

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pirolisis

Pirolisis adalah suatu proses dekomposisi suatu bahan menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dengan menggunakan pemanas tanpa adanya oksigen. Tiga produk utama yang dihasilkan adalah minyak, gas, dan residue padat (Pertamina, 2021). Proses pirolisis merupakan proses yang paling fleksibel karena parameter proses dapat dimanipulasi untuk mengoptimalkan hasil produk berdasarkan preferensi (Anuar Sharuddin dkk., 2016).

Pirolisis dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu pirolisis termal dan pirolisis katalitik. Perbedaan utamanya terdapat pada katalis. Pada pirolisis termal tidak menambahkan katalis dalam prosesnya sedangkan pirolisis katalitik menambahkan katalis. Perbandingan hasil dari pirolisis termal dan katalitik dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan pirolisis termal dan katalitik

Pirolisis Termal	Pirolisis Katalistik
Membutuhkan energi pemanasan yang besar	Mengurangi kebutuhan energi pemanasan
Suhu operasi tinggi	Mengurangi suhu operasi
Terdapat pengotor dalam minyak pirolisis pirolisis	Mengurangi pengotor dalam minyak pirolisis pirolisis
Menghasilkan banyak fraksi berat hidrokarbon dalam minyak pirolisis pirolisis	Menurunkan fraksi berat hidrokarbon dalam minyak pirolisis pirolisis
Menghasilkan minyak pirolisis pirolisis dengan angka oktan rendah	Menghasilkan minyak pirolisis pirolisis dengan angka oktan tinggi
Jumlah residue padat banyak	Jumlah residue padar sedikit

Banyak para peneliti memfokuskan penelitiannya untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas minyak yang dihasilkan. Salah satunya adalah pirolisis

katalitik. Katalis dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas minyak yang dihasilkan karena memiliki sifat selektivitas dan aktifitas dengan cara menurunkan energi aktivasinya dan berefek pada suhu operasi yang rendah daripada proses pirolisis termal (Irawan dkk., 2023; Rahman dkk., 2017).

2.2 Jenis - Jenis Plastik

Pada dasarnya, plastik memiliki berbagai jenis karena perbedaan kebutuhan aplikasinya yang sangat beragam. Perbedaan ini didasarkan atas komposisi kimia dan struktur penyusunnya, yang semuanya akan mempengaruhi sifat kimia, fisik, dan termal.

Pada pirolisis plastik ini, salah satu sifat yang perlu diketahui ini adalah sifat kimianya. Sifat kimia ini berguna untuk mengetahui seberapa besar potensi minyak pirolisis yang dihasilkan pada proses pirolisis. Analisis proksimat dapat diartikan sebagai metode untuk mengukur sifat kimia plastik berdasarkan empat elemen utama, yaitu kadar air, karbon tetap, zat yang mudah menguap, dan kadar abu (Anuar Sharuddin dkk., 2016). Berikut adalah Tabel yang berisikan sifat kimia dari berbagai jenis plastik.

Tabel 2. 2 Analisis proksimat plastik

Jenis Plastik	Mark Plastik	Kelembapan (wt%)	Karbon tetap (wt%)	Mudah menguap (wt%)	Abu (wt%)	Ref.
PET		0,61	13,17	86,83	0,00	(Heikkinen dkk., 2004)
HDPE		0,00	0,03	98,57	1,40	(Heikkinen dkk., 2004)

PVC		0,74	5,19	94,82	0,00	(Heikkinen dkk., 2004)
LDPE		0,30	0,00	99,70	0,00	(Park dkk., 2012)
PP		0,18	0,16	97,85	1,99	(Heikkinen dkk., 2004)
PS		0,30	0,20	99,50	0,00	(Park dkk., 2012)
Other (PE)		0,10	0,04	98,87	0,99	(Jung dkk., 2010)

Berdasarkan Tabel 2. Berbagai jenis plastik memiliki bahan yang mudah menguap tinggi yang dapat memproduksi minyak pirolisis yang banyak. Tetapi pada umumnya pirolisis plastik menggunakan plastik jenis olefin dan PS sedangkan plastik jenis PET dan PVC jarang digunakan. Hal itu disebabkan karena minyak pirolisis hasil dari PET mengandung asam benzoate yang besar (Anuar Sharuddin dkk., 2016)(Ozdemir dkk., t.t.). Hal itu dapat menurunkan kualitas minyak pirolisis yang dihasilkan. Sedangkan plastik PVC dapat menghasilkan pelepasan produk berbahaya seperti HCl yang dapat menyebabkan kerusakan pada alat proses serta berbahaya untuk lingkungan (Anuar Sharuddin dkk., 2016)(Miranda dkk., t.t.).

2.4 Pengaruh Katalis Pada Pirolisis Plastik

Penggunaan katalis pada pirolisis plastik dapat mempengaruhi kinetika, mekanisme reaksi serta distribusi produk. Pada dasarnya, katalis memiliki beberapa jenis yang dibedakan berdasarkan sifat selektivitas dan aktivitas yang dapat dilihat

dari struktur dan dimensi kristal, ukuran pori dan porositas, keasaman, luas permukaan, volume pori, stabilitas termal, dan rasio Si/Al (Oyeleke dkk., 2021). Berikut ini adalah Tabel pengaruh jenis katalis terhadap distribusi produk.

Tabel 2. 3 Pengaruh jenis katalis terhadap hasil pirolisis

Jenis Katalis	Ukuran pori (Å)	Jenis pori	Hasil	Keterangan
ZSM-5	5,4 – 5,6	Mikropori	Menghasilkan persentase produk gas yang lebih besar daripada minyak.	Hasil ini disebabkan karena sifat asam yang kuat dan struktur saluran pori intrakristalin yang lebih besar. Pori-pori yang kecil dapat mengarahkan ke hidrokarbon rendah berupa gas.
Mordenite	48,4 – 78,6	Mesopori	Menghasilkan fraksi C11-C13 parafin yang jauh lebih besar dan jumlah kokas yang lebih banyak	Hasil ini disebabkan karena ukuran pori yang relative besar sehingga pori katalis akan memproduksi ke arah hidrokarbon berat dan sejumlah kokas yang lebih banyak.
REY	7,8	Mikropori	Menghasilkan banyak minyak dengan angka	Hasil ini disebabkan karena stabilitas, keasaman yang

			oktan tinggi serta menjadi yang terbaik dalam hal konversi menjadi minyak	memadai, dan pori-pori yang relative besar di mana molekul minyak dapat menembus.
Zeolit-Y	7,4	Mikropori	Menghasilkan banyak fraksi C3-C15	Mayoritas produk adalah isoparafin, yang menunjukkan angka oktan tinggi, menunjukkan bahan bakar berkualitas tinggi sebagai produk dari proses degradasi katalitik.
Silika mesopori (FSM)	27	Mesopori	FSM tidak hanya mempercepat laju degradasi polimer tetapi juga mendegradasi senyawa lilin yang lebih berat menjadi hidrokarbon cair yang lebih ringan .	Hasil ini disebabkan karena pori-pori yang relative besar.
Aluminosilikat mesopore	30,5	Mesopori	Menghasilkan banyak minyak dan gas lebih kecil	Hasil ini disebabkan karena dimensi pori yang besar.
FCC	7,4	Mikropori	Memproduksi cairan hidrokarbon ringan dengan	Hasil ini disebabkan karena ukuran pori yang kecil sehingga

			nomor karbon C6 - C15.	katalis akan memproduksi ke arah hidrokarbon ringan.
--	--	--	---------------------------	---

2.5 Mekanisme Pirolisis Katalitik

Mekanisme perengkahan katalitik sangat bervariasi yang dicirikan dengan reaksinya yang berbeda oleh setiap jenis katalis yang digunakan (Oyeleke dkk., 2021)(Lopez-Uribe dkk., 2012). Reaksi penguraian ini sangat bergantung pada situs asam Bronsted dan Lewis pada keasaman katalis. Perengkahan dibagi menjadi dua yaitu perengkahan primer dan sekunder. Pada perengkahan primer, diawali dengan degradasi molekul hidrokarbon fraksi berat pada permukaan luar katalis hingga membentuk molekul hidrokarbon yang ukurannya lebih kecil daripada pori-pori katalis. Molekul hidrokarbon ini akan bereaksi kembali pada struktur pori internal katalis untuk melanjutkan proses perengkahan menjadi molekul hidrokarbon fraksi ringan yang mendukung produksi gas dan minyak sesuai dengan ukuran pori katalis yang digunakan. (Oyeleke dkk., 2021)(Fermoso dkk., 2016)(Miandad dkk., 2016).

2.6 Spent Cat FCC

Katalis *Fluid Catalytic Cracking* (FCC) adalah teknologi penting dalam industri pemrosesan minyak untuk meningkatkan produksi olefin ringan, seperti etilena dan propilena, dari minyak bumi berat (Vogt & Weckhuysen, 2015). FCC menggunakan katalis berbasis zeolit yang memiliki struktur mikro dengan luas permukaan besar untuk mengonversi hidrokarbon berat menjadi fraksi yang lebih ringan melalui reaksi perengkahan (*cracking*) pada suhu tinggi (Gholami dkk., 2021). Katalis FCC merupakan kombinasi dari kristal zeolit dan matriks asam non-zeolit yang dikenal sebagai silika-alumina dengan binder (Degnan, 2000).

Katalis FCC yang digunakan dalam pirolisis biasanya berjenis *Spent Cat FCC*, *Spent Catalyst FCC* merupakan katalis yang dipergunakan dalam proses *cracking* dari industri petroleum yang diklasifikasikan sudah jenuh dan tidak dapat dipergunakan kembali untuk proses produksi (Handoko, t.t.). Dari penelitian yang dilakukan oleh (E. T. Aisien dkk., 2021) didapatkan hasil pirolisis yang

menggunakan *spent cat FCC* bahwa pengaruh katalis tersebut pada pirolisis dapat mengurangi waktu tinggal atau waktu proses pirolisis dan dapat mengurangi dari pendapatan residu (*Char*).

Dalam hasil penelitian yang serupa (E. T. Aisien dkk., 2021) menunjukkan pula hasil dari minyak pirolisis yang menggunakan katalis *spent cat FCC* jika dibandingkan dengan minyak komersial seperti bensin, minyak tanah, dan diesel hasil pengujian sifat fisik seperti densitas, viscositas lebih mendekati ke produk minyak tanah komersial dan untuk pengujian kimianya menggunakan GC-MS minyak pirolisis yang dihasilkan menunjukkan pada kisaran fraksi gasoline dan diesel, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa minyak cair pirolisis yang menggunakan *Spent Cat FCC* merupakan campuran kompleks hidrokarbon dengan atom mulai dari C₄ hingga C₁₇.