

Investigasi Pengaruh Bahan Bakar Cair Hasil Pirolisis Jenis Plastik PET Menggunakan Katalis Zeolit Terhadap Kerja Mesin

Lucki M. Khumaini¹, Nuryosuwito², Fatkur Rhozman³

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ^{*1}lukhialexander@gmail.com, ²suwito.unp@gmail.com, ³fatkurrohman@unpkediri.ac.id

Abstrak – PET (PolyEthylene Terephthalate) memiliki titik cair atau lebur yang sangat tinggi. Botol air mineral, botol minuman bersoda, botol sampo, botol air kumur dan botol selai roti merupakan beberapa contoh jenis dan tipe plastik berjenis PET. Plastik PET memiliki titik leleh pada suhu 250°C – 260°C dan terdekomposisi pada suhu 480°C. Plastik PET dapat terdekomposisi menjadi fase gas, cair, dan padat. Katalis mempercepat reaksi kimia namun tetap tidak berubah menjelang akhir proses. natrium karbonat, natrium bikarbonat, natrium sulfat dan kalium sulfat digunakan sebagai katalis dalam reaksi glikolisis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimental (Experimental Research) dengan variabel bebasnya adalah konsumsi bahan bakar terhadap kerja mesin. Metode ini dilaksanakan dengan pengujian untuk mengetahui seberapa besar perbandingan konsumsi bahan bakar PET dengan PET & katalis zeolit Penelitian ini diharapkan dapat memperoleh hasil bahan bakar baru yang lebih baik.

Kata Kunci: PET, Katalis Zeolit, Konsumsi Bahan Bakar

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan sampah yang paling banyak dibuang oleh manusia karena banyak orang yang menggunakan plastik untuk keperluannya sehari-hari entah itu perorangan, toko, maupun perusahaan besar. Pembuangan sampah-sampah plastik ke dalam air dan tanah juga marak terjadi, hal tersebut semakin memicu kerusakan alam. Mengapa demikian? Karena sampah plastik terbuat dari bahan anorganik. Bahan-bahan anorganik tersebut sangat sulit dan tidak mungkin diuraikan oleh bakteri pengurai. Apabila ditimbun di dalam tanah untuk menguraikannya butuh waktu berjuta-juta tahun. Dan apabila dibakar hanya akan menjadi gumpalan dan butuh waktu lama untuk menguraikannya.

Kebutuhan masyarakat akan bahan bakar minyak (BBM) yang berasal dari fosil semakin hari semakin meningkat, menyebabkan semakin menipisnya cadangan minyak dan gas bumi. cadangan minyak dunia pada akhir tahun 2014 adalah sebesar 1700,1 miliar barel, sedangkan di Indonesia hanya memiliki cadangan minyak terbukti sebesar 3,7 miliar barel dan jumlah tersebut hanya 0,2% dari jumlah cadangan minyak di dunia. Jumlah produksi minyak sebesar 852 ribu barel/hari dengan konsumsi 1,641 juta barel/hari. Dari data di atas, dapat dilihat bahwa terdapat ketimpangan antara produksi dan konsumsi [1].

Plastik merupakan bahan polimer kimia yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Polietilena (PE) adalah Salah satu jenis plastik yang paling banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari. PET merupakan salah satu jenis plastik

sintetik yang bersifat non-bio degradable atau tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga menyebabkan masalah lingkungan. Limbah plastik biasanya ditangani dengan penimbunan dan pembakaran. Akibatnya plastik yang tertimbun dalam tanah akan mempengaruhi kualitas air tanah serta dapat memusnahkan kandungan humus yang menyebabkan tanah menjadi tidak subur. Plastik yang dibakar akan menghasilkan gas CO₂ yang dapat meningkatkan pemanasan global.

PET (PolyEthylene Terephthalate) memiliki titik cair atau lebur yang sangat tinggi, Karakteristiknya adalah jernih transparan tembus pandang seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya. Jenis PET/PETE ini direkomendasikan hanya sekali pakai. Biasanya pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya dan tulisan PETE atau PET (polyethylene terephthalate) di bawah segitiga [2].



Gambar 1. Logo dan contoh jenis plastik PET

Plastik PET memiliki titik leleh pada suhu 250°C – 260°C dan terdekomposisi pada suhu 480°C. Plastik PET dapat terdekomposisi menjadi fase gas, cair, dan padat. Densitas PET yaitu 0,9 g/cm³. Pada pirolisis suhu 600°C dengan bahan PET didominasi gas dengan kandungan CO₂,

benzene, *vinyl benzoate*, *benzoic acid*, dan *divinyl terephthalate*.

Plastik PET pada temperatur rendah didominasi oleh TPA (*Terephthalic Acid*), pada kondisi temperatur tinggi TPA akan terdekomposisi menjadi *benzene*, CO₂, dan *benzoic acid*. TPA merupakan molekul yang terdiri dari *benzene* (CH) dan gugus *karboksilat* (COOH). Oleh karena itu, kandungan gas PET terdiri dari zat tersebut Berdasarkan penelitian tersebut, TPA yang terkandung dari PET bersifat menyublim, artinya molekul TPA secara cepat akan membentuk gas CO₂, CO, dan CH₄ [3].

Katalis adalah suatu zat yang dapat meningkatkan laju reaksi dan setelah reaksi selesai, terbentuk kembali dalam kondisi tetap. Katalis ikut terlibat dalam reaksi memberikan mekanisme baru dengan energi pengaktifan yang lebih mudah dibandingkan reaksi tanpa katalis. Teknologi *catalitic cracking* merupakan teknologi potensial yang dapat dikomesialisasikan karena saat ini pengolahan plastik banyak dilakukan dengan *landfill* dan insenerasi yang banyak menimbulkan permasalahan lingkungan [4].



Gambar 2. Serbuk katalis zeolit

Zeolit merupakan kristal alumina silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah berbentuk kerangka tiga dimensi, bersifat asam dan mempunyai pori yang berukuran molekul. Rumus molekul empiris zeolit adalah $M_2n (Al_2O_3 \cdot ySiO_2) \cdot wH_2O$ dimana M = kation alkali tanah atau alkali, n = valensi logam alkali dan x,y = bilangan tertentu. Zeolit terdiri dari 3 komponen yaitu kation yang dapat dipertukarkan, kerangka alumina silikat dan kandungan air. Kandungan air berubah-ubah tergantung dari sifat kation-kation yang ditukar dan kondisi kristalisasi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan teknik eksperimen yang merupakan suatu penelitian untuk mengetahui apakah ada perubahan atau tidak pada suatu keadaan yang dikontrol secara ketat maka kita memerlukan perlakuan (*treatment*) pada kondisi tersebut sehingga penelitian eksperimen dapat dikatakan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali [5]. Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau

kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan ditarik kesimpulannya [6]. Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebas adalah jenis bahan bakar cair PET murni & PET + katalis zeolit sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah konsumsi bahan bakar pada motor bakar.

2.1 Alat yang digunakan

1) *Engine Test Bed*

Digunakan untuk mengetahui parameter - parameter yang menunjukkan karakteristik motor bakar.



Gambar 3. *Engine test bed*

2) *Stopwatch*

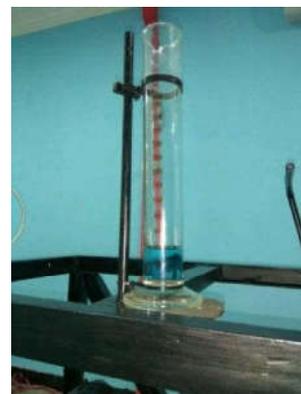
Digunakan untuk mengetahui waktu konsumsi bahan bakar (s).



Gambar 4. *Stopwatch*

3) *Flowmeter* Bahan Bakar

Digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar (ml).



Gambar 5. *Flowmeter* bahan bakar

- 4) *Gas Analyzer*
Digunakan untuk mengukur dan menganalisa gas buang (%).



Gambar 6. *Gas analyzer*

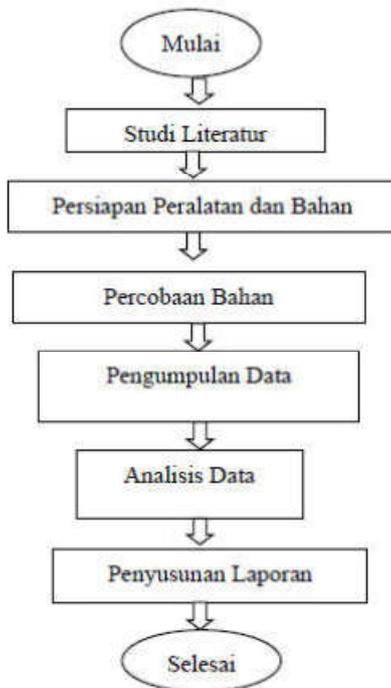
2.2 Proses Kerja

Adapun proses kerja dalam penelitian ini yaitu dengan:

- 1) Mengumpulkan bahan bakar cair dengan cara proses pirolisis plastik PET murni & plastik PET+katalis zeolit
- 2) Menguji bahan bakar tersebut pada *engine test bed*
- 3) Menentukan parameter yang akan diujikan yaitu: dengan RPM 2000, konsumsi BBM, mengukur dan menganalisa gas buang.

2.3 Alur Penelitian

Alur dalam penelitian ini dapat dilihat dari diagram alir berikut:



Gambar 7. Diagram alir penelitian

Keterangan:

- 1) Studi literatur dari jurnal, ebook maupun buku.
- 2) persiapan peralatan dan bahan bakar cair plastik PET murni dan PET+katalis zeolit untuk melakukan pengujian di motor bakar.
- 3) Melakukan pengujian pada *engine test bed* dengan spesifikasi motor bakar karisma 125cc.
- 4) pengumpulan data hasil uji motor bakar dengan parameter konsumsi bahan bakar & emisi gas buang CO₂.
- 5) analisa data menggunakan spss dengan prosedur uji normalitas, uji homogenitas dan uji T-test.
- 6) Penyusunan laporan pengujian dari analisa data.

Teknik analisis data yang digunakan adalah uji normalitas, uji homogenitas dan uji T (t-test). Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui normalitas distribusi data. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui data termasuk homogen atau tidak homogen. Uji T (t-test) digunakan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen [7].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian berdasarkan percobaan sebanyak 15 kali dengan jenis bahan bakar plastik PET murni dan PET+katalis zeolit dengan kecepatan Rpm 2000 dan waktu selama 2 menit, maka di peroleh hasil sebanyak 15 kali pengujian yang selanjutnya akan di peroleh nilai rata-rata konsumsi bahan bakar plastik PET+katalis zeolit dan Plastik PET murni.

3.1 Data hasil pengujian konsumsi bahan bakar

- 1) Data Mentah

Tabel 1. Perbandingan konsumsi bahan bakar hasil pengambilan data pengujian di motor bakar

no	jenis bahan bakar	replikasi	konsumsi bahan bakar (ml)
1	PET MURNI	1	7
		2	9
		3	9
		4	10
		5	8
		6	10
		7	9
		8	8
		9	7
		10	8
		11	9
		12	10
		13	9
		14	11
		15	10

2	PET+KATALIS ZEOLIT	1	9
		2	8
		3	10
		4	7
		5	6
		6	9
		7	7
		8	6
		9	7
		10	9
		11	10
		12	7
		13	8
		14	10
		15	8

Dalam prosedur analisa data dilakukan uji normalitas, uji homogenitas dan uji T (t-test). Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui normalitas distribusi data. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui data termasuk homogen atau tidak homogen. Uji T (t-test) digunakan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen.

2) Uji normalitas PET murni

Tabel 2. Hasil analisis spss normalitas PET murni

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		PET murni
N		15
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	8.9333
	Std. Deviation	1.16292
Most Extreme Differences	Absolute	.190
	Positive	.144
	Negative	-.190
Test Statistic		.190
Asymp. Sig. (2-tailed)		.153 ^c

Dari data tersebut, diperoleh rata-rata konsumsi BBM yang diperoleh dengan menggunakan PET murni adalah 8,9333 dengan standart deviasinya adalah 1,16292. Selanjutnya untuk melihat normal atau tidaknya suatu data, maka digunakan *P-Value {Asymp. Sig. (2-tailed)}* dengan nilai 0,153 > 0,05. Dikarenakan nilai *P-Value* lebih dari 0,05 maka data tersebut berdistribusi normal.

3) Uji normalitas PET + Katalis

Tabel 3. Hasil analisis spss normalitas PET+ katalis zeolit

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		PET+katalis zeolit
N		15
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	8.0667
	Std. Deviation	1.38701
Most Extreme Differences	Absolute	.179
	Positive	.179
	Negative	-.149
Test Statistic		.179
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}
a. Test distribution is Normal.		
b. Calculated from data.		
c. Lilliefors Significance Correction.		
d. This is a lower bound of the true significance.		

Dari data tersebut, diperoleh rata-rata konsumsi BBM yang diperoleh dengan menggunakan PET+katalis zeolit adalah 8,0667 dengan standart deviasinya adalah 1,38701. Selanjutnya untuk melihat normal atau tidaknya suatu data, maka digunakan *P-Value {Asymp. Sig. (2-tailed)}* dengan nilai 0,200 > 0,05. Dikarenakan nilai *P-Value* lebih dari 0,05 maka data tersebut **berdistribusi norm**

4) Uji Homogenitas Data

Tabel 4. Hasil analisis spss homogenitas dan uji T-Test perbandingan konsumsi BBM PET murni & PET+katalis zeolit

Independent Samples Test										
Data		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Equal variances assumed		.083	.776	1.245	28	.223	.53333	.42836	-.34412	1.41079
	Equal variances not assumed			1.245	27.992	.223	.53333	.42836	-.34413	1.41080

Berdasarkan data diatas, diketahui nilai *Sig. Levene's Test for Equality of Variances* adalah $0,776 > 0,05$ maka dapat diartikan bahwa variansi data antara PET murni dan PET+ katalis zeolit adalah homogen.

5) Uji - T

Dari hasil pengolahan data sebelumnya yang menunjukkan bahwa data homogeny, maka penafsiran tabel *output Independent Samples Test* tersebut mengacu pada nilai yang terdapat pada tabel *equal variances assumed*. Pada bagian *equal variances assumed* diketahui nilai *Sig. (2-tailed)* adalah sebesar 0,223. Sehingga nilai P-Value adalah $= \frac{0,223}{2} = 0,111 > 0,05$. Dari hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada proses konsumsi bahan bakar antara PET murni dan PET+ katalis zeolit.

3.2 Data hasil pengujian kadar CO2 dalam gas buang

1) Data mentah

Tabel 5. Perbandingan CO2 bahan bakar hasil pengambilan data pengujian di motor bakar

no	jenis bahan bakar	replikasi	CO ²
1	PET MURNI	1	2,5
		2	2,75
		3	2,8
		4	2,9
		5	3,35
		6	3
		7	3
		8	3,69
		9	3,89
		10	4
2	PET+KATALIS ZEOLIT	1	2
		2	2,35
		3	2,4
		4	2,6
		5	2,9
		6	2,55
		7	2,4
		8	3,33
		9	3,5
		10	3,7

Dalam prosedur analisa data dilakukan uji normalitas, uji homogenitas dan uji T (t-test). Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui normalitas distribusi data. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui data termasuk homogen atau tidak homoogen. Uji T (t-test) digunakan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen.

2) Uji Normalitas CO2 PET murni & PET+katalis zeolit

Tabel 6. Hasil analisis spss normalitas CO2 PET murni & PET+katalis zeolit

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
		CO2 PET	CO2 PET+katalis
N		10	10
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	3.18800	2.77300
	Std. Deviation	.516372	.562594
	Most Extreme Differences		
	Absolute	.242	.221
	Positive	.242	.221
	Negative	-.135	-.139
Test Statistic		.242	.221
Asymp. Sig. (2-tailed)		.100 ^c	.183 ^c
a. Test distribution is Normal.			
b. Calculated from data.			
c. Lilliefors Significance Correction.			

Dari data tersebut, diperoleh rata-rata CO2 yang dihasilkan dari bahan bakar cair PET murni adalah 3,188 dengan standart deviasinya adalah 0,516372 dan rata-rata CO2 yang dihasilkan dari bahan bakar cair PET+katalis zeolit adalah 2,773 dengan standart deviasinya adalah 0,562594. Selanjutnya untuk melihat normal atau tidaknya suatu data, maka digunakan *P-Value {Asymp. Sig. (2-tailed)}* dengan nilai $0,183 > 0,05$. Dikarenakan nilai *P-Value* lebih dari 0,05 maka data dari CO2 kedua bahan bakar cair tersebut **berdistribusi normal**.

3) Uji Homogenitas data

Tabel 7. Hasil Analisis SPSS Homogenitas dan uji T-Test dari CO2 PET murni & PET+katalis zeolit

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
CO2	Equal variances assumed	.079	.782	1.719	18	.103	.415000	.241485	-.092342	.922342
	Equal variances not assumed			1.719	17.869	.103	.415000	.241485	-.092608	.922608

Berdasarkan data diatas, diketahui nilai *Sig. Levene's Test for Equality of Variances* adalah $0,782 > 0,05$ maka dapat diartikan bahwa varians data antara CO2 PET murni dan CO2 PET+ katalis zeolit adalah homogen.

4) Uji - T

Dari hasil pengolahan data sebelumnya yang menunjukkan bahwa data homogeny, maka penafsiran tabel *output Independent Samples Test* tersebut mengacu pada nilai yang terdapat pada tabel *equal variances assumed*. Pada bagian *equal variances assumed* diketahui nilai *Sig. (2-tailed)* adalah sebesar 0,103. Sehingga nilai P-Value adalah $= \frac{0,103}{2} = 0,5515 > 0,05$. Dari hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada proses kadar CO2 pada gas buang antara PET murni dan PET+ katalis zeolit.

4. SIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Penambahan katalis zeolit dapat mempercepat proses laju reaksi proses pirolisis.
- 2) Hasil bahan bakar cair dari proses pirolisis plastik PET murni dengan PET+katalis zeolit tidak ada perbedaan yang signifikan dalam uji motor bakar.
- 3) tidak ada perbedaan yang signifikan pada proses konsumsi bahan bakar antara PET murni dan PET+ katalis zeolite
- 4) tidak ada perbedaan yang signifikan pada proses kadar CO2 pada gas buang antara PET murni dan PET+ katalis zeolit.
- 5) Proses pirolisis dapat menggunakan katalis zeolit maupun tidak menggunakan katalis.

5. SARAN

Dalam penelitian ini, diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi penggunaan katalis zeolit dalam proses pirolisis. Serta perlunya mengevaluasi bahan bakar cair hasil pirolisis plastik PET+katalis zeolit jika digunakan pada motor bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Dudley. 2016. BP Statistical Review of World Energy About this review," *BP Stat. Rev. World Energy June 2016*, no. June, p. 10.
- [2] U. B. Surono and Ismanto, 2016. Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya," *J. Mekanika. dan Sistem. Termal Vol 1 No 1*, p 32-37
- [3] Buekens, A. 2006. *Introduction to feedstock recycling of plastics*. In: *Scheirs J, Kaminsky W, editors. Feedstock recycling and pyrolysis of waste plastics: converting waste plastics into diesel and other fuels*. John Wiley & Sons Ltd. UK
- [4] R. Ermawati, B. N. Jati, I. Rumondang, E. Oktarina, and S. Naimah, 2016 "Pengaruh Residue Catalytic Cracking (RCC) dan Zeolit terhadap Kualitas Crude Oil Hasil Pirolisis Limbah Plastik Polietilena," *J. Kim. dan Kemasan*, vol. 38, no. 1, p. 47
- [5] Arikunto, S. 2002. *prosedur penelitian suatu pendekatan praktik*. Rineka Cipta. Jakarta
- [6] Sugiyono, 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Alfabeta. Bandung
- [7] I. Ghozali. 2011. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 19*, Edisi 5, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.