

**PEMANFAATAN OLI BEKAS SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BAHAN  
BAKAR CAIR (BBC) DENGAN METODE CATALYTIC CRACKING  
MENGUNAKAN KATALIS MORDENITE**

**Ardi Wijaya (L2C0 07 011), Dhimas Wicaksono Pinto Pudji Rahardjo (L2C0 07 029)**  
Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknik, Universitas Diponegoro Jln. Prof. Sudharto, Tembalang,  
Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058  
Pembimbing : Dr. Ir. Didi Dwi Anggoro, MEng

**ABSTRAK**

*Jumlah alat transportasi di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Seiring dengan hal tersebut, maka jumlah limbah minyak pelumas bekas juga semakin meningkat sehingga diperlukan proses untuk mengolah limbah oli bekas menjadi sesuatu yang lebih berguna dengan mempertimbangkan kandungan hidrokarbon yang tinggi, yaitu menjadi bahan bakar cair dengan metode perengkahan katalitik (catalytic cracking) menggunakan katalis Mordenite. Hal ini dilakukan dengan memecah rantai karbon panjang atau berat menjadi rantai karbon yang lebih pendek atau ringan melalui proses pemanasan menggunakan furnace dengan suhu tinggi diatas 250°C, dengan meletakkan minyak pelumas dan katalis terpisah oleh glasswool. Gas yang dihasilkan didinginkan untuk memperoleh bahan bakar cair. Cairan terbanyak diperoleh dari proses perengkahan temperatur 541,4 °C, katalis 1,5gr baik untuk oli motor maupun oli mobil. Dari hasil analisa GC, produk cairan (BBC) yang dihasilkan memiliki komposisi di sekitar premium range. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa minyak pelumas bekas dapat diolah menjadi bahan bakar cair dengan bantuan katalis Mordenite.*

*Kata kunci : oli bekas, perengkahan katalitik, Mordenite, BBC.*

**ABSTRACT**

*Number of vehicles is increasing year by year. Along with that, lubrication oil waste is also increasing. Emerge an idea to process those lubrication oil waste become a beneficial product in use and price with consideration of contents in lubrication oil which is heavy hydrocarbon. Lubrication oil waste turns into liquid fuel by catalytic cracking method with Mordenite as a catalyst. This process was done by breaking heavy hydrocarbon chain into light hydrocarbon through heating using furnace with high temperature above 250°C. Lubrication oil waste put into reactor separated by glasswool so that the catalyst would not mingled with oil waste. Gas produced being condensed to gain liquid biofuel. The highest yield obtain from cracking process on temperature 541,4°C and using 1,5 gram of catalyst both for lubrication oil waste from motorcycle and car. The results from difractogram Gas Chromatography analysis shows that produced liquid fuel has similar composition with gasoline.*

*Key words : Lubrication oil waste, catalytic cracking, Mordenite, liquid fuel*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Berdasarkan Pancasila dan UUD 1945, kemudian Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 8 tahun 1999, tentang limbah dan pengolahan limbah; pemanfaatan limbah dan pengolahan limbah untuk dijadikan barang yang lebih berharga dan bermanfaat, sebagai salah satu contoh adalah pengolahan minyak pelumas bekas yang dapat diolah menjadi bahan bakar dan minyak pelumas.

Perkembangan industri dan transportasi akan membawa dampak secara langsung kepada naiknya kebutuhan pelumas dan berakibat bertambahnya stok minyak pelumas bekas. Proses daur ulang minyak pelumas bekas menjadi minyak yang lebih baik secara langsung akan menyerap kebutuhan tenaga kerja masyarakat sekitarnya.

Sesuai dengan peraturan pemerintah tentang pengolahan limbah pelumas bekas agar menggunakan teknologi yang ramah lingkungan, maka pengolahan limbah pelumas ini diusahakan semaksimal mungkin ramah lingkungan.

Penggunaan teknologi yang ramah lingkungan untuk mengolah minyak pelumas bekas membutuhkan investasi yang sangat besar. Proses daur ulang dengan teknologi distilasi vacuum, hydrotreating akan sulit untuk dijadikan model teknologi investasi rendah apalagi industri skala kecil. Penggunaan teknologi acid clay yang berinvestasi rendah sangat tidak ramah lingkungan walaupun dapat dilakukan untuk industri skala kecil. Adanya produk sampingan pada proses acid clay yaitu tar (sludge) yang sangat berbahaya pada lingkungan dan mengandung asam sulfat.

Dipandang dari segi ketersediaan bahan, berdasar data Banyaknya Sarana Angkutan Dirinci Menurut Jenis Kendaraan Di Kota Semarang Tahun 2008, dilihat sebagai berikut:

Jenis Sarana Angkutan	Jumlah (unit)
Mobil dinas / pribadi	34.625
Sepeda motor	123.527

Pelumas yang digunakan pada sepeda motor adalah 800 cc sedangkan untuk mobil adalah 4 liter dalam periode pergantian oli diasumsikan 2 bulan sekali. Sehingga jumlah potensi oli bekas yang tersedia di kota Semarang adalah 237.321 liter setiap periode 2 bulan.

### RUMUSAN MASALAH

Selama ini oli bekas baik yang berasal dari sepeda motor maupun mobil hanya menjadi limbah bagi lingkungan dan bahkan dapat mencemari perairan di sekitarnya. Oli bekas pada umumnya hanya digunakan untuk melumasi rantai motor dan tentu saja hal ini tidak efektif untuk memanfaatkan oli bekas yang memiliki kandungan hidrokarbon yang cukup tinggi. Oleh karena itu, solusi yang tepat untuk pemanfaatan limbah oli bekas adalah sebagai bahan bakar BBC yang bernilai ekonomi tinggi. Tetapi sebelum melakukan produksi BBC, oli bekas harus diolah terlebih dahulu melalui beberapa tahap, baru kemudian dapat direaksikan menjadi BBC. Reaktor yang digunakan adalah reaktor katalitik dengan katalis mordenite.

### TUJUAN

Adapun tujuan dari program penelitian ini yaitu :

- Mengetahui pengaruh suhu terhadap yield dan komposisi BBC yang dihasilkan
- Mengetahui pengaruh jumlah katalis terhadap yield dan komposisi BBC yang dihasilkan
- Mengetahui kondisi optimum dari kedua variable dengan metode RSM

## METODE PENELITIAN

### Variabel Percobaan

#### a. Variabel Tetap

Variabel tetap pada penelitian ini adalah volume oli yang digunakan 50 ml, laju  $N_2$  adalah 120 ml/menit, dan waktu perengkahan adalah 2 jam.

#### b. Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan adalah jenis oli yang digunakan, jumlah katalis, dan suhu perengkahan. Jenis oli yang digunakan adalah kendaraan bermotor roda dua berbahan bakar bensin, kendaraan bermotor roda empat berbahan bakar bensin. Jumlah katalis yang digunakan yaitu 1, 1,5, dan 2 gram. Suhu perengkahan yaitu  $300^\circ\text{C}$ ,  $400^\circ\text{C}$ , dan  $500^\circ\text{C}$ .

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Respon Surface Methodology* (RSM) yang dibantu dengan penggunaan program komputer *Statistica 6* untuk menentukan run percobaan dalam analisa data.

### Respon atau Pengamatan

Penelitian ini dilakukan dengan melihat pengaruh variabel jenis minyak pelumas bekas, temperatur perengkahan dan jumlah katalis Mordenite yang digunakan terhadap yield dan komposisi bahan bakar cair yang dihasilkan. Data yang diamati adalah produk cair BBC yang terbentuk hasil pendinginan uap perengkahan.

### Cara Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan program komputer *Statistica 6* dengan metode RSM dan pengolahan data secara grafis. Untuk menentukan komposisi hasil dari proses perengkahan yang berupa fase cair dan gas dilakukan analisa dengan *Gas Chromatography* (GC).

### Alat dan Bahan

#### a. Bahan yang digunakan

- Minyak pelumas bekas motor
- Minyak pelumas bekas mobil
- Glasswool
- Katalis Mordenite
- Etilen glikol
- Gas Nitrogen ( $N_2$ )

#### b. Alat yang digunakan

- Furnace
- Erlenmeyer
- Selang
- Reaktor bentuk pipa
- Pendingin Leibig
- Timbangan
- Stopwatch
- Thermokopel
- Sumbat karet

### Skema Pelaksanaan Percobaan



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Pada proses perengkahan katalitik digunakan variable tetap, yaitu 50 cc oli bekas motor dan mobil, katalis Mordenite dengan merk dagang CBV 21A, dan waktu perengkahan selama 2 jam. Sedangkan variable bebas, yaitu suhu operasi dan jumlah katalis. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 1 untuk bahan baku oli motor bekas dan Tabel 2 untuk bahan baku oli mobil bekas.

**Tabel 1** Hasil Percobaan Proses Perengkahan Katalitik Oli Motor

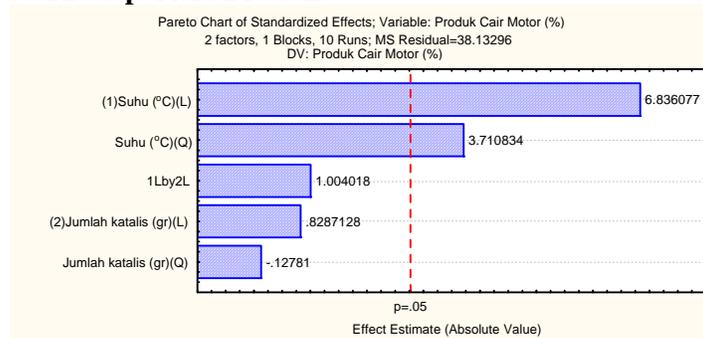
Run	Suhu (°C)	Jumlah Katalis (gr)	Produk Cair (ml)	Produk Cair (%)	Residu (ml)	Residu (%)
1	300	1	1.4	2.8	13.8	27.6
2	300	2	1.5	3	13.5	27
3	500	1	9.2	18.4	2.2	4.4
4	500	2	15.5	31	1.8	3.6
5	258.6	1.5	0	0	42.3	84.6
6	541.4	1.5	26.8	53.6	0	0
7	400	0.79	2	4	4.8	9.6
8	400	2.21	2.6	5.2	4	8
9	400	1.5	2.3	4.6	4.4	8.8
10	400	1.5	2.1	4.2	4.2	8.4

**Tabel 2** Hasil Percobaan Proses Perengkahan Katalitik Oli Mobil

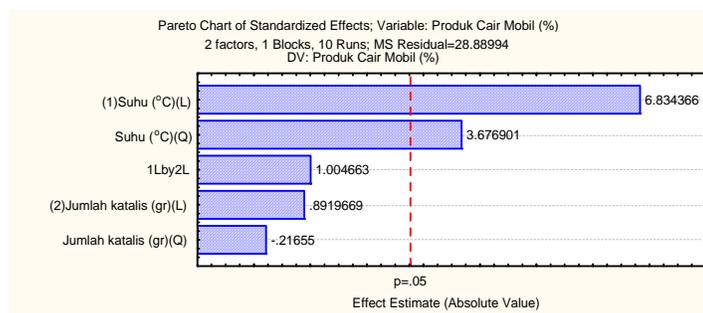
Run	Suhu (°C)	Jumlah Katalis (gr)	Produk Cair (ml)	Produk Cair (%)	Residu (ml)	Residu (%)
1	300	1	1	2	14.7	29.4
2	300	2	1.2	2.4	16	32
3	500	1	7.8	15.6	3.7	7.4
4	500	2	13.4	26.8	3.8	7.6
5	258.6	1.5	0	0	44.7	89.4
6	541.4	1.5	23.3	46.6	0	0
7	400	0.79	1.5	3	6	12
8	400	2.21	2.2	4.4	5.2	10.4
9	400	1.5	2	4	5.3	10.6
10	400	1.5	1.9	3.8	5.6	11.2

## Pembahasan

### 1. Pengaruh Suhu terhadap Yield Produk



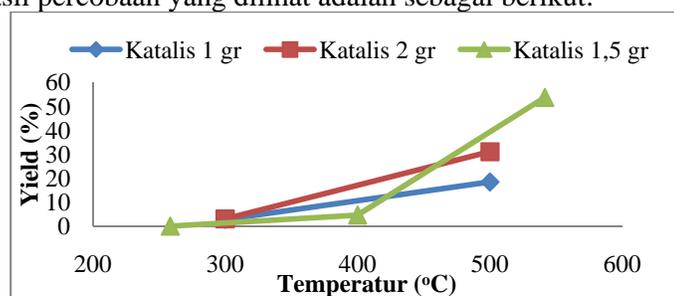
**Gambar 1** Diagram Pareto Pengaruh Suhu dan Jumlah Katalis pada Bahan Baku Oli Motor



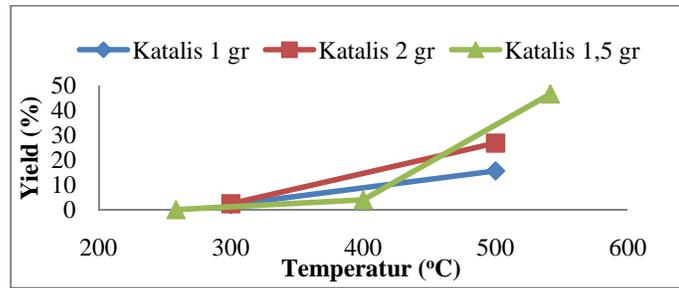
**Gambar 2** Diagram Pareto Pengaruh Suhu dan Jumlah Katalis pada Bahan Baku Oli Mobil

Dengan metode RSM dari hasil percobaan yang kami lakukan, diketahui bahwa variabel temperatur memiliki *value* lebih besar dibanding *Absolute value*, sehingga variabel suhu sangat berpengaruh terhadap proses cracking.

Dari hasil percobaan Tabel 1 dan 2, baik oli motor maupun oli mobil, untuk melihat pengaruh pengaruh temperatur terhadap komposisi dibatasi dengan variabel katalis yang tetap, sehingga hasil percobaan yang dilihat adalah sebagai berikut:



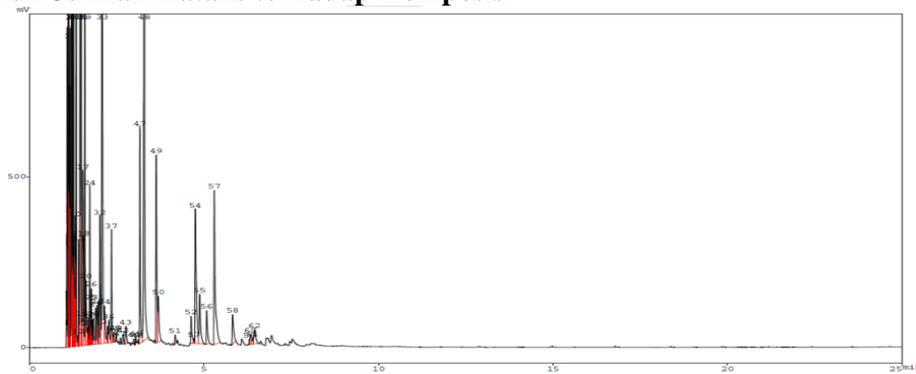
**Grafik 1** Grafik Temperatur vs Yield Oli Motor



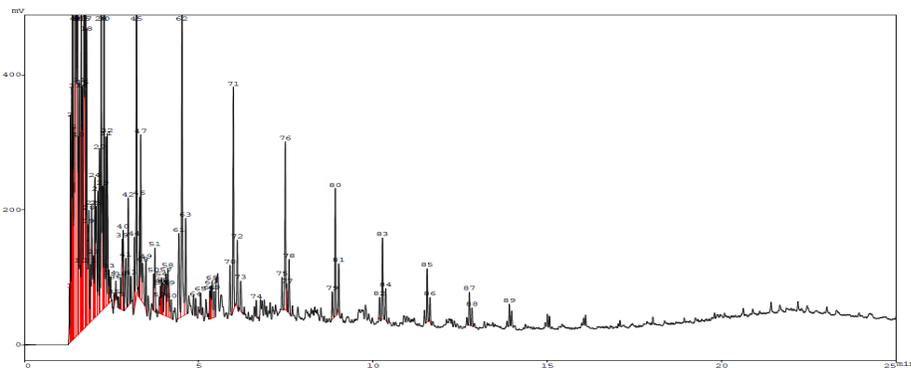
**Grafik 2** Grafik Temperatur vs Yield Oli Mobil

Dalam percobaan dengan jumlah katalis yang tetap sedangkan temperatur yang semakin tinggi didapatkan produk cair yang semakin banyak. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur juga semakin banyak oli yang menguap setelah melewati titik didih (oli yang terdegradasi), bereaksi dengan katalis Mordenite, kemudian mengalami pendinginan menjadi produk BBC. Pada suhu di bawah 500°C, jumlah katalis mempunyai efek positif terhadap yield dan pada suhu di atas 500°C terjadi pengaruh *thermal cracking* terhadap yield produk yang dihasilkan. Semakin tinggi temperatur juga menyebabkan produk BBC yang kami dapatkan lebih encer karena semakin tinggi suhu akan semakin merusak rantai karbon yang ada di dalam oli bekas sehingga rantai karbon pada produk adalah rantai karbon yang pendek. (Reska & Retno,2009)

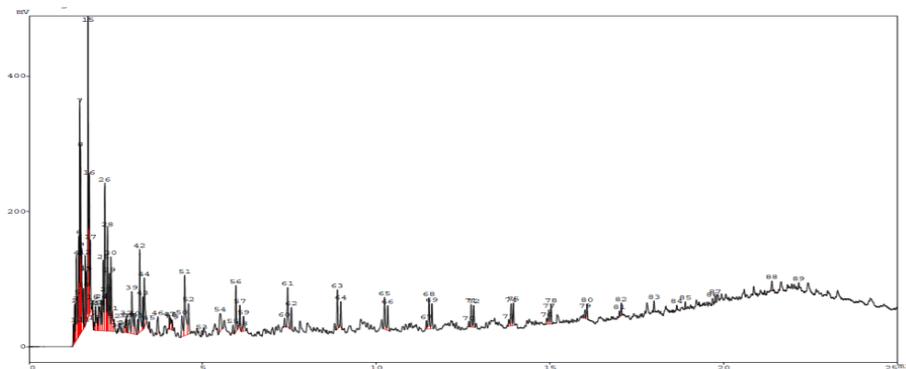
## 2. Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Komposisi

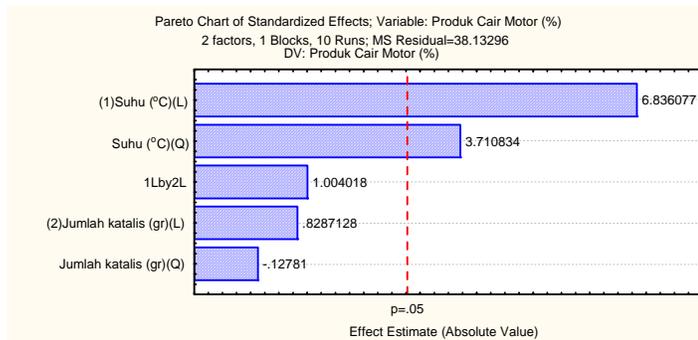


**Gambar 3** Hasil Analisa *Gas Chromatography* Premium



**Gambar 4** Hasil Analisa *Gas Chromatography* Produk Perengkahan pada Suhu 500°C dan Jumlah Katalis 2 gram





**Gambar 7.** Diagram Pareto Pengaruh Suhu dan Jumlah Katalis pada Bahan Baku Oli Motor

Berdasarkan hasil percobaan yang ditampilkan pada Tabel 1 dapat dibuat sebuah model matematika empiris dengan menggunakan teknik analisa regresi multi arah. Model matematika dari jumlah produk cair yang dihasilkan ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$Y = 144.8391 - 0.8021 X_1 + 0.0011 X_1^2 - 16.7864 X_2 - 1.4675 X_2^2 + 0.0620 X_1 X_2$$

Dimana :

- Y = Produk cair (%)
- X<sub>1</sub> = Suhu perengkahan (°C)
- X<sub>2</sub> = Jumlah katalis (gram)

Persamaan tersebut di atas menunjukkan bahwa X<sub>1</sub> (Suhu Perengkahan) sangat menentukan besarnya Y. Hal ini sesuai dengan analisa diagram Pareto. Signifikansi dari model tersebut diuji dengan menggunakan ANOVA seperti yang ditampilkan pada Tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3** ANOVA untuk Bahan Baku Oli Motor

Sumber	SS	dk	MS	F-Value	R <sup>2</sup>
<b>Regresi Model</b>	2510.844	5	502.169	13.169	0.94273
<b>Error / Residual</b>	152.532	4	38.133		
<b>Total</b>	2663.376	9			

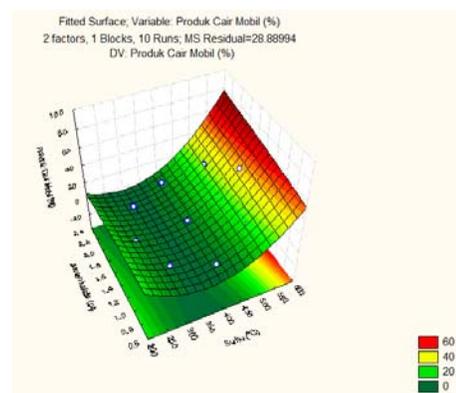
Hasil dari percobaan model menunjukkan bahwa perhitungan F-value sebesar 13,169. Nilai ini lebih besar dibandingkan F-tabel (F<sub>0,05 ; 5,4</sub> = 6.26), sehingga persamaan tersebut signifikan pada tingkat kepercayaan 5%. (Sudjana, 1989)

Hasil dari pencocokan model dengan menggunakan metode ANOVA diperoleh harga R<sup>2</sup> = 0.94273. Dari harga harga R<sup>2</sup> yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa R<sup>2</sup> mendekati satu sehingga model matematik yang diperoleh signifikan dengan data percobaan.

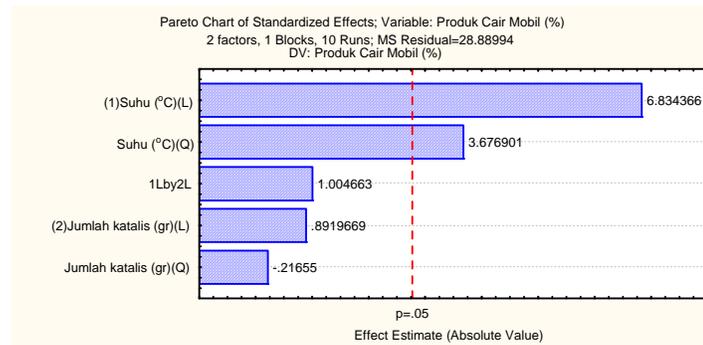
- Oli Mobil

Kondisi optimasi variable suhu dan jumlah katalis bias didapatkan dari analisa grafik 3 dimensi (seperti Gambar 8). Dari hasil analisa 3 dimensi (Gambar 8) menunjukkan bahwa kondisi optimum dari kondisi operasi penelitian ini tidak dapat ditentukan.

Secara khusus, variabe suhu operasi memiliki pengaruh yang paling besar dalam menghasilkan produk cair dengan jumlah tinggi. Hal ini dapat dilihat dari grafik Pareto pada Gambar 9.



**Gambar 8** Pengaruh Suhu dan Jumlah Katalis terhadap Hasil Produk Cair



**Gambar 9** Diagram Pareto Pengaruh Suhu dan Jumlah Katalis pada Bahan Baku Oli Mobil

Berdasarkan hasil percobaan yang ditampilkan pada Tabel 2 dapat dibuat sebuah model matematika empiris dengan menggunakan teknik analisa regresi multi arah. Model matematika dari jumlah produk cair yang dihasilkan ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$Y = 122.4510 - 0.6914 X_1 + 0.0009 X_1^2 - 11.7245 X_2 - 2.1641 X_2^2 + 0.0540 X_1 X_2$$

Dimana :

- Y = Produk cair (%)
- $X_1$  = Suhu perengkahan (°C)
- $X_2$  = Jumlah katalis (gram)

Persamaan tersebut di atas menunjukkan bahwa  $X_1$  (Suhu Perengkahan) sangat menentukan besarnya Y. Hal ini sesuai dengan analisa diagram Pareto. Signifikansi dari model tersebut diuji dengan menggunakan ANOVA seperti yang ditampilkan pada Tabel 4 di bawah ini.

**Tabel 4** ANOVA untuk Bahan Baku Oli Mobil

Sumber	SS	dk	MS	F-Value	$R^2$
<b>Regresi Model</b>	1906.764	5	381.352	13.20	0.94286
<b>Error / Residual</b>	115.560	4	28.890		
<b>Total</b>	2022.324	9			

Hasil dari percobaan model menunjukkan bahwa perhitungan F-value sebesar 13,20. Nilai ini lebih besar dibandingkan F-tabel ( $F_{0,05 ; 5,4} = 6.26$ ), sehingga persamaan tersebut signifikan pada tingkat kepercayaan 5%. (Sudjana, 1989)

Hasil dari pencocokan model dengan menggunakan metode ANOVA diperoleh harga  $R^2 = 0.94286$ . Dari harga  $R^2$  yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa  $R^2$  mendekati satu sehingga model matematik yang diperoleh signifikan dengan data percobaan.

## KESIMPULAN

- 1) Hasil perengkahan oli motor dan oli mobil bekas menghasilkan produk BBC dengan komposisi mirip bahan bakar komersial premium
- 2) Suhu berpengaruh terhadap produk cairan yang dihasilkan dimana semakin tinggi suhu, maka produk yang dihasilkan juga semakin tinggi.
- 3) Katalis berpengaruh terhadap produak cairan yang dihasilkan dimana semakin banyak jumlah katalis yang digunakan, maka produk yang dihasilkan juga semakin tinggi.

- 4) Katalis berpengaruh terhadap komposisi produk yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah katalis yang digunakan, komposisi produk yang dihasilkan semakin mendekati komposisi yang diinginkan yaitu komposisi bahan bakar komersial premium.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, Didi Dwi dan Istadi. *Buku Ajar Teknologi Katalis*. Semarang. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. 2008.
- Clark, *et al.* *Fluid Catalytic Cracking Catalyst Manufacturing Process*. United States : Patent Application Publication US 2003/0050181 A1. 2003.
- Cornell, John A. *How to Apply Response Surface Methodology*. American Society for Quality Control Statistic Division. 1984.
- Damayanti, Reska dan Martini, Retno. *Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair dengan Memanfaatkan Limbah Ban Bekas Menggunakan Katalis Zeolit HY dan ZSM-5*. Semarang : Universitas Diponegoro. 2009.
- Fogler, H. Scott. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Prentice Hall 2<sup>nd</sup>. 1991.
- Widodo, Agus Tri. *Teknologi Refining Oli Bekas*. www.scribd.com. 2008.
- Zeolyst International. <http://www.zeolyst.com/our-product/standard-zeolite-powders/mordenite.aspx>
- <http://cahyadi.start4all.com/files/2008/06/jarak.pdf>
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Biofuel>
- <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1362/1/kimia-bode.pdf>
- <http://upieks.wordpress.com/2008/05/14/fluid-catalytic-cracking-fcc-process/>
- <http://webmineral.com/data/Mordenite.shtml>
- [http://wikipedia.org/motor\\_oil](http://wikipedia.org/motor_oil)
- <http://www.chemeng.ui.ac.id/wulan/Materi/lecture%20notes/umum.pdf>
- <http://www.duniakimiakita.co.cc/2009/12/metode-eksperimental-dalam-penelitian.html>
- <http://www.setlaboratories.com/cat/tabid/106/Default.aspx#Fluidcatcracking>