

PENGARUH JUMLAH ZEOLIT DAN TEMPERATUR TERHADAP RENDEMEN BAHAN BAKAR CAIR MENGGUNAKAN LIMBAH PLASTIK DI UNIT *THERMAL CATALYTIC CRACKING REACTOR*

**Tahdid¹⁾, Agus Manggala¹⁾, Yulianto Wasiran¹⁾, Ilza nurryma^{1*)},
Patra Satya Ramadhani¹⁾, Alhadi Azan Kobar¹⁾**

¹⁾Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya,
Jl.Srijaya Negara, Palembang 30139, Indonesia

^{*)}Corresponding email: ilzanurryma@gmail.com

Abstrak

Di Indonesia jenis limbah plastik yang paling banyak ditemukan, sehingga muncul inovasi energi terbarukan agar mengurangi limbah plastik. Proses pirolisis dilakukan dengan memanfaatkan limbah plastik jenis LDPE, PP dan PET dengan menambahkan katalis zeolit sebagai bahan dasar pembuatan bahan bakar cair. Metode penelitian yang digunakan adalah *Thermal Catalytic Cracking* yang didefinisikan sebagai proses perengkahan atau pemecahan rantai hidrokarbon Panjang menjadi rantai hidrokarbon pendek dengan bantuan katalis atau panas. Penelitian bertujuan untuk meningkatkan kualitas rendemen dan konversi bahan bakar hasil pirolisis limbah plastik dengan menggunakan katalis Zeolit. Dari hasil penelitian ini penggunaan jumlah zeolit 1:15 menghasilkan %Rendemen tertinggi menggunakan bahan baku LDPE yaitu 87,56%. Serta didapatkan kondisi optimal yaitu penggunaan dengan rasio zeolit 1:15 sebanyak 0,52 kg. Setelah dilakukan analisa produk yang dihasilkan pada proses pirolisis ini masuk kedalam spesifikasi solar dan bensin.

Kata Kunci : Bahan Bakar Cair, Limbah plastik, Pirolisis, Zeolit, Temperatur .

PENDAHULUAN

Masyarakat menjadikan bahan bakar minyak sebagai kebutuhan, akan tetapi semakin hari bahan bakar minyak yang berasal dari fosil semakin menipis akibat terjadinya ketidakseimbangan. Apabila digunakan secara terus-menerus tanpa ditemukan cadangan minyak baru, diperkirakan cadangan minyak ini hanya akan bertahan dalam dua dekade mendatang (Arifin, 2021). Sehingga menyebabkan krisis energi dan memerlukan energi terbarukan yang dapat mengurangi ketergantungan pada konsumsi bahan bakar minyak. Pemerintah Indonesia telah melakukan berbagai upaya penghematan energi dan pengembangan energi alternatif, Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan dasar untuk dikonversi menjadi bahan bakar minyak dapat menjadi salah satu solusi sebagai pengganti bahan bakar minyak.

Salah satu bahan baku yang digunakan untuk pembuatan plastik adalah hasil distilasi minyak bumi, sehingga dinilai mudah digunakan untuk digunakan kembali sebagai bahan dasar pembuatan minyak (Surono, 2013). Berdasarkan sistem informasi pengelolaan limbah plastik pada tahun 2021, Limbah plastik berkontribusi mencapai 15% terhadap total produksi sampah nasional dan mengalami pertumbuhan sebesar 14,7% per tahunnya, sehingga membuat limbah plastik mendapatkan peringkat kedua sebagai kontributor terbesar pada sampah nasional setelah sampah organik (Kholidah dkk, 2018).

Limbah plastik dapat dikonversi menjadi bahan bakar cair melalui proses pirolisis, dimana minyak yang didapatkan dari proses pirolisis limbah plastik akan diproses lagi sehingga dapat diklasifikasikan sesuai dengan karakteristiknya dan selanjutnya dapat digunakan. Proses pirolisis merupakan proses dekomposisi pada suatu bahan menggunakan temperatur tinggi yang berlangsung tanpa adanya udara.

Pada penelitian sebelumnya didapatkan dalam mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar cair menggunakan variasi bahan baku dan katalis yang berbeda didapatkan rendemen yang rendah, dengan kondisi operasi temperature yang digunakan masih tinggi. Pada tahun 2017, S.L Wong dkk, melakukan penelitian proses pirolisis menggunakan limbah plastik jenis LDPE yaitu kantong plastik, dengan temperatur operasi 400-600°C menggunakan zeolit ZSM-5. Didapatkan hasil bahan bakar cair yaitu sebesar 76%. Pada tahun 2019, Sumartono melakukan penelitian untuk memproduksi bahan bakar minyak dari limbah plastik jenis PET, kemudian didapatkan selama 3 jam proses dengan bahan baku limbah plastik PET sebanyak 1 kg pada temperatur 228 °C menghasilkan bahan bakar cair sebanyak 200 ml. Pada tahun 2016 Ekky, W, melakukan percobaan penelitian mengolah Limbah Plastik Polipropilena (PP) menjadi Bahan Bakar Minyak menggunakan Katalis Sintetis pada suhu 350 °C didapatkan % Rendemen 46,34%.

Dilihat dari berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, hasil bahan bakar cair yang didapatkan belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah katalis yang digunakan terhadap rendemen bahan bakar cair yang dihasilkan menggunakan temperatur yang tidak terlalu tinggi, sehingga didapatkan kondisi optimal.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Energi Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, dengan melakukan pengambilan data secara langsung pada unit *Thermal Catalytic Cracking Reactor* dan didukung dengan pengumpulan data berdasarkan tinjauan pustaka yang relevan. Data penelitian yang didapatkan akan dilampirkan dalam bentuk tabel. Penelitian ini menggunakan variasi bahan baku menggunakan Limbah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP) dan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan jumlah katalis yang sama.

A. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku berasal dari hasil limbah plastik rumah tangga. Dimulai dengan melakukan persiapan bahan baku plastik yaitu membersihkan kotoran menggunakan air bersih dan dilakukan proses pengeringan dengan cara dijemur selama 1 jam.

B. Persiapan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah tempurung kelapa, kemudian dilakukan persiapan dengan cara menjemur tempurung kelapa sehingga memudahkan proses pembakaran.

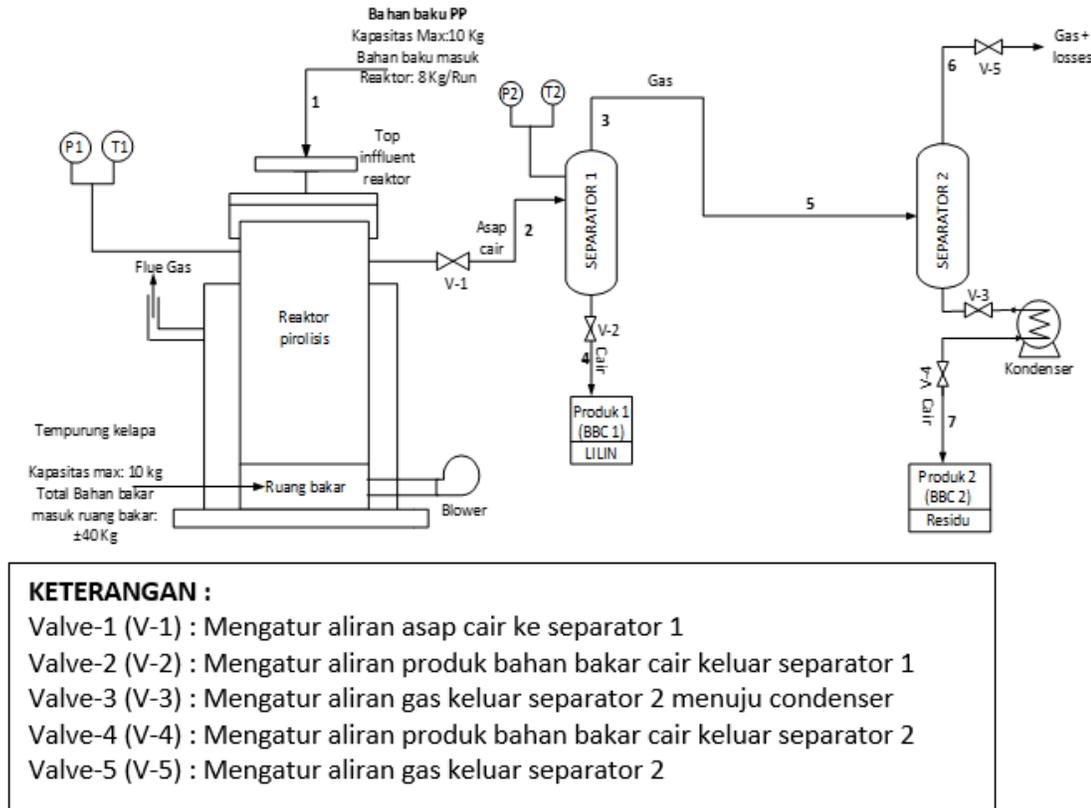
C. Aktivasi Katalis

Dilakukan proses aktivasi untuk Katalis zeolit alam yang akan digunakan, masih berbentuk modernit dicuci menggunakan aquadest untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada zeolit. Kemudian zeolit direndam menggunakan HCl 10% selama 12 jam, lalu disaring dan dicuci lagi menggunakan aquadest dan dipanaskan didalam oven pada temperatur 130°C

D. Proses *Thermal Catalytic Cracking* Limbah Plastik

Katalis zeolit alam bersama dengan bahan baku dimasukkan kedalam tabung reaktor sebanyak 8 kg dan memasukkan bahan bakar berupa tempurung kelapa kedalam ruang bakar sebanyak 5 kg untuk menghidupkan api pada ruang bakar, sehingga terjadi pemanasan pada reaktor untuk mengkonversikan limbah plastik menjadi bahan bakar cair. Setelah mencapai temperatur 70°C bahan bakar dimasukkan secara bertahap sebanyak 3 kg/15menit untuk meningkatkan dan menjaga

kestabilan api. Bahan baku limbah plastik dipanaskan pada reaktor menggunakan variasi temperatur.



Gambar 1. Diagram Alir Unit *Thermal Catalytic Cracking Reactor*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan melihat pengaruh jumlah zeolit dan temperatur yang digunakan pada proses pirolisis terhadap rendemen produk yang dihasilkan, Proses pirolisis dilakukan dengan menambahkan katalis zeolit alam berdasarkan variable rasio berat bahan baku yang digunakan yaitu 0, 1:25 (0,32 kg), 1:20 (0,40 kg), 1:15 (0,52 kg) dan 1:10 (0,80kg) menggunakan alat unit *Thermal Catalytic Cracking Reactor* pada range temperatur 120°C-300 °C. Temperatur operasi yang digunakan diatas titik leleh plastik , dimana temperatur titik leleh untuk LDPE adalah 115°C (Krisnanda, 2017), temperatur leleh plastik jenis PP adalah 200 °C dan temperatur titik leleh PET adalah 250°C (Irmayanti,2018). Akan terjadi perubahan warna pada minyak yang dihasilkan dikarenakan adanya pemanasan dengan temperature tinggi dan pada tekanan yang rendah, sehingga dapat menghasilkan minyak yang berbau terbakar dan bewarna keruh (Sumarni dkk,2008).

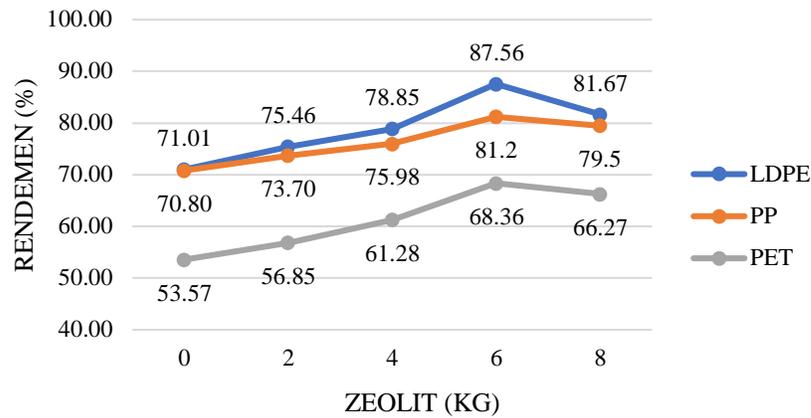
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terjadi penurunan %Rendemen pada temperatur tertinggi masing-masing bahan baku yang dapat dilihat pada tabel 1, hal ini dikarenakan temperatur tinggi dan jumlah katalis yang digunakan akan menghasilkan gas yang lebih banyak dibandingkan cairan, dikarenakan fraksi minyak akan terkonversi menjadi rantai karbon yang lebih pendek (Seo dkk,2018). Peningkatan temperatur

akan menyebabkan pemutusan ikatan rantai karbon sehingga %Rendemen yang dihasilkan akan meningkat (Housmand dkk,2013).

Tabel 1. Hasil Rendemen Bahan Bakar Cair dari Limbah Plastik

No	Zeolit		LDPE		PP		PET	
	Rasio	Kg	Temperatur (°C)	Rendemen (%)	Temperatur (°C)	Rendemen (%)	Temperatur (°C)	Rendemen (%)
1	0	0	120	12,24	190	11,97	220	7,32
			130	13,35	200	12,74	240	8,98
			140	14,79	210	14,48	260	11,09
			150	15,33	220	16,42	280	12,71
			160	15,30	230	15,19	300	13,49
Total				71,01		70,80		53,57
2	1:25	0,33	120	12,92	190	12,58	220	7,92
			130	14,17	200	13,41	240	9,81
			140	15,52	210	14,96	260	11,76
			150	16,42	220	16,96	280	13,32
			160	16,43	230	15,79	300	14,05
Total				75,46		73,70		56,85
3	1:20	0,40	120	13,60	190	13,01	220	8,79
			130	15,08	200	13,76	240	10,52
			140	16,24	210	15,34	260	12,39
			150	16,91	220	17,42	280	14,45
			160	17,02	230	16,45	300	15,13
Total				78,85		75,98		61,28
4	1:15	0,52	120	15,56	190	14,33	220	10,45
			130	17,04	200	15,09	240	12,05
			140	17,81	210	16,06	260	13,98
			150	19,01	220	18,01	280	15,66
			160	18,13	230	17,17	300	16,22
Total				87,56		81,20		68,36
5	1:10	0,80	120	14,52	190	13,54	220	10,08
			130	15,77	200	14,32	240	11,62
			140	16,69	210	16,02	260	13,40
			150	17,27	220	18,31	280	15,24
			160	17,41	230	17,31	300	15,94
Total				81,67		79,50		66,27

Dapat dilihat pada tabel 1, didapatkan %Rendemen tertinggi yaitu pada bahan baku LDPE sedangkan %Rendemen terendah yaitu menggunakan bahan baku PET. Hal ini disebabkan bahan baku LDPE diproduksi melalui polimerisasi radikal bebas dan memiliki rantai Panjang berbagai bentuk polyethylene sehingga memiliki kerapatan yang lebih rendah dibandingkan plastik yang lain.



Gambar 2. Pengaruh Jumlah Zeolit Terhadap Rendemen Bahan Bakar Cair Yang Didapatkan

Hasil minyak dari proses pirolisis menggunakan variasi jenis bahan baku plastik dapat dilihat pada Gambar 1, didapatkan total rendemen tertinggi pada masing-masing bahan baku yaitu dengan kondisi penggunaan zeolit sebanyak 0,52 kg, sedangkan rendemen terendah didapatkan tanpa menggunakan zeolit, hal ini disebabkan karena penambahan massa katalis akan mempengaruhi distribusi rantai karbon. Zeolit yang berfungsi sebagai katalis dapat meningkatkan perengkahan pada proses pirolisis sehingga menghasilkan produk yang lebih banyak (Irmayanti, 2018).

Setelah dilakukan penelitian, didapatkan kondisi penggunaan rasio Zeolit yang paling optimal yaitu 1:15 sebanyak 0,52 kg pada setiap bahan baku yang digunakan, hal ini dikarenakan Penambahan jumlah katalis akan mempengaruhi pergeseran rantai karbon panjang yang menjadi lebih ringan (Scheirs dkk, 2016). Dilakukan Analisa bahan bakar cair untuk mengetahui kualitas dari produk, dimana hasil Analisa karakteristik bahan bakar cair dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisa Bahan Bakar Cair

Parameter Uji	Bahan Baku		
	LDPE	PP	PET
Densitas (Kg/l)	0,7718	0,7769	0,8201
Nilai Kalor (Cal/gr)	11.114	11.109	10.990
Titik Nyala (°C)	18	32	21
Viskositas (mm ² /s)	0,651	0,665	2,14

Hasil bahan bakar cair menggunakan bahan baku LDPE, PP dan PET pada proses pirolisis yang dapat dilihat pada tabel 2. Jika dilakukan standarisasi berdasarkan tabel 3, bahan baku LDPE dan PP masuk kedalam spesifikasi bahan bakar cair jenis Bensin, sedangkan untuk bahan baku PET masuk kedalam spesifikasi bahan bakar cair jenis Solar. Hal ini dikarenakan nilai yang didapatkan pada masing-masing bahan baku yang digunakan sudah standarisasi yang telah ditentukan.

Tabel 3. Standarisasi Bahan Bakar Cair

Karakteristik	Bensin	Solar
Densitas (Kg/l)	0,71-0,77	0,81-0,84
Nilai Kalor (Cal/gr)	11.000-11.500	10.755-10.900
Titik Nyala (°C)	23-43	52
Viskositas (mm ² /s)	0,625-0,7	2,0-3,2

(Sumber: *Petroleum Refinery Technology and Economics*, 2007)

KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian yang dilakukan, didapatkan kesimpulan yaitu, Kondisi optimal penggunaan jumlah zeolit yaitu pada rasio 1:15 sebanyak 0,52 kg sangat mempengaruhi %rendemen karena telah menghasilkan bahan bakar cair paling banyak dengan kualitas terbaik. Lalu, bahan bakar cair yang dihasilkan menggunakan bahan baku LDPE dan PP masuk kedalam spesifikasi jenis bensin. Sedangkan bahan bakar cair yang menggunakan bahan baku PET masuk kedalam spesifikasi solar. Terakhir, pada proses pirolisis, didapatkan total %Rendemen tertinggi yaitu menggunakan bahan baku LDPE sebesar 87,56% dan total %rendemen terendah yaitu menggunakan bahan baku PET sebesar 53,57%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin Tasrif, 2022. *Cadangan minyak indonesia tersedia 9,5 tahun dan cadangan gas 19,9 tahun*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Ekky, W., Zultiniar., dan Edy S. (2016). Pengolahan Limbah plastik Polipropilena (PP) Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis Sintetis. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* Vol.11, No.1, Hal. 17-23, Juni 2016. ISSN 1412-5064, e-ISSN 2356-1661.
- Fatimura, 2020. Evaluasi Kinerja Reaktor Pirolisis Non Katalis Dalam Mengkonversikan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak.
- Housmand, D., Roozbehani., dan Badakhshan, A. 2013. *Thermal and Catalytic Degradation Of Polystyrene with a Novel Catalyst*. *Journal Emerging Technologies*, 5(1), 234-238. Abandan, Iran.
- Irmayanti, 2018. *Kajian Potensi Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair*. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Kholidah et al., 2018. *Polystyrene Plastic Waste Conversion into Liquid Fuel with Catalytic Cracking Process Using Al₂O₃ as Catalyst*. *Science & Technology Indonesia*, 3, 1- 6
- Krisnanda, 2017. *Analisis Potensi Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Bahan Bakar Alternatif dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Sanitasi Lingkungan: Studi Kasus Tempat Pembuangan Sementara (TPS) Kawasan Perumnas Monang Maning, Denpasar*. Skripsi. Universitas Udayana. Bali.
- Sumarni & Purwanti, 2008. *Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)*. AKPRIND. Yogyakarta

- Seo, YH, Lee, K.H. and Shin, D. Y. (2018) Investigation of catalytic degradation of high-density polyethylene by hydrocarbon group type analysis, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 70: 383-398
- Scheirs, J., Kaminsky, W., 2016, "*Feed-stock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels*". John Wiley and Sons.
- Sumartono, 2019. *Produksi Bahan Bakar Minyak Dari Limbah Plastik Hdpe Dan Pete 1 Kg*. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan.
- Surono, 2013s. *Berbagai Metode Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurnal Teknik, Vol.3, No. 1
- Trisunaryanti, W. (2018). *Dari Limbah plastik Menjadi Bensin Solar*. Yogyakarta: Gadjadara University.
- Wong, S. L. Ngadi N, Abdullah. T.AT, Inuwa I.M. 2017. *Conserverion of low denisty polyethylene (LDPE) over ZSM-5 Zeolit to sliquid fuel*. Fuel 192,71 82