

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ban

Ban adalah material komposit yang tersusun dari karet, baja, dan serat. Ban juga merupakan salah satu polimer sintetis (polistirena) yang berbahan dasar karet (Muhammad Roy Tri H., 2017). Ban tersusun atas bahan karet atau polimer yang sangat kuat diperkuat dengan serat-serat sintetis dan baja yang sangat kuat menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat-sifat unik seperti kekuatan tarik yang sangat kuat, fleksibel, ketahanan pergeseran yang tinggi. Sebuah ban mengandung tiga puluh jenis karet sintetis, delapan jenis karet alam, delapan jenis karbon hitam, tali baja, poliester, nilon, manik-manik baja, silika, dan empat puluh jenis bahan kimia, minyak dan pigmen.

Ban yang berbahan dasar karet termasuk polimer polistirena yang dapat menghasilkan hidrokarbon yang merupakan bahan dasar energi dan kimia. *Polystyrene* yang merupakan senyawa petrokimia merupakan polimer termoplastik sehingga dapat terdegradasi dengan perlakuan termal (Surya D. H. dkk., 2018).

Polystyrene

Polystyrene adalah polimer dengan monomer stirena yang mudah dibentuk bila dipanaskan, rumus molekulnya adalah $(-\text{CHC}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-)_n$. Pada suhu ruangan, polistirena biasanya berbentuk termoplastik padat dan dapat mencair pada temperatur yang lebih tinggi (Nurul Kholidah dkk., 2019). *Polystyrene* merupakan hidrokarbon parafin yang terbentuk dengan cara reaksi polimerisasi.

2.2 Pirolisis

Pirolisis yaitu pemanasan dalam kondisi bebas oksigen pada temperatur (250 – 900 °C) dengan menguraikan senyawa organik dari suatu bahan menjadi produk cair dan gas dengan melepaskan ikatan bahan-bahan anorganik yang terikat. Proses pirolisis menghasilkan tiga produk yang berupa *liquid*, *solid charcoal*, dan gas (M. Syamsiro dkk., 2019).

Proses pirolisis dapat disebut juga dengan proses perengkahan atau *cracking*. *Cracking* adalah proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa dengan berat

molekul yang lebih rendah. Ada tiga macam proses *cracking* yaitu *hydrocracking*, *thermal cracking*, dan *catalytic cracking* (Dezhen Chen *et al.*, 2014).

2.2.1 *Hydrocracking*

Hydrocracking adalah proses peretakan dengan mereaksikan bahan 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. *Hydrocracking* biasanya melibatkan reaksi hidrogen dengan katalis yang berlebih dalam *autoclave batch* yang diaduk pada temperatur tinggi dan bertekanan guna memperoleh kualitas bensin yang tinggi. Untuk membantu pencampuran dan reaksi biasanya digunakan bahan pelarut *1-methyl naphthalene*, tetralin dan decalin. Katalis berfungsi untuk menggabungkan kegiatan hidrogenasi dan *cracking* (Muhammad Tri H., 2017).

2.2.2 *Thermal Cracking*

Thermal cracking termasuk proses pirolisis, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen melalui proses dekomposisi kimia dan termal. Di sebagian besar proses, udara dihilangkan untuk alasan keamanan, kualitas produk, dan *yield*. Proses *thermal cracking* dapat dilakukan di berbagai temperatur, waktu reaksi, tekanan, dan katalis reaktif. Pirolisis ban bekas dapat dilakukan pada temperatur rendah (150 °C), menengah (150 – 600 °C), dan tinggi (>600 °C). Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, naftalena, dan aromatik, serta gas yang memang tidak bisa terkondensasi (Muhammad Tri H., 2017).

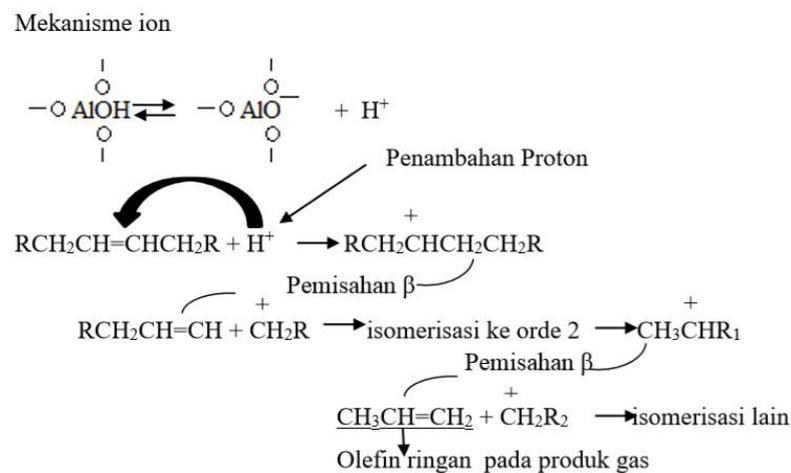
2.2.3 *Catalytic Cracking*

Reaksi *catalytic cracking* atau peretakan katalitik adalah reaksi peretakan menggunakan katalis (katalis heterogen) sebagai material yang mampu mempercepat laju reaksi untuk mencapai kesetimbangan dan menghasilkan produk akhir reaksi melalui mekanisme pembentukan ion karbonium (Junifa Layla S. dkk., 2017). Ion karbonium yang sudah terbentuk dapat mengalami pemutusan rantai pada posisi beta untuk membentuk olefin dan ion karbonium baru. Katalisator di sini berfungsi untuk memecah hidrokarbon rantai panjang menjadi rantai pendek. Di samping itu, katalisator mampu meningkatkan kecepatan dekomposisi dan memperbesar produk cair hasil pirolisis (Y.C. Danarto, 2010). Katalis heterogen

lebih mudah terpisah dari medium reaksi namun susah dalam penonaktifan karena dapat menjadi *coke* sedangkan katalis homogen sulit untuk dikeluarkan dari produk akhir sehingga katalis lebih mudah menjadi lumpur.

Mekanisme Reaksi *Catalytic Cracking*

Mekanisme reaksi *catalytic cracking* dari rantai polimer sama dengan jalur dari *catalytic cracking* hidrokarbon di pabrik penyulingan minyak bumi. Proses *catalytic cracking* berlangsung pada suhu yang cukup tinggi untuk memiliki reaksi paralel *thermal cracking* (Sachin Kumar *et al.*, 2011). Mekanisme *catalytic cracking* hidrokarbon berupa reaksi ion yang akan mentransfer ion hidrogen ke rantai polimer.



Gambar 2.1 Mekanisme *Catalytic Cracking Hydrocarbon*
(Sumber: Hanna Wilczura-Wachnik, 2014)

2.3 Katalis

Katalis merupakan suatu zat yang dapat meningkatkan kecepatan reaksi terhadap suatu kesetimbangan tanpa adanya katalis yang ikut bereaksi, setelah selesai katalis dapat diperoleh kembali (Mukhamad Afif D. R. dkk., 2017). Katalis digunakan dalam pirolisis untuk memperoleh kualitas bahan bakar cair yang lebih tinggi. Katalis berperan penting dalam proses termokimia karena dapat *promoting targeted reactions*, mengurangi temperatur reaksi, dan menaikkan efisiensi proses sistem (Devy K. R. *et al.*, 2016).

2.3.1 Gamma Alumina

Alumina ditemukan dalam tiga fasa, yang dikenal sebagai γ , β dan α alumina. Ketiga fasa di atas diketahui memiliki sifat-sifat yang berbeda, sehingga memiliki

aplikasi yang khas (unik) (Mukhamad A. D. R. dkk., 2017). Alumina juga sering dijumpai dalam bentuk lain misalnya η , χ , γ , δ , dan θ alumina.

Gamma alumina (γ -Al₂O₃) merupakan alumina transisi yang berbentuk padatan *amorphous*. Gamma alumina adalah kelompok alumina aktif yang banyak digunakan sebagai katalis dan adsorben, misalnya sebagai katalis katalisator substrat di dalam industri otomotif dan petroleum, komposisi struktural untuk pesawat ruang angkasa dan pakaian pelindung dari gesekan dan panas atau abrasi dan thermal. γ -Al₂O₃ stabil dalam proses katalis dan pada suhu tinggi, mudah dibentuk dalam proses pembuatannya dan tidak mahal. Gamma alumina (γ -Al₂O₃) terbentuk melalui pemanasan pada suhu 500-800 °C . Pemanasan Al(OH)₃ menyebabkan Al(OH)₃ terdekomposisi menjadi suatu oksida dengan sistem mikropori dan luas permukaan yang besar (Mukhamad A. D. R. dkk., 2017). Sebagai katalis Gamma alumina (γ -Al₂O₃) memiliki karakteristik luas permukaan yang besar (50-300 m²/g), *mesopore size* (5-15 nm), *pore volume* (0,6 cm³/g), dan stabilitas termal tinggi (Tjokorde W. S. dkk., 2011).

2.3.2 Zeolit Alam

Zeolit dibedakan menjadi dua, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam merupakan mineral yang jumlahnya banyak tetapi distribusinya tidak merata. Contoh zeolit alam yang sering ditemukan adalah *klinoptilolit*, *mordenit*, *phillipsit*, *chabazit* dan *laumontit* (Siti Mustahiroh, 2020). Namun zeolit yang ditambang langsung dari alam masih mengandung pengotor-pengotor organik, seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe baik berwujud kristal maupun amorf seta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, adsorben, 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 (Sari Rahma Yanti, 2015).

Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara fisika dan kimia. Secara fisika dapat dilakukan melalui pemanasan dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap di dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaannya bertambah. Proses pemanasan zeolit dikontrol dikarenakan pemanasan yang berlebihan kemungkinan akan menyebabkan zeolit tersebut rusak. Secara kimia dilakukan dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Proses aktivasi zeolit dengan perlakuan asam HCl pada konsentrasi 0,1-1 N menyebabkan zeolit mengalami dealuminasi dan dekationisasi, yaitu keluarnya Al dan kation-kation dalam kerangka zeolit. Aktivasi asam menyebabkan terjadinya dekationisasi yang menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit (Siti Mustahiroh, 2020).

2.4 Bahan Bakar Cair

2.1.1 Diesel (Solar)

Kualitas bahan bakar diesel dengan bilangan setana. Bilangan setana mengindikasikan kesiapan mesin diesel untuk menyala secara spontan pada temperatur dan tekanan rendah, semakin tinggi bilangan setana, maka waktu penundaan antara injeksi dan penyalaan semakin pendek dan kualitas penyalaan semakin baik (Pribadyo dkk., 2018).

Bahan bakar diesel yang beredar di Indonesia salah satunya adalah solar 48 yang memiliki bilangan setana (*cetane number*) minimum 48. Spesifikasi solar 48 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.1 Standar untuk Solar 48 SNI 8220:2017

No	Karakteristik	Satuan	Batasan SNI Minyak Solar 48		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain- Lain
1	Bilangan Setana		48	-	D613	
	Indeks Setana		45	-	D4737	
2	Densitas (15 °C)	kg/m ³	815	870	D4052/D1298	
3	Viskositas (40 °C)	mm ² /s	2,0	4,5	D445	
4	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,30	D4294/D5453/D2622	

5	Distilasi: 90% vol. Penguapan	°C	-	370	D86	
6	Titik Nyala	°C	52	-	D93	
7	Titik Kabut	°C	-	18	D2500	
8	Titik Tuang	°C	-	18	D97	
9	Residu Karbon	% m/m	-	0,1	D189/D4530	
10	Kandungan Air	mm/kg	-	500	D6304	
11	Kandungan FAME	% v/v	-	20	D7806/D7371	
12	Korosi Bilah Tembaga			Kelas 1	D130	
13	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D482	
14	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D473	
15	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0	D664	
16	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,5	D664	
17	Penampilan Visual			Jernih dan Terang		Visual
18	Warna	No. ASTM	-	3,0	D1500	
19	Lubricity (HFRR wear scar dia. @60 °C	micron (μ)	-	460	D6079	
20	Kestabilan Oksidasi Metode Rancimat	Jam	35	-		EN15751
21	Vanadium	mg/kg	-	100	AAS	
22	Aluminium+Silikon	mg/kg	-	25	D5184 / DAAS	

(Sumber: *Badan Standardisasi Nasional*)

2.1.2 Gasoline

Gasoline (bensin) merupakan suatu campuran yang kompleks yang tersusun atas hidrokarbon rantai lurus 5 - 12 atom C (Devi Rachmadena dkk., 2018). Kualitas suatu gasoline diukur dengan angka oktan. Angka oktan merupakan suatu parameter *antiknocking* yang terjadi pada mesin. Angka oktan merupakan perbandingan antara iso-oktana dengan n-heptana dalam suatu gasoline (Arluky Novandy, 2013). Komposisi hidrokarbon pada gasoline yakni terdiri dari 4-8% alkane, 2-5% alkena, 25-40% isoalkana, 3-7% sikloalkana, 1-4% 12 sikloalkena, dan 20-50% aromatic total (0,5-2,5% benzene) (N. S. Shamsul *et al.*, 2017). Adapun standar gasoline RON 88 (premium) dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Standar Gasoline RON 88 SNI 3506:2017

No.	Parameter Uji	Satuan	Batasan	Metode Uji
-----	---------------	--------	---------	------------

			Minimal	Maksimal	ASTM	Lain-Lain
1	Bilangan oktana (angka oktana riset (RON)		88,0	-	D2699	
2	Stabilitas oksidasi	Menit	360	-	D525 D2622 /	
3	Kandungan sulfur	% m/m	-	0,05	D4294 / D5453 / D7039	
4	Sulfur merkaptan	% m/m	-	0,002	D3227	
5	Kandungan timbal (Pb)	g/l	-	Injeksi timbal tidak diizinkan	D3237 / D5059	
	Kandungan logam:		-	Dilaporkan		
6	a. Mangan	mg/l	-	1	D3831 / D5185	
	b. Besi		-	1	D5185	UOP391
7	Kandungan oksigen	% m/m	-	2,7	D4815 / D6839 / D5599	
8	Kandungan olefin				D4815 / D6839 / D6730 D1319 /	
9	Kandungan aromatik	% v/v		Dilaporkan	D6839 / D6730 / D5580	
10	Kandungan benzena				D4815 / D6839 / D6730 / D3806	
11	Sedimen	mg/l	-	1	D5452	
12	<i>Unwashed gum</i>	mg/100	-	70		
13	<i>Washed gum</i>	ml	-	5	D3181	
14	Distilasi:					
	10 % vol. penguapan	°C	-	74		
	50 % vol. penguapan	°C	75	125		
	90 % vol. penguapan	°C	-	180	D86	
	Titik didih akhir	°C	-	215		
	Residu	% vol	-	2,0		
15	Tekanan uap	kPa	45	69	D5191 / D323	

16	Berat jenis (15 °C)	kg/m ³	715	770	D4052 / D1298
17	Korosi bilah tembaga		-	Kelas 1b	D130
18	Tampilan		Jernih dan terang		Visual
19	Warna		Kuning		Visual

(Sumber: *Badan Standardisasi Nasional*)

2.5 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Pada penelitian ini, karakteristik bahan bakar cair yang dianalisa adalah:

2.5.1 Persen *Yield*

Persen *yield* dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ yield} = \frac{m_{\text{produk}}}{m_{\text{bahan baku}}} \times 100 \% \quad (\text{Sumber: Andicha A. P., 2017})$$

2.5.2 Densitas (ASTM D-1298)

Massa jenis atau yang biasa disebut densitas merupakan indikator banyaknya zat pengotor hasil reaksi. Jika massa jenis suatu bahan bakar melebihi ketentuan, maka akan meningkatkan keausan mesin dan menyebabkan kerusakan mesin (Qurratul'uyun, 2017).

Densitas (ρ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{\text{massa sampel}}{\text{volume}} \quad (\text{Sumber: Qurratul'uyun, 2017})$$

2.5.3 Titik Nyala (ASTM D-93)

Titik nyala merupakan temperatur di mana uap yang berada di atas minyak akan menyala sementara atau meledak seketika kalau ada api (Fadarina dkk., 2018). Titik nyala suatu bahan bakar menunjukkan jarak didih di mana pada temperatur tersebut bahan bakar akan aman terhadap bahaya kebakaran selama penyimpanan, penanganan, dan transportasi. Titik nyala mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan suatu bahan bakar untuk terbakar (Qurratul'uyun, 2017).

2.5.4 Viskositas (ASTM D445)

Viskositas suatu fluida merupakan daya hambat yang disebabkan oleh gesekan antara molekul-molekul cairan yang mampu menahan aliran fluida sehingga dapat dinyatakan sebagai indikator tingkat kekentalannya (Soebaktyo dkk., 2016). Viskositas dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\mu = k \times (\rho_{\text{bola}} - \rho_{\text{fluida}}) \times t_{\text{jatuh bola}} \quad (\text{Sumber: Sinaga dkk., 2014})$$

$$v = \frac{\mu}{\rho_{\text{minyak}}}$$

(Sumber: Syahdanni dkk., 2016)

Keterangan:

μ = viskositas dinamis (Pa.s)

v = viskositas kinematis (m^2/s)

2.5.5 Analisa Senyawa Kimia dengan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS)

GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*) merupakan suatu instrumen yang terdiri dari dua metode analisis. Kromatografi gas berfungsi untuk mendeteksi masing-masing molekul komponen dalam suatu senyawa, sedangkan spektrometri massa berfungsi untuk mendeteksi masing-masing molekul komponen yang telah dipisahkan pada kromatografi gas. Gas kromatografi merupakan pemisahan campuran menjadi konstituennya dalam fase gerak berupa gas yang melalui fase diam yang berupa sorben. Gas kromatografi dapat digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif (Qurratul'uyun, 2017).