

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya

| <i>No</i> | <i>Nama</i> | <i>Tahun</i> | <i>Asal</i> | <i>Rendemen</i> | <i>Temperatur</i> | <i>Waktu</i> |
|-----------|------------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------|
| 1 | Tia Novia Mahendra | 2021 | Universitas Samudra | 90 ml | 270°C- 300°C | 6 jam |
| 2 | Aji Wicakson, Arijanto | 2017 | Universitas Diponegoro | 240 ml (parallel flow) | 398°C | 45 Menit |
| 3 | Sumartono | 2019 | Politeknik Negeri Medan | 200 ml | 228°C | 3 jam |

Dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan rendemen yang dihasilkan masih sedikit, waktu penelitian yang cukup lama, dan temperatur yang relatif tinggi. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rendemen yang lebih banyak, waktu yang optimal dan temperatur yang rendah

2.2 Plastik

Plastik merupakan jenis senyawa polimer yang memiliki unsur penyusun utamanya Karbon dan Hidrogen. 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 (polimer atau makromolekul). Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermosetting dan thermoplastik. Thermosetting adalah jenis yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan, sedangkan thermoplastik adalah jenis yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Berdasarkan sifat kedua kelompok di atas, thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk dapat didaur ulang. (Surono, 2013)

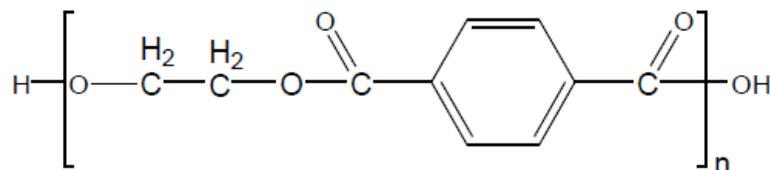
Plastik terbentuk dari unsur-unsur seperti karbon, oksigen, hidrogen, klorin, belerang dan nitrogen dan sebagai bahan dasar dari plastik adalah dari minyak dan gas bumi. (Swara patra, 2016)

2.3 Jenis Plastik dan Karakteristiknya

Plastik digolongkan menjadi beberapa jenis diantaranya adalah :

1. *Polyethylene terephthalate* (PET)

Polyethyleneterephthalate (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik termoplast dari kelompok poliester yang merupakan hasil kondensasi polimer etilen glikol dan asam treptalat dan dikenal dengan nama dagang mylar. Rumus kimia PET adalah $(C_{10}H_8O_4)_n$ dan rumus bangun untuk PET. Polimer PET dihasilkan melalui reaksi polimerisasi kondensasi dari monomernya.

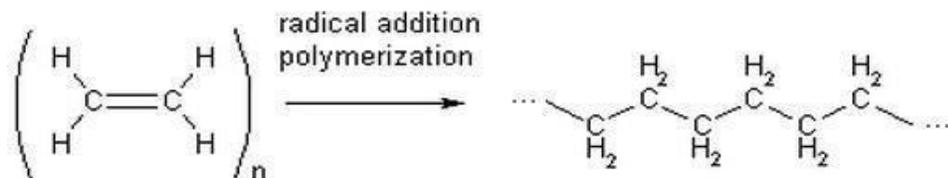


Gambar 2.1 Rantai *Polyethylene Terephthalate* (PET)

(Sumber : Kirk-Othmer, 2010)

2. *High Density Polyethylene* (HDPE)

HDPE adalah termoplastik polietilena terbuat dari minyak bumi, dikenal karena kekuatan yang besar untuk rasio kepadatan, HDPE umumnya digunakan dalam produksi botol plastik, pipa tahan korosi, dan kayu plastik.



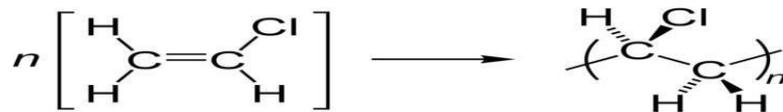
Gambar 2.2 Rantai *High Density Polyethylene* (HDPE)

(Sumber : Kirk-Othmer, 2010)

3. *Polyvinylchloride* (PVC)

Polyvinylchloride (IUPAC: Poli (kloroetanadiol)), biasa disingkat PVC, adalah polimer termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia, setelah polietilena dan polipropilena. PVC diproduksi dengan cara polimerisasi monomer vinil klorida ($CH_2=CHCl$). Karena 57% massanya adalah klor, PVC adalah polimer yang menggunakan bahan baku minyak bumi terendah di antara polimer lainnya.

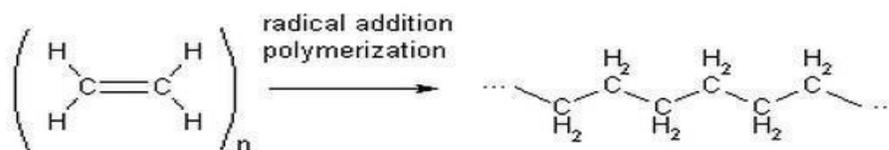
Rumus kimia PVC adalah $(C_2H_3Cl)_n$ dan rumus bangun untuk polimer ini. Nama-nama dagang PVC adalah *Elvax*, *Geon*, *Postalit*, *Irvinil*, *Kenron*, *Marvinol*, *Opalon*, *Rucoblend*, *Vinoflex*. Kemasan PVC dapat berupa kemasan kaku atau kemasan bentuk. Beberapa jenis PVC adalah *Plasticized Vinyl Chlorida*, *Vinyl Copolymer*, *Oriented Film*.



Gambar 2.3 Rantai *Polyvinyl Chlorida* (PVC)
(Sumber : Kirk-Othmer, 2010)

4. *Low Density Polyethylene* (LDPE)

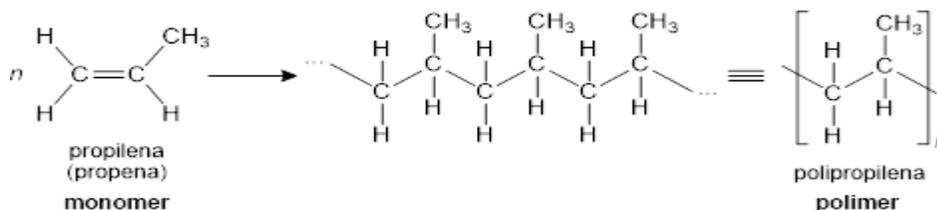
ini dihasilkan dengan cara polimerisasi pada tekanan tinggi, mudah dikelim dan harganya murah. Dalam perdagangan dikenal dengan nama *alathon*, *dylan* dan *fortiflex*



Gambar 2.4 *Low Density Polyethylene* (LDPE)
(Sumber : Kirk-Othmer, 2010)

5. *Polypropylene* (PP)

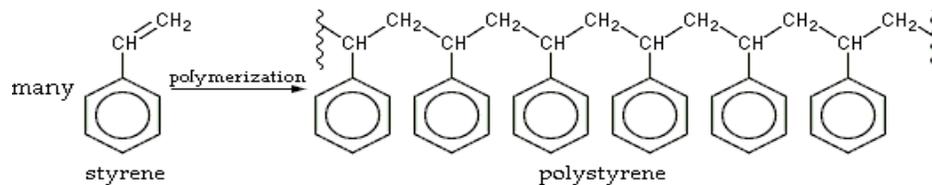
Polypropylene adalah polimer dari propilen dan termasuk jenis plastik olefin, Polipropilen mempunyai nama dagang Bexophane, Dynafilm, Luparen, Escon, Olefane dan Profax. Ada tiga tipe umumnya polipropilen yaitu: homopolimer, random copolymer dan impact copolymer atau kopolimer blok.



Gambar 2.5 Rantai *Polypropylene* (PP)
(Sumber : Kirk-Othmer, 2010)

6. Polystyrene (PS)

Polystyrene merupakan salah satu polimer yang ditemukan pada sekitar tahun 1930, dibuat melalui proses polimerisasi adisi dengan cara suspensi. Stirena dapat diperoleh dari sumber alam yaitu petroleum. Stirena merupakan cairan yang tidak berwarna menyerupai minyak dengan bau seperti benzena dan memiliki rumus kimia $C_6H_5CH=CH_2$ atau ditulis sebagai C_8H_8



Gambar 2.6 Rantai Polystyrene (PS)

(Sumber : Kirk-Othmer, 2010)

7. Other

Paling sering, produk dengan label 7 terbuat dari campuran dua atau lebih jenis plastik (1 s.d. 6). Kadang kala label 7 mengindikasikan bahwa bahan baku resinnya tidak diketahui. Bisa jadi untuk segala macam benda, namun paling sering akan dijumpai plastik 7 digunakan dalam industri minuman ataupun makanan.

Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk mempermudah mengidentifikasi yang dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2.7 Nomor Kode Plastik

(Sumber : Surono, 2013)

Nomor kode dari masing-masing jenis plastik tersebut memiliki fungsi sebagai berikut:

Tabel 2.2 Jenis Plastik dan Kegunaannya

| 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 shampoo, dan botol sambal. |
| 4 | LDPE (Low-density Polyethylene) | kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, gelas minuman air mineral |
| 5 | PP (Polypropylene atau Polypropene) | 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, komputer. |

Sumber : Surono,2013

2.4 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. Pirolisis dapat disebut juga dengan dengan proses perengkahan atau cracking. Ada tiga macam proses cracking yaitu *hidro cracking*, *thermal cracking*, dan *catalytic cracking* (Chen dkk.,2014)

2.4.1 Cracking

Cracking adalah proses penguraian atau pemecahan molekul senyawa hidrokarbon berukuran besar menjadi molekul senyawa hidrokarbon berukuran kecil. Tujuan cracking adalah meningkatkan kualitas fraksi. Ada tiga macam cracking yaitu hidro cracking, thermal cracking dan catalytic cracking.

1. Hidro Cracking

Hidrocracking adalah proses peretakan dengan mereaksikan plastik dengan hidrogen di dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk pada temperatur antara 423-673°K dan tekanan hydrogen 3-10 MPa (Trisunaryanti, 2018).

2. 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 (Trisunaryanti, 2018).

3. Catalytic Cracking

Cracking cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi peretakan. 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).

2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Pirolisi

1. Waktu

Faktor waktu yang dapat mempengaruhi produk akhir yang dihasilkan. Dikarenakan semakin lama waktu yang dibutuhkan proses pirolisis berlangsung maka produk yang dihasilkan semakin 'naik, produk tersebut diantaranya residu padat, gas dan tar (Ramadhan dan Ali, 2012)

2. Temperatur

Temperatur adalah variabel yang sangat penting dalam menunjang proses pirolisis. Temperatur sangat berpengaruh pada hasil dari proses pirolisis yang didapat, jika proses pirolisis terjadi pada temperatur yang tinggi menyebabkan pemecahan ikatan, sehingga salah satu cara untuk meningkatkan konversi dengan cara menaikkan temperatur, yang didapatkan dengan konversi yang lebih tinggi maka produk utama yang terbentuk akan menjadi produk berupa gas dan akan menghasilkan produk cair yang lebih maksimal (Rahmadan dan Ali, 2012)

3. Berat partikel

Semakin banyak jumlah partikel yang dimasukkan untuk bahan baku proses pirolisis maka menyebabkan jumlah bahan bakar cair dan jumlah residu akan semakin meningkat dan bertambah (Wahyudi, 2001) pada faktor ini semakin berat partikel bahan proses pirolisis maka jumlahnya semakin banyak dikarenakan beratnya bahan pirolisis.

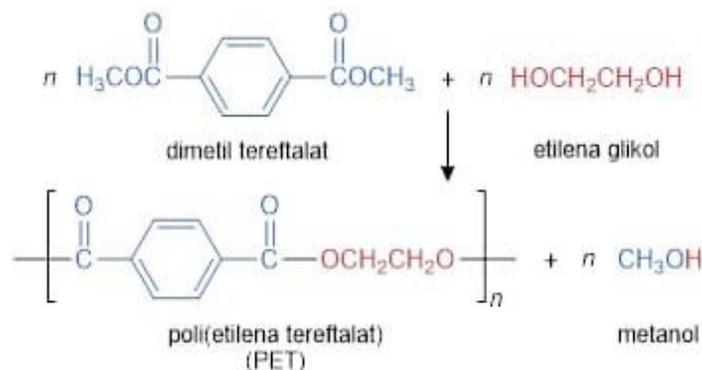
4. Ukuran partikel

Ukuran partikel sangat berpengaruh terhadap hasil dari proses pirolisis yaitu semakin besar ukuran maka luas permukaan yang terkena panas akan semakin kecil dikarenakan luasan bahan saling tumpang tindih sehingga proses pirolisis akan lambat dan membutuhkan waktu (Wahyudi, 2001)

2.5 Bahan Baku

2.5.1 Polyethylene terephthalate (PET)

Polyethylene terephthalate (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik termoplast dari kelompok poliester yang merupakan hasil kondensasi polimer etilen glikol dan asam tereftalat dan dikenal dengan nama dagang mylar. Rumus kimia PET adalah $(C_{10}H_8O_4)_n$ dan titik leburnya 260°C . Polimer PET dihasilkan melalui reaksi polimerisasi kondensasi dari monomernya. Reaksi ini terjadi sesaat setelah esterifikasi/transesterifikasi dengan etilen glikol sebagai produk samping (dan etilen glikol ini biasanya didaur ulang). PET biasanya digunakan pada botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik.



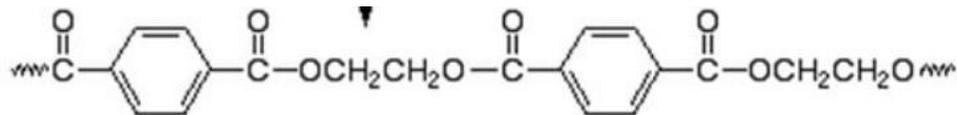
Gambar 2.8 Rantai *Polyethylene Terephthalate* (PET)

(Sumber : Studio Belajar, diakses 25 Juli 2022)

Tabel 2.3 Karakteristik, Sifat Kimia dan Fisika PET

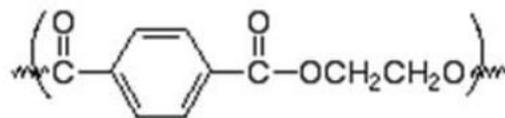
| Parameter | Keterangan |
|---------------|----------------------------|
| Nama Kimia | Polyethylene Terephthalate |
| Nama Dagang | PET |
| Rumus Molekul | $(C_{10}H_8O_4)_n$ |
| Fisik | Padat |
| Titik Leleh | 260°C |
| Berat Jenis | 1,38 g/m ³ |

Destabilisasi

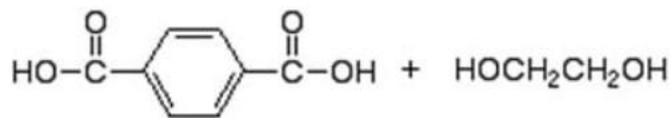


polietilen tereftalat (polistiren)

Depolimerisasi



Stabilisasi



tereftalna kiselina

etilen glikol

2.6 Katalis

Definisi katalis pertama kali dikemukakan oleh Ostwald sebagai suatu substansi yang mampu mengubah laju reaksi kimia tanpa mengubah besarnya energi yang menyertai reaksi tersebut. Lebih lanjut Ostwald juga mendefinisikan katalis sebagai substansi yang mengubah laju reaksi kimia tanpa didapati sebagai produk akhir reaksi (Utomo, 2007).

Katalis adalah zat yang dapat mempercepat atau memperlambat reaksi. Katalis meningkatkan laju reaksi dengan cara mempengaruhi energi pengaktifan suatu reaksi kimia. Pada reaksi akhir, zat katalis diperoleh kembali dalam bentuk zat semula dan tidak mengalami perubahan kimia (tidak ikut bereaksi). Katalis juga tidak dapat memicu reaksi, tetapi pada akhir tahap, katalis terbentuk kembali. Katalis memperlambat reaksi disebut inhibitor.

Katalis yang digunakan untuk mengkatalisasi suatu reaksi, pada waktu tertentu, akan mengalami penurunan aktivasi. Hal ini berhubungan dengan umur (lifetime) katalis tersebut. Menurut Huges (dalam Utomo 2007:110) umur katalis didefinisikan sebagai suatu periode selama katalis mampu menghasilkan produk reaksi yang diinginkan lebih besar dari pada produk reaksi tanpa katalis. Secara umum dapat dikatakan bahwa aktivasi katalis akan menurun seiring dengan pemakaiannya dalam reaksi kimia. Semakin besar umur katalis, semakin kecil aktivasi katalis yang bersangkutan.

2.7 Zeolit

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Secara umum, zeolit memiliki molekular struktur yang unik, dimana atom silikon dikelilingi oleh 4 atom oksigen sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola teratur. Di beberapa tempat di jaringan ini, atom silikon digantikan dengan atom aluminium, yang hanya terkoordinasi dengan 3 atom oksigen. Atom aluminium ini hanya memiliki muatan 3^+ , sedangkan silikon sendiri memiliki muatan 4^+ . Keberadaan atom aluminium ini secara keseluruhan akan menyebabkan zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation.

Zeolit juga sering disebut sebagai molecular sieve atau molecular mesh (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler dengan ukuran tertentu. Zeolit mempunyai beberapa sifat antara lain: mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembab. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Disamping itu zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. sifat ini pula menyebabkan zeolit dimanfaatkan untuk melunakkan air.

Bila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas diantara kristal. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang

maksimum (Said, 2008). Salah satu kelebihan dari zeolit adalah memiliki luas permukaan dan keasaman yang mudah dimodifikasi (Yuanita, 2010). Sifat lain dari zeolit yang juga berpengaruh terhadap peranannya dalam katalisis adalah:

1. Komposisi kerangka dan struktur pori zeolit; komposisi kerangka zeolit mengatur muatan kerangka dan mempengaruhi stabilitas termal dan asam dari zeolit.
2. Kenaikan rasio Si/Al akan berpengaruh pada stabilitas zeolit terhadap temperatur tinggi dan lingkungan yang reaktif seperti naiknya keasaman.
3. Medan elektrostatis zeolit; keadaan ini menyebabkan interaksi adsorbsinya dengan molekul lain berubah-ubah;
4. Kekuatan asam dari situs asam Bronsted; akan bertambah dengan naiknya rasio Si/Al penurunan konsentrasi kation dalam zeolit
5. Perubahan struktur unit bangun sekunder dari zeolit; peran struktur pori zeolit sangat penting dalam proses katalisis karena pori inilah yang berperan sebagai mikroreaktor dan darinya dimungkinkan untuk mendapatkan reaksi katalitik yang diinginkan menurut aturan selektivitas bentuk.

Semakin banyak jumlah katalis zeolit dalam reaktor maka semakin banyak pula jumlah cairan pirolisi. Hal ini disebabkan karena zeolit meningkatkan reaksi dekomposisi yang akan mengakibatkan semakin banyaknya hidrokarbon rantai panjang terpecah menjadi hidrokarbon rantai pendek sehingga semakin banyak gas yang terbentuk yang kemudian terkondensasi menjadi cairan hasil pirolisi (Danarto, et. Al. 2010).

2.5.1 Zeolit Alam

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan zeolit alam dengan sifat-sifat yang memungkinkan untuk dimodifikasi menjadi katalis maupun sebagai padatan pengemban logam aktif. Zeolit telah diketahui memainkan peranan penting sebagai katalis asam pada industri pengolahan minyak bumi dan Petrokimia, termasuk dalam reaksi perengkahan dan isomerisasi hidrokarbon. Mengingat zeolit alam sangat melimpah dan murah, maka penggunaannya sebagai katalis dapat menurunkan biaya produksi (Trisunaryanti et al., 1996).

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 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. Anggapan lain menyatakan proses terjadinya zeolit berawal dari debu-debu gunung berapi yang berterbangan kemudian mengendap didasar danau dan dasar lautan. Debu-debu vulkanik tersebut selanjutnya mengalami berbagai macam perubahan oleh air danau atau air laut sehingga terbentuk sedimen-sedimen yang mengandung zeolit didasar danau atau laut tersebut (Setyawan, 2002).

Zeolit alam adalah zeolit yang ditambang langsung dari alam. Dengan demikian harganya jauh lebih murah daripada zeolit sintesis. Zeolite alam merupakan mineral yang jumlahnya banyak tetapi distribusinya tidak merata, seperti klinoptilolit, mordenit, phillipsit, chabazit dan laumontit. Namun zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit.

Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, absorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivitas dan modifikasi terlebih dahulu. Selain untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada zeolit alam, proses aktivasi zeolit juga ditunjukkan untuk memodifikasi sifat-sifat dari zeolit, seperti luas permukaan, keasaman, dan merubah rasio Si/Al. Luas permukaan dan keasaman yang meningkat akan menyebabkan aktivitas katalitik dari zeolit meningkat.

Ambarwati (dalam Musttaqii, dkk. 2019:267) menyatakan bahwa aktivitas katalis zeolit dapat dilakukan secara fisika yaitu dengan kalsinasi zeolit alam pada temperatur 500-600°C yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar ukuran pori, dan memperluas permukaan dan secara kimia dengan menggunakan larutan asam klorida (HCL) atau asam sulfat (H₂SO₄), maupun larutan natrium hidroksida (NaOH) yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, menghilangkan senyawa pengotor.

2.8 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair adalah bahan yang tersusun dari bahan hidrokarbon yang berasal dari alam maupun secara buatan, pada umumnya berasal dari minyak bumi. Minyak bumi menghasilkan produk berwarna hitam sampai coklat, berbentuk cair dan mengandung gas yang larut di dalam minyak bumi (Anggoro, 2020). Beberapa jenis bahan bakar cair adalah sebagai berikut:

1. Bensin

Bensin atau gasolin merupakan bahan bakar cair yang dihasilkan dari fraksi minyak bumi yang mengandung hidrokarbon yang tersusun dari hidrokarbon rantai lurus, mulai dari C_5 sampai dengan C_{12} . Mutu bensin dipergunakan dengan istilah bilangan oktan (*Octane Number*). Nama oktan berasal dari oktana (C_8), karena dari seluruh molekul penyusun bensin, oktana yang memiliki sifat kompresi paling bagus. Bilangan oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan. Gasolin yang dipasarkan dengan nama dagang premium adalah bahan bakar mesin bensin yang memiliki angka oktan (RON) minimal 88. Berikut ini merupakan spesifikasi dari bahan bakar bensin jenis 88, Ditjen migas (dalam Pertamina IFM, 2020).

2. Solar

Minyak solar (high speed diesel) adalah suatu produk destilasi minyak bumi disebut juga middle destilasi. Minyak solar digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel dengan sistem pembakaran "compression ignition" pada umumnya digunakan untuk bahan bakar mesin diesel dengan putaran tinggi (1000 rpm). Tolak ukur kemudahan menyala atau terbakarnya suatu bahan bakar di dalam mesin diesel disebut angka setana. Angka setan produk solar yang ada di pasaran adalah 48.

3. Minyak Diesel

Minyak diesel adalah bahan bakar jenis destilasi yang mengandung fraksi-fraksi berat atau merupakan campuran dari distilat fraksi ringan dan fraksi berat (residual fuel oil) dan berwarna hitam gelap, tetapi tetap cair pada suhu rendah. Penggunaan minyak diesel ini pada umumnya untuk bahan bakar mesin diesel dengan putaran sedang atau lambat (300-1000 rpm) atau dapat juga dipergunakan sebagai bahan bakar pembakaran langsung dalam dapur-dapur industri. Minyak diesel ini biasanya disebut juga Industrial Diesel Oil (IDO) atau Marine Diesel Fuel (MDF).

Tabel 2.4 Standar bahan bakar cair

| komponen | Specific Gravity | HHV (Cal/gr) | Flash Point (oC) | Viskositas (mm ² /s) |
|-------------------------|------------------|--------------|------------------|---------------------------------|
| Crude Oil | 0.79-0.86 | 10000-11600 | | 2.8-2.9 |
| Gasoline (Bensin) | 0.71-0.74 | 11000-11500 | 23-43 | 0.625-0.7 |
| Kerosene (Minyak tanah) | 0.78-0.82 | 10500-11200 | 42-72 | - |
| Diesel fuel (Solar) | 0.815-0.840 | 10755-10900 | 52 | 2.0-3.2 |

Sumber:
Petroleum
Refinery
Technology
and
Economics,20
07

sumber:
Handbook of
Refinery
Desulfurization,2
015

sumber:
abdullah hassan
marwan,
kalghatgi
T.Gautam,2015.
*Flash points and
volatility
characteristics
of
gasoline/diesel
blends.*

sumber: *tesing of
fuels: viscosity of
liquid
fuels.* departement
of mechanical
engineering, indian
institute of
technology of new
delhi,2019