

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

2.1.1 Pengertian Plastik

Plastik kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua kebutuhan sehari-hari menggunakan plastik seperti kemasan pada makanan dan sebagainya. Namun pada kenyataannya, sampah plastik menjadi masalah lingkungan karena plastik membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengalami proses daur ulang. Plastik memiliki beberapa keunggulan seperti ringan, fleksibel, kuat, tidak mudah pecah, transparan, tahan air serta ekonomis. Penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari ini akan menjadi masalah lain bila tidak ditemukannya solusi penanganan.

Penanganan sampah plastik yang masih dilakukan yaitu dengan cara dibakar akan tetapi penanganan seperti ini menimbulkan polusi berbahaya seperti CO₂, dan CO. Cara mengatasi polusi tersebut dapat dilakukan dengan proses pirolisis [15].

Proses pirolisis ini dapat dilakukan karena bahan baku pembuatannya berasal dari minyak bumi yaitu nafta, lalu senyawa olefin dan aromatik hingga akhirnya ada yang menjadi bahan bakar dan produk plastik seperti LDPE, HDPE, PP, dan PS. melakukan pirolisis sampah plastik dengan campuran jenis PE, dan PS menyimpulkan bahwa semakin banyak plastik polistiren maka persentase produk cair yang dihasilkan semakin meningkat, sebaliknya penambahan plastik jenis *other* akan menghasilkan minyak pirolisis yang lebih sedikit [16].

Untuk mengatasi permasalahan limbah plastik yaitu dengan cara mengubah plastik menjadi minyak. Karena plastik tersusun dari ikatan hidrokarbon. Lebih dari 70% plastik yang dihasilkan saat ini adalah PE, PP,

PS, dan PVC, sehingga sebagian besar studi baru pada daur ulang limbah plastik berurusan dengan keempat jenis polimer tersebut. Metode yang dapat digunakan untuk mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar cair, seperti: *pyrolysis thermal cracking* dan *catalic cracking*.

Diantara metode tersebut metode pirolisis *catalic cracking* atau dengan tambahan katalis merupakan metode yang baik. Penelitian mengenai penggunaan berbagai sampah plastik menjadi bahan bakar cair dengan cara pirolisis masih terus dikembangkan saat ini dan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar fosil [17].

2.1.2 Jenis Jenis Plastik

Adapun penggolongan atau jenis jenis plastik industri berdasarkan nomor polimernya yaitu [18].

1. PET

PET singkatan dari *polyethylene terephthalate* dan merupakan resin *polyester* yang tahan lama, kuat, ringan dan mudah dibentuk ketika panas.

2. HDPE

HDPE atau dikenal dengan *High Density Polyethylene* ini memiliki sifat yang kuat dan kaku. HDPE ini berasal dari minyak bumi..

3. PVC

PVC adalah *Polyvinyl chloride* yang memiliki rumus molekul $(\text{CH}_2\text{-CHCl})_n$. PVC ini memiliki sifat yang kuat dan tidak mudah dipengaruhi oleh zat kimia yang lain

4. LDPE

LDPE atau yang dikenal dengan *Low Density Polyethylene* adalah plastik yang mudah dibentuk ketika panas dan terbuat dari minyak bumi.

5. PP

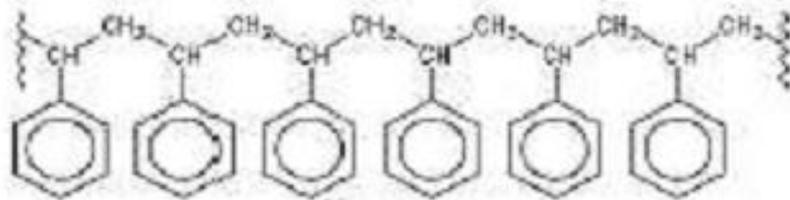
Polypropylene merupakan plastik polimer yang mudah dibentuk ketika panas.

6. PS

Polystyrene adalah plastik polimer yang mudah dibentuk bila dipanaskan.

2.2 *Polystyrene*

Polistirene salah satu jenis polimer. Polimer *polistirene* ditemukan pada 1930, melalui polimerisasi adisi. Stirena memiliki sifat fisik tidak berwarna menyerupai minyak dan memiliki rumus kimia C_8H_8 . Polistirena digunakan sebanyak 95% sebagai bahan pembuatan *styrofoam*. *Polystyrene* mempunyai rumus molekul :



Gambar 2.1 Rumus Molekul *Polystyrene*

Sifat fisis *polystyrene* pada suhu kamar berupa padatan dengan spesifik gravity 1,054, melunak pada suhu $100^{\circ}C$, pada suhu $120-180^{\circ}C$ menjadi cairan kental dan pada suhu $250^{\circ}C$ menjadi encer. *Polystyrene* larut dalam ester, hidrokarbon aromatis dan tidak larut dalam hidrokarbon alifatis. Penggunaan *polystyrene* berupa gabus atau yang disebut *styrofoam* dan juga bentuk plastik, contohnya gelas dan tempat makanan *styrofoam*. Hasil utama reaksi pirolisis *polystyrene* adalah stirena, toluen dan produk lain dengan jumlah yang kecil. *Polystyrene* yang memiliki nama lain *styrofoam*, begitu banyak digunakan oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari.

Banyak keunggulan pada *styrofoam* yang akan sangat menguntungkan bagi para penjual makanan seperti tidak mudah bocor, praktis, dan ringan sehingga lebih disukai sebagai pembungkus makanan.

Sampah *styrofoam* memiliki nilai kalor yang mendekati nilai kalor *polystyrene*, dimana nilai kalor *polystyrene* yang dihasilkan sebesar 10060kal/gram dan nilai kalor *Styrofoam* sebesar 9500 kal/gram. Terjadinya perbedaan nilai kalor yang dihasilkan disebabkan karena setiap sampah kemasan dan *polystyrene* memiliki komposisi plastik yang berbeda-beda ataupun mendapatkan bahan tambahan yang dapat menurunkan dan menaikkan nilai kalor dari sampah tersebut [16].

Plastik salah satu turunan dari minyak bumi. Oleh karena itu, plastik mempunyai kandungan energi yang tinggi seperti bahan bakar pada umumnya seperti bensin, solar dan minyak tanah. Berbagai jenis plastik seperti polietilen (PE), polipropilen (PP) dan *polystyrene* (PS) mempunyai nilai kalor yang setara dengan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi seperti minyak tanah, solar dan minyak berat [19]. Minyak bumi mengandung berbagai senyawa hidrokarbon. Salah satu hasil pengolahan minyak bumi yaitu polistirena. [20].

2.3. Katalis

2.3.1 Pengertian Katalis

Katalis zat yang dapat mempercepat suatu reaksi. Tanpa katalis reaksi akan berlangsung lama dan akan membutuhkan energi dan biaya produksi lebih besar. Katalis menyebabkan reaksi berlangsung lebih cepat. Katalis sebagai media yang mampu memberikan jalur lain dengan cara menurunkan energi aktivasi. sehingga hasil atau produk akhir akan lebih banyak dan proses yang cepat.

Fungsi katalis yaitu memperbesar laju reaksi dengan cara memperkecil energi aktivasi suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi lain. Dengan cara energi aktivasi nya diturunkan sehingga reaksi berlangsung cepat..

2.3.2 Katalis Berdasarkan Fasenyanya di dalam Reaksi

1. Katalis homogen yaitu suatu katalis yang memiliki fase berbeda dengan reaktan. Keunggulan dari katalis homogen yaitu memiliki aktivitas dan selektif yang tinggi, tidak mudah teracuni oleh keberadaan pengotor, mudah dioperasikan, mudah dimodifikasi, mudah untuk dipelajari. akan tetapi memiliki kekurangan seperti proses pemisahan yang sulit dari campuran, kurang stabil pada suhu yang tinggi.
2. Katalis heterogen yaitu jika fase katalis tidak sama dengan fase reaktan. Sifat-sifat katalis heterogen antara lain mudah dipisahkan dari campuran reaksi, stabil terhadap suhu tinggi, katalis sederhana [21].

2.3.3 Zink (Zn)

Seng logam transisi yang memiliki warna putih kebiruan. seng berada pada golongan IIB periode ke 4. Logam seng memiliki nomor atom 30 dan masa relatif 65. Seng merupakan unsur umum di alam Seng terjadi secara alami di udara, air dan tanah. Sebagian seng ditambahkan ke alam selama kegiatan industri, seperti pertambangan, pembakaran batubara, dan pengolahan baja. Seng merupakan salah satu unsur yang paling melimpah di kerak bumi.

Katalis Seng (Zn) banyak digunakan produksi biodiesel karena memiliki kemampuan yaitu stabilitas mekanik dan thermal untuk reaksi. Menurut adnan [9], katalis seng (Zn, ZnO dan ZnCl₂) digunakan untuk pirolisis thermo-katalitik dari EPSW dan ditemukan dengan aktivitas tinggi

dan selektivitas produk. pirolisis Thermo-katalitik menggunakan katalis logam Zn ditemukan sebagai katalis terbaik di antara katalis seng massal lainnya untuk biaya dan hasil operasional. Dalam penelitian ini dikembangkan penggunaan katalis heterogen, yaitu katalis padat (Zn). Katalis digunakan sebagai support untuk memproduksi bahan bakar cair karena memiliki kemampuan yaitu stabilitas yang tinggi.

2.3.4. Proses Aktivasi

Proses aktivasi pada proses pirolisis berguna untuk meningkatkan pengaktifan katalis. Penggunaan proses aktivasi akan membersihkan pengotor dan menambah lebar pori-pori pada katalis sehingga bahan yang terserap juga akan semakin banyak.

Adapun metode aktivasi terdiri dari dua macam, yaitu:

a. Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dan membersihkan pengotor menggunakan bahan-bahan kimia.

b. Aktivasi Fisika

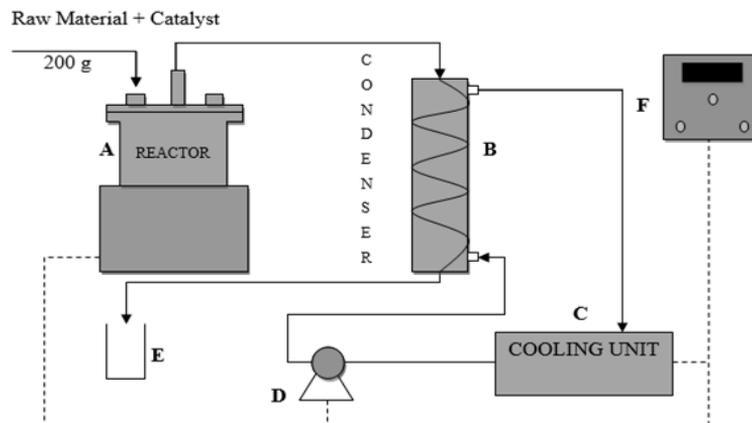
Aktivasi fisika bertujuan untuk meregangkan pori-pori dan membersihkan pengotor pada katalis. Aktivasi fisika menggunakan pemanas (*furnace*). Suhu yang dipakai adalah 200°C hingga 300°C selama 60 menit dengan menempatkan logam pada wadah aluminium. Suhu yang dipakai tidak terlalu tinggi, karena jika suhu yang digunakan terlalu tinggi akan merusak struktur katalis. Pemanasan bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terdapat dalam katalis. [23]

2.4 Pirolisis

2.4.1 Pengertian Pirolisis

Pirolisis suatu teknik daur ulang limbah yang mampu mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar [15]. Pirolisis tanpa oksigen, di mana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas [2].

Pirolisis juga disebut dekomposisi termal dari bahan organik,. Pirolisis dapat dilakukan menggunakan beberapa variasi suhu, waktu pirolisis dan ada atau tidaknya katalis yang berbeda. Adapun alat pirolisis dapat di lihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Proses Pirolisis Sederhana [24].

2.4.2. Proses Pirolisis

Pirolisis merupakan teknologi untuk mengkonversi limbah jenis polimer menjadi bahan bakar cair seperti nafta, minyak mentah (*crude oil*). Sebagai contoh, pada pembuatan bahan bakar dari limbah plastik menggunakan bahan baku berupa limbah plastik yang diperoleh dari pemulung.

Pengambilan sampel dilakukan setelah percobaan selesai dilakukan, kemudian dianalisis pengaruh suhu pirolisis terhadap *yield* senyawa hidrokarbon yang dihasilkan. Pada tahap kondensasi, uap hasil dari rektor pirolisis dialirkan ke rangkaian kondensor yang dialiri air pendingin, kemudian cairan hasil kondensasi ditampung dalam penampung berupa botol. Cairan hasil kondensasi dianalisa dengan GC-MS. [24].

2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Pirolisis

Adapun faktor yang mempengaruhi proses pirolisis adalah :

1. Waktu

Waktu mempengaruhi lamanya proses pirolisis yang terjadi sehingga banyak sampel yang terpirolisis secara sempurna, sehingga menghasilkan *yield* yang semakin banyak.

2. Suhu

Suhu mempengaruhi produk yang dihasilkan karena semakin tinggi suhu ikatan kimia pada suhu akan semakin lemah, sehingga pemutusan ikatan polimer semakin mudah terjadi yang menyebabkan semakin banyak *yield* yang diperoleh.

2. Ukuran Partikel

Ukuran partikel terhadap hasil, semakin kecil ukuran semakin mudah sampel meleleh dan berproses menjadi gas sehingga semakin cepat dan menghasilkan *yield* produk yang banyak.

3. Berat Partikel

Berat partikel karena semakin berat atau semakin banyak umpan maka semakin banyak sampel yang terpirolisis yang menyebabkan banyaknya *yield* produk pirolisis[5].

2.5. Bahan Bakar

2.5.1 Pengertian Bahan Bakar

Bahan bakar bahan yang dibutuhkan dalam proses pembakaran. Tanpa adanya bahan bakar pembakaran tidak akan mungkin dapat berlangsung. Banyak sekali jenis bahan bakar yang ada di kehidupan sehari-hari. Penggolongan ini dapat dibagi berdasarkan dari asalnya, bahan bakar di bagi menjadi tiga golongan, yaitu: bahan bakar nabati, bahan bakar mineral, dan bahan bakar fosil. Bahan bakar dapat dibedakan menjadi 3 jenis berdasarkan bentuknya antara lain, yaitu: padat, gas dan cair. Bahan bakar yang banyak di gunakan adalah bahan bakar cair.

Karena banyaknya keuntungan–keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan bahan bakar dengan jenis cair tersebut. Setiap bahan bakar karakteristik dan nilai pembakaran yang berbeda– beda. Karakteristik inilah yang menentukan sifat–sifat dalam proses pembakaran, dimana sifat yang kurang menguntungkan dapat disempurnakan dengan jalan menambah bahan-bahan kimia ke dalam bahan bakar tersebut, dengan harapan akan mempengaruhi letup dari bahan bakar, ini menunjukkan apa yang dinamakan dengan bilangan oktan (*octane number*).

2.5.2 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair tersusun atas senyawa hidrokarbon. Bahan bakar cair umumnya berasal dari minyak bumi. Dimasa yang akan datang, kemungkinan bahan bakar cair yang berasal dari fosil, batubara dan biomassa akan meningkat. Minyak bumi merupakan campuran alami hidrokarbon cair dengan sedikit belerang, nitrogen, oksigen, dan mineral [25]. 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.

2.5.3 Spesifikasi Bahan Bakar Minyak

Minyak mentah (*crude oil*) yang baru mengandung bermacam-macam zat kimia yang berbeda baik dalam bentuk gas, cair maupun padatan. Senyawa utama yang terkandung di dalam minyak bumi adalah alifatik, alisiklik dan aromatik [25].

Minyak bumi ditemukan bersama-sama dengan gas alam. Minyak bumi disebut juga minyak mentah (*crude oil*). Minyak mentah dapat dibedakan antara lain:

1. Minyak mentah ringan (*light crude oil*), mengandung logam dan belerang yang rendah, memiliki warna terang dan bersifat encer (viskositas rendah), contohnya seperti bensin dan diesel (solar)
2. Minyak mentah berat (*heavy crude oil*), mengandung kadar logam dan belerang tinggi, berwarna lebih gelap dan bersifat kental (viskositas tinggi), contohnya seperti pelumas.

Adapun tabel fraksi dan ukuran molekul produk minyak bumi sebagai berikut.

Tabel 2.1 Fraksi dan Ukuran Molekul Produk
Minyak Bumi

No	Fraksi	Ukuran Molekul	Titik Didih (°C)
1	Bensin (<i>gasoline</i>)	$C_4 - C_{12}$	-1 – 200
2	Kerosin (Minyak Tanah)	$C_9 - C_{14}$	205 - 255
3	Solar (Minyak disel)	$C_{15} - C_{18}$	205 - 290
4	Oli (Minyak Pelumas)	C_{20} ke C_{35}	315 - 425
5	Aspal	C_{55} ke atas	>600

2.5.4 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Karakteristik bahan bakar cair yang akan dipakai pada penggunaan tertentu untuk mesin atau peralatan lainnya perlu diketahui terlebih dahulu, dengan maksud agar hasil pembakaran dapat tercapai secara optimal. Secara umum karakteristik bahan bakar cair adalah sebagai berikut :

1. Densitas, (*Specific Gravity*, *°API Gravity*)

°API Gravity menyatakan densitas atau berat persatuan volume sesuatu zat. *°API Gravity* dapat diukur dengan hidrometer (ASTM

(*American Standard Testing Material*) 287), sedangkan densitas dapat ditentukan dengan piknometer (ASTM D 941 dan D 1217). Pengukuran °API Gravity dengan hidrometer dinyatakan dengan angka 0- 100. Hubungan °API gravity dengan *specific gravity* adalah sebagai berikut :

$$^{\circ}\text{API Gravity} = \frac{141,5 - 131,5}{\text{Specific Gravity (60}^{\circ}\text{F)}} \quad [26].$$

sedangkan rumus densitas antara lain,

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}} \quad [26].$$

Tujuan dilaksanakan pemeriksaan terhadap °API Gravity dan berat jenis adalah untuk indikasi mutu minyak dimana makin tinggi °API Gravity atau makin rendah densitas maka minyak tersebut makin berharga karena banyak mengandung bensin. Sebaliknya semakin rendah ° API Gravity karena mengandung banyak lilin. Minyak yang mempunyai denistas tinggi berarti minyak tersebut mempunyai kandungan panas yang yang rendah. Adapun tabel klasifikasi minyak mentah berdasarkan °API Gravity.

Tabel 2.2 Klasifikasi Minyak Mentah [26]

°Api	Klasifikasi	Specific Gravity
10 – 20	Heavy Oil	1,0 - 0,93
20 – 30	Medium Oil	0,93 – 0,87
> 30	Light Oil	< 0,87

2. Titik nyala

Titik nyala adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalaan api sesaat, apabila pada permukaan minyak didekatkan pada nyala api. Titik nyala tidak mempunyai pengaruh yang besar dalam persyaratan pemakaian bahan bakar minyak untuk mesin diesel atau ketel uap. akan tetapi berpengaruh untuk keamanan penggunaan dicuaca tertentu, missal penggunaan pada cuaca panas yang dapat menyebabkan minyak atau bahan bakar cair mudah terbakar dengan sendirinya.

3. 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 9,160 -11,000 kkal/kg. Nilai kalor berbanding terbalik dengan densitas [27].

Pada umumnya nilai kalor dan densitas sangat berhubungan, dimana semakin kecil densitas maka akan semakin tinggi nilai kalor yang diterima. Hal ini disebabkan karena ikatan partikel yang dimiliki oleh densitas yang kecil mudah mengalami pergerakan dan menyebabkan mudah untuk proses pembakaran. Nilai kalor untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen pada *bomb calorimeter*. 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.

Adapun parameter karakteristik bahan bakar cair sesuai standar (*American Standard Testing Material*) ASTM D 1298 dan D 93, dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Karakteristik Bahan Bakar [28]

No	Parameter	Minyak Tanah	Solar	Premium
1	Nilai Kalor (kkal/g)	10939,1	9240	11245
2	Densitas (g/mL)	0,9	0,8	0,7
3	Titik Nyala (°C)	60	52	43

