga disebut motor gasoline atau petrol (Nasrun,2015). Karakteristik premium dapat dilihat pada Tabel 2.10 berikut ini:

**Tabel 2.10** Karakteristik Premium

No.	Sifat	Min	Max
1	Angka oktan riset RON	88	-
2	Kandungan Timbal (Pb)(gr/lt)	-	0,3
3	Distilasi		
	10% Vol penguapan ( <sup>0</sup> C)	-	74
	50% Vol penguapan ( <sup>0</sup> C)	88	125
	90% Vol penguapan ( <sup>0</sup> C)		180
	Titik Didih akhir ( <sup>0</sup> C)	-	205
	Residu (% Vol)		02.00
4	Tekanan Uap (kpa)	-	62
5	Getah purawa (mg/100ml)	-	5
6	Periode induksi (menit)	360	-
7	Sulfur bilah tembaga (% massa)	-	0.002
8	Korosi bilah tembaga (menit)		Kelas 1
9	Uji dokter		Negatif
10	Warna	Kurang	2

(Sumber : Keputusan Dirjen Migas No. 940/34/DJM/2002)

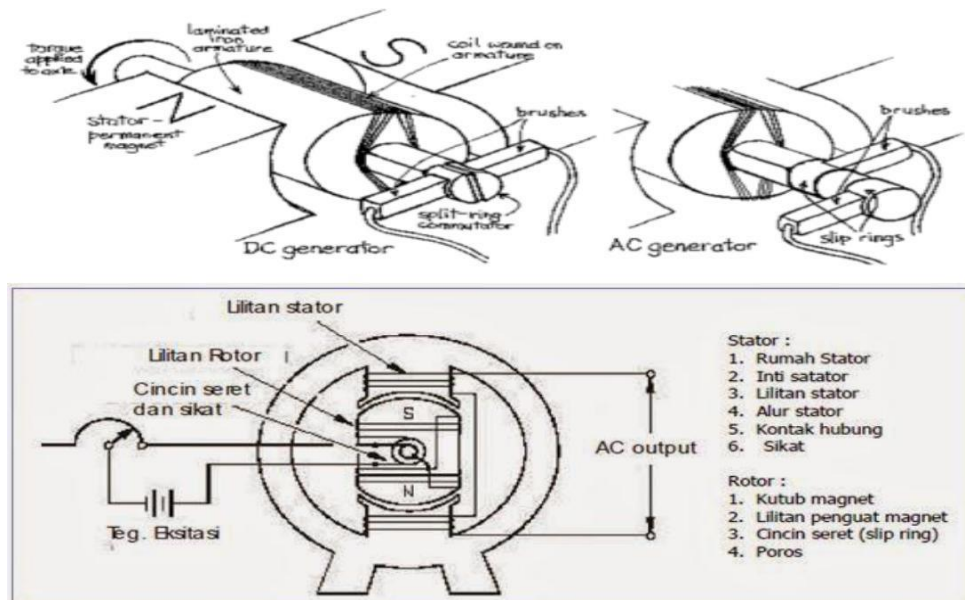
## 2.9 Generator set

Generator set adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik disebut sebagai generator set dengan pengertian satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu engine dan generator atau alternator. Engine dapat berupa perangkat mesin berbahan bakar solar atau mesin berbahan bakar bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar) yang dapat membangkitkan listrik (Anggito, 2014).

### 2.9.1 Prinsip Kerja Generator Set

Prinsip kerja generator set adalah sebuah mesin pembakaran (mesin diesel atau mesin bensin) akan mengubah energi bahan bakar menjadi energi mekanik, kemudian energi mekanik tersebut diubah atau dikonversi oleh generator sehingga menghasilkan daya listrik, generator memiliki dua tipe yaitu generator AC atau yang biasa disebut alternator dan generator DC. Generator AC (alternator) adalah generator yang menghasilkan arus listrik bolak-balik (AC), sedangkan generator DC adalah generator yang menghasilkan arus listrik searah (DC) (Anggito, 2014).

Generator AC memiliki sistem kerja yang sama dengan generator DC, yaitu menghasilkan listrik dari induksi elektromagnetik, selain itu baik generator AC maupun generator DC sebenarnya pada dasarnya sama – sama menghasilkan arus listrik bolak – balik, namun generator AC dan generator DC memiliki perbedaan pada desain konstruksinya. Generator DC menggunakan sebuah cincin belah (split ring) atau yang biasa disebut komutator yang bertindak sebagai penyearah (rectifier), sehingga arus yang dihasilkan generator DC adalah arus searah (DC), sedangkan pada generator AC (alternator) menggunakan dua cincin seret (slip ring) untuk menghasilkan arus bolak – balik (Anggito, 2014). Untuk gambar prinsip kerja generator set dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut ini:



**Gambar 2.7** Prinsip Kerja Generator Set

(Sumber: [http://infohargagenset.blogspot.com/2015/01/pengertian-genset-fungsi\\_serta.html](http://infohargagenset.blogspot.com/2015/01/pengertian-genset-fungsi_serta.html))

## 2.9.2 Parameter Unjuk Kerja Generator Set

### 1. Daya

Daya mesin merupakan daya yang diberikan untuk mengatasi beban yang diberikan. Daya yang diberikan pada mesin diesel yang dikopel dengan generator listrik dapat dihitung berdasarkan beban pada generator listrik dan dinyatakan sebagai Daya Efektif pada Generator ( $N_e$ ). Hubungan tersebut dinyatakan dengan rumus :

$$N_e = \frac{V \times I \times \cos \varphi}{\eta_{\text{gen}} \times \eta_{\text{Transmisi}} \times 1000}$$

dimana :

$N_e$	=	Daya Mesin (KW)
$V$	=	Tegangan Listrik (Volt)
$I$	=	Arus(Amp)]
$\cos \varphi$	=	Faktor daya listrik (1)
$\eta_{\text{gen}}$	=	Efisiensi Generator ( 0,9)
$\eta_{\text{Transmisi}}$	=	Efisiensi Transmisi (0,95)