**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Plastik**

Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Untuk membuat plastik, salah satu bahan yang sering digunakan adalah naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting* yaitu ;

1. *Thermosetting* adalah plastik polimer yang tidak bisa dibentuk ulang setelah dipanaskan. Hal ini dikarenakan bahan termoset memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi, sehingga tidak mudah meleleh saat terkena panas yang berlebih. Sifat tersebut membuat termoset cocok digunakan untuk komponen yang membutuhkan toleransi yang tinggi, terutama saat terkena suhu tinggi. Sifat polimer termoseting sebagai berikut :
2. Keras dan kaku (tidak fleksibel)
3. Jika dipanaskan akan mengeras
4. Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang).
5. *Thermoplastik* adalah plastik yang melunak bila dipanaskan dan dapat dibentuk, tapi mengeras secara permanen, mereka hangus/hancur bila dipanaskan. Kebanyakan material komposit modern menggunakan plastik *thermosetting*, yang biasanya disebut resin. Plastik termosetting berwujud cair. Kelebihan dari plastik jenis ini adalah ketahanan zat kimia yang baik meskipun berada dalam lingkungan yang ekstrim danmemiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut :
6. Berat molekul kecil
7. Tidak tahan terhadap panas.
8. Jika dipanaskan akan melunak

Dari klasifikasi polimer yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dilihat beberapa perbedaan dari polimer termoplastik dan polimer termoseting pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan Termoplastik dan *Termosetting*

|  |  |
| --- | --- |
| **Polimer Termoplastik** | **Polimer *Termosetting*** |
| Mudah direngangkanFleksibelTitik leleh rendahDapat dibentuk ulang | Keras dan RigidTidak fleksibelTidak meleleh jika dipanaskanTidak dapat dibentuk ulang |

( *Sumber: Kumar et al, 2011* )

Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk mempermudah mengidentifikasi yang dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Nomor Kode Plastik

*(Sumber: Surono & Ismanto, 2016*)

Plastik digolongkan menjadi beberapa golongan berdasarkan sifatnya.

* + - * 1. Berdasarkan kinerja dan penggunaannya:
1. Plastik komoditas; sifat mekanik tidak terlalu bagus, tidak tahan panas. Contohnya: PE, PS, ABS, PMMA, SAN. Aplikasi: barang-barang elektronik, pembungkus makanan, botol minuman.
2. Plastik teknik; tahan panas, temperatur operasi di atas 100 °C, sifat mekanik bagus. Contohnya: PA, POM, PC, PBT. Aplikasi: komponen otomotif dan elektronik.
3. Plastik teknik khusus; temperatur operasi di atas 150 °C, sifat mekanik sangat bagus (kekuatan tarik di atas 500 Kgf/cm²). Contohnya: PSF, PES, PAI, PAR. Aplikasi: komponen pesawat.
	* + - 1. Berdasarkan sumbernya:
4. Polimer alami : kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut.
5. Polimer sintetis yang tidak terdapat secara alami: nylon, poliester, polipropilen, polistiren.
6. Polimer sintetis terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan: karet sintetis.
7. Polimer alami yang dimodifikasi: seluloid, cellophane (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya).

Adapun fungsi dari masing-masing jenis plastik berdasarkan nomor kode plastik tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Jenis Plastik dan Penggunaanya

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No kode** | **Jenis plastik** | **Penggunaannya** |
| 1 | PET (polyethylene terephthalate) | botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik |
| 2 | HDPE (High -density Polyethylene) | botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik |
| 3 | PVC (Polyvinyl Chloride) | pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal |
| 4 | LDPE (Low-density Polyethylene) | kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, gelas minuman air mineral. |
| 5 | PP (Polypropylene  | cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak. |
| 6 | PS (Polystyrene) kotak CD | sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari Styrofoam. |
| 7 | Other (O) | botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, alat-alat rumah tangga, computer. |

*(Sumber: Surono & Ismanto, 2016)*

## 2.2 Proses Konversi Sampah Plastik

Cracking adalah proses penguraian atau pemecahan molekul senyawa hidrokarbon berukuran besar menjadi molekul senyawa hidrokarbon berukuran kecil. Tujuan cracking adalah meningkatkan kualitas fraksi. Proses konversi sampah plastik menjadi minyak dapat dilakukan dengan proses *cracking* (perekahan). Hasil dari proses *cracking* plastik ini dapat diguna sebagai bahan kimia atau minyak bakar. Ada tiga macam proses *cracking* yaitu *hidro cracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking.*

1. *Hidro Cracking*

*Hidrocracking* adalah proses perekahan dengan mereaksikan plastik dengan hidrogen di dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk pada temperatur antara 423-673oK dan tekanan hidrogen 3-10 MPa. Dalam proses *hydrocracking* ini dibantu dengan katalis. Untuk membantu pencapuran dan reaksi biasanya digunakan bahan pelarut 1-methyl naphtalene, tetralin dan decalin.

1. *Thermal Cracking*

*Thermal cracking* adalah termasuk proses pirolisis, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur antara 350 °C sampai 900 °C. Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, naphthene dan aromatik, serta gas yang memang tidak bisa terkondensasi.

1. *Catalytic Cracking*

*Cracking* cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi perekahan. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi.Proses katalitik dapat mempercepat reaksi, proses penguraian molekul besar menjadi molekul kecil dilakukan dengan suhu tinggi. Jenis katalis yang sering digunakan adalah silica, alumunia, dan zeolite (Trisunaryanti, 2018).

Pengaruh penambahan katalis dalam pirolisis plastik adalah sebagai berikut:

1. Suhu pirolisis untuk mencapai konversi tertentu berkurang drastis dan sebagai rasio katalis / plastik meningkat, suhu pirolisis dapat lebih diturunkan.
2. Lebih iso-alkana dan aromatik di kisaran C5-CS,dapat diproduksi, yang sangat diinginkan bensin-rentang hidrokarbon.
3. Laju reaksi meningkat secara signifikan; misalnya tingkat awal degradasi polipropilena dilaporkan menjadi sekitar empat kali lebih cepat daripada *noncatalytic thermal degradation.*

## 2.3 Sifat Termal Bahan Plastik

 Sifat termal plastik yang penting adalah, titik lebur (Tm), temperatur transisi (Tg) dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi adalah temperatur di mana plastik mengalami perenggangan 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 ( Singh *et al.* 2017 ). Data sifat termal yang penting pada proses daur ulang plastik bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Jenis Bahan | Tm (oC) | Tg (oC) | Temp. Kerja Maks. (oC) |
| 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 |
| PC |  | 150 | 246 |
| PVC |  | 90 | 71 |

 ( *Sumber: Singh et al., 2017* )

### **2.4 Bahan Baku**

### 2.4.1 *Polypropylene* (PP)

 *Polypropylene* merupakan jenis plastik kedua di dunia yang paling banyak diproduksi setelah *polyethylene*. Jenis plastik ini terbentuk dari proses polimerisasi yang ditemukan oleh dua ilmuwan bernama Paul Hogan dan Robert Banks. Hanya perlu sekitar enam tahun sampai akhirnya *polypropylene* dikenal dan diproduksi untuk seluruh dunia. Salah satu proses penting dalam pembentukan polypropylene atau plastik PP adalah katalis polimerisasi. Bahan bakar hidrokarbon didistilasi dan dipecah menjadi fraksi sebelum melalui proses polimerisasi dan polikondensasi.

Untuk membuat produk yang lebih spesifik, PP polymer dalam bentuk cair biasanya dibentuk sesuai cetakan yang diinginkan. Ketika suhu mulai menurun, bentuknya akan mengeras mengikuti cetakan dan siap digunakan. Adapun 2 jenis dari PP adalah :

*Polypropylene Homopolymer,* PP homopolymer merupakan jenis polypropylene yang paling sering digunakan di dunia. PP polymer ini terbentuk dari semi-kristalin berwujud solid yang hanya terdiri dari polypropylene monomer. Penggunaannya bisa ditemukan di kemasan, tekstil, medis, otomotif, dan instalasi listrik.Dengan kandungan ethane yang sedikit, PP homopolymer bisa dibuat sedikit transparan, cocok bagi Anda yang memperhatikan tampilan saat menggunakan plastik jenis ini untuk kebutuhan industri.

1. *Polypropylene Copolymer* PP copolymer adalah hasil polimerisasi antara propene dan ethane. Berdasarkan kandungan ethane, terdapat dua jenis copolymer yaitu copolymer acak dan copolymer blok. Nama “acak” dan “blok” mengacu pada struktur kimianya. Copolymer acak memiliki sekitar 6% kandungan ethane, sementara kandungan ethane pada copolymer blok adalah 5 – 15%.Warna PP copolymer lebih gelap dibandingkan dengan homopolymer. Karena sifatnya yang lebih kuat dan tebal, PP copolymer sangat cocok digunakan untuk struktur di bidang industri atau manufaktur.

****

### **Gambar 2.2** Rantai 1 *Polypropylene* (PP)

( *Sumber: Kirk-Othmer,* *2010*)

### *2.4.2 Polystyrene* (PS)

*Polystyrene* adalah plastik polimer yang mudah dibentuk bila dipanaskan, rumus molekulnya adalah (-CHC6H5-CH2-)n. Sangat kaku dalam suhu ruangan.*Polystyren*e dapat dijumpai pada perkakas dari plastik, kotak CD, gelas plastik, wadah makanan dan nampan, *Styrofoam*.

**Gambar 2.3** Rantai *Polystyrene* (PS)

( *Sumber: Kirk-Othmer,* *2010*)

*Styrofoam* merupakan suatau jenis plastik yang dibuat dari monomer *styren*e melalui proses polimerisasi. *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, dkk, 2014). Tabel 2.1 menunjukkan karakteristsik dari *polystyrene*.PS memiliki nilai konduktivitas termal dan daya penyerapan air yang rendah yaitu 0,035-0,037 W/ (m oK) pada 10 °C (Omnexus, 2020)

## 2.5 Pirolisis

Pirolisis yaitu pemanasan dalam kondisi bebas oksigen, mengurai senyawa organik dari suatu bahan menjadi produk cair dan gas dengan melepaskan ikatan bahan-bahan anorganik yang terikat. Proses pirolisis dapat disebut juga dengan proses perengkahan atau *cracking*. *Cracking* adalah proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses cracking plastik ini dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Ada tiga macam proses *cracking* yaitu *hidro cracking*, *thermal cra*cking dan *catalytic cracking* (Chen, *et al 2014*).

### 2.5.1 Faktor yang Mempengaruhi Pirolis

Menurut (Udyani, 2018) faktor-faktor atau kondisi yang mempengaruhi proses pirolisis adalah:

1. Kadar Air

Kadar air dalam bahan akan menggunakan energi untuk menghilangkan kandungan air. Akibatnya bahan dengan kandungan air yang tinggi membutuhkan energi yang tinggi untuk proses pirolisis.

1. Ukuran partikel

Apabila ukuran partikel meningkat maka hasil dari padatan akan meningkat pula sedangkan hasil dari volatil dan gas akan menurun. Kosentrasi dari volatil dan gas meningkat sampai dengan nilai tertentu dan kemudian menurun sesuai dengan kenaikan ukuran partikel.

1. Laju pemanasan

Menurut Besler & William (1996), ketika laju pemanasan dinaikkan maka padatan pada proses pirolisis akan menurun. Produk gas yang dihasilkan pada temperatur antara 200oC dan 400oC adalah CO dan CO2.Hal tersebut menunjukkan bahwa laju pemanasan yang lebih tinggi akan melepaskan gas hidrokarbon, begitupula dengan minyak akan meningkat seiring dengan kenaikan laju pemanasan.

1. Temperatur

Pada temperatur yang lebih tinggi maka hasil gas yang dihasilkan semakin banyak. 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 (Basu, 2010).

1. Bahan

Pada jenis termoplastik pada umumnya, hasil produk cairan adalah 80 % atau lebih, dimana PS > PP > PE. Plastik dengan struktur polisiklik mempunyai hasil cairan dan padatan yang lebih banyak dibandingkan plastik yang mempunyai struktur poliolefinik.

**2.6 Katalis Zeolit**

2.6.1 Katalis

 Katalis merupakan zat yang ditambahkan dalam sistem reaksi untuk mempercepat reaksi. Katalis dapat menyediakan situs aktif yang befungsi untuk mempertemukan reaktan dan menyumbangkan energi dalam bentuk panas sehingga molekul pereaktan mampu melewati energi aktivasi secara lebih mudah. Oleh karena fungsinya yang sangat penting, maka penggunaan katalis menjadi kebutuhan yang sangat penting dalam berbagai industri. Kemampuan suatu katalis dalam mempercepat laju reaksi dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja katalis antara lain adalah sifat fisika dan kimia katalis; kondisi operasi seperti temperatur, tekanan, laju alir, waktu kontak; jenis umpan yang digunakan; jenis padatan pendukung yang digunakan. Katalis yang dipreparasi dengan cara yang berbeda akan menghasilkan aktivitas dan selektivitas yang berbeda (Rieke dkk, 1997).

2.6.2 Jenis Jenis Katalis

 Katalis dibedakan menjadi 2 jenis yaitu katalis homogen dan heterogeny. Perbedaan kedua jenis katalis tersebut adalah pada fase dengan reaktan. Biokatalis (enzim) tidak termasuk dalam kedua tipe katalis tersebut ;

1. Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fase sama dengan reaktan. Berarti, jika reaktan berupa zat cair maka katalis juga zat cair. Jika reaktan berupa zat padat maka katalis juga zat padat. Jika reaktan berupa gas maka katalis juga gas. Berarti katalis homogen yang umum digunakan dalam produksi diantaranya adalah katalis basa NaOH, KOH, Katalis asam HCL, H2SO4 dan katalis garam CH3ONa dan CH3OK.

1. Katalis Heterogen

Katalis heterogeny adalah katalis yang mempunyai fase yang berbeda dengan reaktan. Sebagai contoh, jika reaktan adalah zat cair, maka katalis adalah zat cair atau gas. Sebagian besar katalisis heterogeny bekerja dengan beberapa tahapan yang serupa. Satu atau lebih reaktan teradsorpsi ke permukaan katalis pada situs aktif. Situs aktif adalah permukaan molekul yang efektif untuk mengadsorbsi partikel dan membantu bereaksi. Akan terjadi interaksi-interaksi antara permukaan katalis dan molekul reaktan yang membuat keduanya lebih reaktif. Pada tahap ini terjadi reaksi antara permukaan dengan katalis, atau bisa saja yang terjadi adalah melemahnya ikatan yang ada dalam molekul. Pada saat terjadi reaksi, molekul molekul reaktan menempel ke permukaan, atau bisa jadi satunya menempel, sedangkan molekul yang lain secara acak bergerak bebas dalam fase gas atau cair dan tahap terakhir adalah proses adsorpsi molekul produk. Desorpsi berarti putusnya molekul produk dengan katalis. Hal ini menyebabkan situs aktif Kembali bisa digunakan untuk bereaksi. Katalis yang baik harus cukup kuat menempel di permukaan reaktan. Tetapi juga jangan terlalu kuat karena dapat menempel di permukaan reaktan secara permanen. pada pembuatan etana, etana banyak digunakan pada laboratorium sebagai pendingin menggantikan air.

2.6.3 Zeolit

 Zeolit sebagai katalis hanya mempengaruhi laju reaksi tanpa mempengaruhi kesetimbangan reaksi karena mampu menaikkan perbedaan lintasan molekular dari reaksi. Katalis berpori dengan pori-pori sangat kecil akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk. Selektivitas molekuler seperti ini disebut molecular sieve yang terdapat dalam substansi zeolit alam (Bambang, P, dkk,1995).

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batu-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin sehingga akhirnya terbentuk mineral-mineral zeolit (Setyawan, 2017).

Zeolit alam adalah zeolit yang ditambang langsung dari alam. Dengan demikian harganya jauh lebih murah daripada zeolit sintetis. Zeolite alam merupakan mineral yang jumlahnya banyak tetapi distribusinya tidak merata, seperti klinoptilolit, mordenit, phillipsit, chabazit dan laumontit. Namun zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, di antaranya 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 (Yuanita, 2010). Sifat Fisik dan Kimia Zeolit :

Zeolit memiliki sifat fisik dan kimia yaitu (Sutarti, 1994) :

a. Hidrasi derajat tinggi

b. Ringan

c. Penukar ion yang tinggi

**2.7 Bahan Bakar Cair**

Bahan bakar cair merupakan gabungan senyawa hidrokarbon yang diperoleh dari alam maupun secara buatan. Bahan bakar cair umumnya berasal dariminyak bumi. Dimasa yang akan datang, kemungkinan bahan bakar cair yang berasal dari oil shale, tar sands, 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 cair merupakan sumber energi yang terbaik, mudah ditangani, mudah dalam penyimpanan dan nilai kalor pembakarannya cenderung konstan.

2.7.1 Jenis Jenis Bahan Bakar Cair

1. Gasoline / Bensin ,Tersusun dari hidrokarbon rantai lurus C5-C11 pada teperatur 30oC –180oC. Berikut merupakan beberapa jenis bensin berdasarkan perbedaan bilangan oktan :
	1. 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 NOx dan Cox dalam jumlah banyak. Spesifikasi bahan bakar premium dapat diihat 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 |
| Kandungan Oksigen | %m/m | - | 2,7 | D 4815/D 6839/D 5599 |
| Distilasi : |  |  |  | D 86 |
| 10% vol.Penguapan | °C | - | 74 |  |
| 50% vol.Penguapan | °C | 75 | 125 |  |
| 90% vol.Penguapan | °C | - | 180 |  |
| Titik didih akhir | °C | - | 215 |  |
| Unwashed Gum | mg/100 ml | - | 70 | D 381 |
| Washed Gum | mg/100ml | - | 5 | D 381 |
| Tekanan Uap | kPa | 45 | 69 | D 5191/ D 323 |
| Berat Jenis (pada suhu 15°C) | kg/m3 | 715 | 770 | D 4052/D 1298 |
| Sulfur Merkaptan | % massa | - | 0,002 | D 3227 |
| Penampilan Visual |  | Jernih dan terang |  |
| Warna |  | Kuning |  |  |

*(Sumber :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](https://id.wikipedia.org/wiki/Gasoline_Direct_Injection) yang memiliki angka oktan 90 serta berwarna hijau terang dan jernih. Bahan bakar Pertalite memiliki kualitas yang lebih baik daripada bahan bakar [Premium](https://id.wikipedia.org/wiki/Premium) karena angka oktan pertalite yang lebih tinggi sehingga mampu menstabilkan knocking mesin kendaraan menjadi lebih optimal. Spesifikasi bahan bakar pertalite dapat diihat 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 |
| 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/m3 | 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 |

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

 c. Bahan Bakar Bensin Jenis 98 (Pertamax Turbo)

Pertamax Turbo meruapakan 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 |
| Kandungan Oksigen | %m/m | - | 2,7 |
| 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/m3 | 715 | 770 |
| Korosi bilah tembaga | Merit | Kelas 1 |
| Uji Doctor |  | Negatif |
| Sulfur Merkaptan | % massa | - | 0,002 |
| Penampilan Visual |  | Jernih dan terang |

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

Bahan bakar bensin memilki 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](https://id.wikipedia.org/wiki/Oktana) (C8), karena dari seluruh molekul penyusun bensin, oktana yang memiliki sifat kompresi paling bagus. Bilangan Oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar [tekanan](https://id.wikipedia.org/wiki/Tekanan) yang bisa diberikan sebelum [bensin](https://id.wikipedia.org/wiki/Bensin) terbakar secara spontan. Di dalam mesin, campuran [udara](https://id.wikipedia.org/wiki/Udara) dan bensin (dalam bentuk [gas](https://id.wikipedia.org/wiki/Gas)) ditekan oleh [piston](https://id.wikipedia.org/wiki/Piston) sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan [api](https://id.wikipedia.org/wiki/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.

1. Nafta, hasil produk yang harus diolah Kembali karena sifatnya yang tidak dapat langsung digunakan dan proses pendapatan nafta ini berada pada suhu 110oC –195oC.
2. Kerosene, salah satu komponen minyak mentah yang memiliki nilai karbon C11-C16 yang didapat pada suhu 170oC –290oC bahan bakar ini sering dikenal sebagai aviation turbin (avtur).
3. Minyak Diesel / solar, memiliki rantai karbon C15-C16 yang didapat pada suhu 260oC–350oC yang biasa dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan. Pelumas, zat kimia berbentuk cair yang dimanfaatkan untuk mengurangi gaya gesek dan sebagai laporan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan yang tersusun dari rantai karbon C15-C24.
4. Long Residu, bahan hidrokarbon yang ebrsifat melekat dan berwarna hitam pekat, yang sering dikenal sebagai Asphalt yang digunakan sebagai pelapis jalan raya, produk ini tersusun dari rantai karbon C25-C50.

**2.8 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar Cair**

2.8.1 Berat Jenis

 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)

 Tujuan dilaksanakan pemeriksaan terhadap 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.

2.8.2 Viskositas

 Viskositas ialah penilaian dari kekebalan fluida yang disalin baik dengan tuntutan maupun tegangan. Lebih jelasnya, definisi viskositas ialah sebuah tingkatan kepekatan fluida yang bisa menjelaskan besar kecilnya suatu sentuhan dalam fluida. Kemudian, jika semakin besar viskositas dalam fluida maka akan bertambah sulit untuk bergerak dan juga akan bertambah sulit benda dapat bergerak di dalam fluida.

 Faktor- fator yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut : tekanan, temperature, kehadiran zat lain, ukuran dan berat molekul, kekuatan antar molekul, konsetrasi larutan. Rumus Viskositas:

η dinamis = k (ρ bola – ρ minyak) t

η kinematik = $\frac{η dinamis}{ρ minyak}$

2.8.3 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala (*flash point*) adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala pada kondisi tertentu pada tekanan satu atmosfer. Titik nyala (*flash point*) merupakan faktor penting untuk keamanan terhadap kebakaran. 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).

2.8.4 Nilai Kalor (*Calorific Value*)

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas / kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/ oksigen. Nilai kalor atas untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan *pada bomb calorimete*r. 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 padat terdiri dari GHV (*gross heating value*/ nilai kalor atas) dan NHV (*net heating value*/ nilai kalor bawah). Nilai bakar atas atau “*gross heating value*” atau “*higher heating value*” (HHV). Nilai bakar bawah atau “*net heating value*” atau “*lower heating value*” (LHV). Perbedaan dari kedua nilai tersebut ditentukan dari panas laten kondensasi dari uap air yang dihasilkan selama proses pembakaran berlangsung

Berdasarkan buku *Stoichiometry and Thermodynamics of Metallurgical Processes* yang ditulis oleh Y.K Rao (1985), nilai kalor bahan bakar cair hidrokarbon dapat dihitung dari rumus-rumus empiris. Rumus-rumus ini didasarkan atas fakta bahwa semakin ringan bahan bakar cair, karena mengandung persentase hidrogen yang lebih tinggi, memiliki nilai kalor yang lebih besar. Persamaan berikut berdasarkan hubungan antara API *Gravity* dan nilai kalor bahan bakar cair :

GHV = 43350 + 93(API gr. – 10) kj/kg (Y.K. Rao,1985)

Dimana API gr. Merupakan API *Gravity* bahan bakar cair pada 60/60°F. Nilai kalor bersih atau NHV (dalam kj/kg) dapat dihitung dengan mengurangkan faktor 24,44(9H+M) dari nilai GHV, dimana H dan M merupakan persentase berat dari hidrogen dan *moisture* dalam bahan bakar.

2.8.5 *Spesific Gravity* dan oAPI

Penentuan Specific gravity / berat jenis minyak ( crude oil ) dilakukan dengan alat hydrometer, dimana penunjuk specific gravity dapat dibaca langsung pada alat. Untuk temperatur yang lebih dari 60 ºF, perlu dilakukan koreksi dengan menggunakan chart yang ada. Kualitas dari minyak (minyak berat maupun minyak ringan) ditentukan salah satunya oleh specific gravity. Temperatur minyak mentah juga dapat mempengaruhi viskositas atau kekentalan minyak tersebut. Hal ini yang dijadikan dasar perlunya diadakan koreksi terhadap temperatur standart 60 ºF. Specific Gravity (SG) dari minyak bumi adalah perbandingan antara berat yang diberikan oleh minyak bumi tersebut pada volume tertentu dengan berat air suling pada volume tertentu, dengan berat air suling pada volume yang sama dan diukur pada temperatur 60 0F atau perbandingan anatara berat jenis minyak pada tempratur standar dengan berat jenis air. API Gravity minyak bumi sering menunjukan kualitas dari minyak bumi tersebut. Makin kecil SG-nya atau makin tinggi API-nya maka minyak bumi tersebut makain berharga karena lebih banyak mengandung bensin Sebalik nya makin rendah API atau makin besar SG-nya, maka mutu minyak itu kurang baik karena lebih banyak mengandung lilin dapat dinyatakan dengan persamaan :

SPGR = $\frac{densitas bahan bakar cair}{densitas air}$

oAPI = $\frac{141,5c }{SPGR}$ – 131,5

(*Sumber : ASTM D 1298*)

 Terdapat beberapa klasifikasi minyak bumi menurut nilai *specific grafity* dan OAPI nya dapat dilihat pada table 2.4.

**Tabel 2.7** Klasifikasi Minyak Bumi Menurut *Spesific Grafity* dan OAPI

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **JENIS MINYAK BUMI** | ***SPESIFIC GRAVITY***  | **OAPI** |
| *Condensate* | <0,710 | >55 |
| *Lights Oil* | 0,710-0,830 | 39-55 |
| *Medium Oil* | 0,850-0,865 | 35-32,1 |
| *Heavy Oil* | 0,965-0,905 | 32,1-24 |
| *Extra Heavy Oil* | >0,905 | 24,8 |

(*Sumber : ASTM D 1298*)