

Analisis Pengaruh Suhu dan Ukuran Katalis pada Hasil Pirolisis Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Anova

M.ARIF HIDAYATULLAH¹, BELLATRICE NURUL AZIZA^{1*}, MAYA RAMADIANTI MUSADI, IR.,M.T.,PH.D¹.

¹Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : BellatriceNurul@gmail.com

Received 09 09 2023 | Revised 16 09 2023 | Accepted 16 09 2023

ABSTRAK

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan dalam 10 tahun terakhir, ini akan mempengaruhi penggunaan minyak pelumas yang berakibat meningkatnya pula minyak pelumas bekas yang dihasilkan dari kendaraan bermotor. Minyak pelumas bekas akan mengkontaminasi air tanah, membunuh mikroorganisme di dalam tanah dan menghambat proses oksidasi biologi dari sistem lingkungan, sehingga perlu dilakukan proses pengolahan kembali minyak pelumas bekas menjadi bahan bakar cair yang bermanfaat. Analisis produk cair Pirolisis meliputi analisis viskositas, densitas dan pengaruh temperatur dan ukuran katalis dianalisis menggunakan ANOVA. Berdasarkan data dari dua penelitian menunjukkan bahwa peningkatan variasi suhu akan meningkatkan nilai dari densitas, viskositas dan yield. Sedangkan pada variasi ukuran katalis semakin kecil ukuran katalis maka nilai dari densitas, viskositas dan yield akan membesar. Berdasarkan analisis statistik metode ANOVA TWO-Ways, pengaruh interaksi suhu dan ukuran katalis terhadap densitas, viskositas, dan yield variable yang paling berpengaruh yaitu ukuran katalis.

Kata kunci: *anova, katalis, minyak pelumas bekas, Pirolisis, zeolit alam*

ABSTRACT

Based on data from the Central Statistics Agency, the number of motorized vehicles in Indonesia has increased significantly in the last 10 years, this will affect the use of lubricating oil, which will result in an increase in used lubricating oil produced from motorized vehicles. Used lubricating oil will contaminate groundwater, kill microorganisms in the soil and inhibit the biological oxidation processes from environmental system, so it is necessary to reprocess used lubricating oil into useful liquid fuel. Pyrolysis liquid product analysis includes analysis of viscosity, density and the influence of temperature and size of the catalyst analyzed using ANOVA. Based on data from two studies, it shows that an increase in temperature variations will increase the values of density, viscosity and yield. Meanwhile, for variations in catalyst size, the smaller the size of the catalyst, the greater the value

of density, viscosity and yield. Based on the statistical analysis of the TWO-Ways ANOVA method, the interaction effect of temperature and size of the catalyst on the density, viscosity, and yield variable that has the most influence is the size of the catalyst.

Keywords: *Anova, catalyst, waste lubricating oil, pyrolysis, natural zeolite*

1. PENDAHULUAN

Minyak pelumas (*lubricant oil*) adalah suatu produk minyak bumi yang termasuk fraksi distilat berat dan mempunyai titik didih sekitar 300 °C. Minyak pelumas merupakan salah satu produk minyak bumi. Fungsi minyak pelumas yaitu mengurangi gesekan di antara dua permukaan, media pendingin dari panas yang timbul, dan mencegah terjadinya korosi. Minyak pelumas mempunyai persyaratan antara lain, tahan suhu tinggi, tahan korosi, mampu mencegah terjadinya endapan, dan mampu mencegah terjadinya busa (Subiyanto 1989 dalam Siswanti, 2010).

Berdasarkan kriteria limbah yang dikeluarkan oleh Kementrian Lingkungan hidup, minyak pelumas bekas termasuk kategori limbah B3 dan berasal dari sumber yang tidak spesifik. Limbah dari sumber tidak spesifik yaitu limbah yang berasal dari kegiatan pemeliharaan alat, pencucian, pencegahan (inhibitor) korosi, pelarut kerak, dan kegiatan lain seperti; pelarut terhalogenisasi (metilen klorida, klorobenzene, karbatetraklorida), pelarut tidak terhalogenisasi (methanol, toluen), asam atau basa (HCl, H₂SO₄, HNO₃), lainnya (pelumas bekas, fiber asbes, scrab Pb) (Kusuma, 2011).

Minyak pelumas (oli) bekas termasuk dalam limbah B3 sehingga dapat menimbulkan bahaya bagi lingkungan apabila dibuang dengan sembarangan ke lingkungan. Sehingga perlu diproses terlebih dahulu agar tidak mencemari lingkungan. Berdasarkan 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. Salah satu contoh pengolahan yang bermanfaat yaitu pengolahan minyak pelumas bekas menjadi bahan bakar cair.

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi termal yang dapat memutuskan ikatan hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek. Proses dekomposisi termal pada pirolisis disebut juga devolatilisasi. Dalam teknologi minyak bumi, pirolisis disebut juga steam cracking di mana hidrokarbon jenuh terpecah menjadi hidrokarbon yang lebih pendek bahkan hidrokarbon tak jenuh. Metode pirolisis dapat digunakan untuk mengolah kembali minyak pelumas bekas menjadi bahan bakar. Dalam menghasilkan produk bahan bakar cair yang bernilai, pirolisis dapat dilaksanakan dengan atau tanpa bantuan katalis (Fitriyanti, 2020).

Anova atau analysis of variance adalah salah satu metode analisis statistika yang tergolong dalam analisis komparatif lebih dari dua data (Riduwan 2008 dalam Setiawan 2019). Anova digunakan untuk menguji perbedaan antara sejumlah rata-rata populasi dengan cara membandingkan variasinya.

2. METODOLOGI

2.1 Persiapan Bahan baku

Bahan baku yang disiapkan yaitu minyak pelumas bekas yang diberi perlakuan awal terlebih dahulu yang nantinya akan digunakan untuk menghasilkan bahan bakar cair, di mana minyak pelumas bekas dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis sehingga menghasilkan produk cair pirolisis. Variasi ukuran katalis yang digunakan yaitu 200 mesh dan 400 mesh yang sudah diaktivasi terlebih dahulu.

2.2 Proses Penelitian

Dua data yang diambil dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Anissa dan Nazhifa pada tahun 2020 dan M.Arif dan Bellatrice pada tahun 2022. Pada dua data ini, dilakukan langkah tambahan pada *pre-treatment* oli pelumas bekas yang akan dimasukkan kedalam reaktor pirolisis. Langkah yang ditambahkan pada data sekunder kedua ini yaitu dimana setelah penyaringan dengan kertas saring dilakukan pembersihan dengan mencampurkan NaOH kedalam oli pelumas bekas, setelah itu dilakukan aerasi atau disebut juga dengan *bubble washing*. Pirolisis dilakukan pada minyak pelumas bekas yang di *pre-treatment* dengan katalis yang sudah diaktivasi. Bahan tersebut diproses dengan menggunakan pirolisis untuk mengetahui berapa %yield yang akan dihasilkan Ketika ada penambahan katalis. Variasi suhu yang digunakan pada penelitian ini yaitu 450 °C dan 490 °C. Proses pirolisis dilakukan hingga tidak ada tetesan produk cair. Selanjutnya, pengaruh suhu dan ukuran katalis terhadap densitas, viskositas, dan yield dianalisis menggunakan ANOVA.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Suhu terhadap Densitas, Viskositas, dan Yield

Hasil ANOVA untuk pengaruh suhu terhadap densitas, viskositas, dan yield disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil ANOVA Suhu

	F hitung	Ftabel (0,1)	Analisis
Densitas	0,68	3,46	Tidak Signifikan
Viskositas	2,93	3,46	Tidak Signifikan
Yield	1,81	3,46	Tidak Signifikan

Pengaruh suhu pada proses pirolisis sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi proses dekomposisi rantai hidrokarbon yang meningkatkan hasil dari pirolisis, sedangkan pada proses distilasi suhu berfungsi sebagai penentu produk yang dihasilkan berdasarkan titik didih dari bahan bakar cair. Berdasarkan perhitungan anova pada Tabel 1 pengaruh suhu terhadap densitas, viskositas dan yield menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Berdasarkan teori, peningkatan suhu akan memberikan energi yang lebih besar terhadap sistem sehingga meningkatkan kemungkinan reaksi dekomposisi rantai hidrokarbon terjadi, akan tetapi hasil perhitungan anova didapatkan hasilnya tidak signifikan antara pengaruh suhu terhadap nilai densitas, viskositas dan yield. Kemungkinan hal ini dapat disebabkan oleh adanya senyawa lain atau zat pengotor yang terlibat dalam proses *pre-treatment* dan saat reaksi berlangsung dalam sistem.

3.1 Pengaruh Ukuran Katalis terhadap Densitas, Viskositas, dan Yield

Hasil ANOVA untuk pengaruh ukuran katalis terhadap densitas, viskositas, dan yield disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil ANOVA Ukuran Katalis

	F hitung	Ftabel (0,1)	Analisis
Densitas	7,32	3,46	Signifikan
Viskositas	5,07	3,46	Signifikan
Yield	6,19	3,46	Signifikan

Pengaruh penggunaan katalis pada proses pirolisis yaitu untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produk akhir dari pirolisis serta meningkatkan efisiensi proses secara keseluruhan. Katalis yang digunakan yaitu zeolit alam yang telah diaktivasi terlebih dahulu selama 24 jam sebelum digunakan. Penggunaan katalis dibedakan sesuai dengan ukurannya, secara teori semakin kecil ukuran katalis maka semakin besar luas permukaan untuk tempat terjadinya reaksi sehingga meningkatkan nilai produk akhir. Densitas produk cair pirolisis yang memiliki rantai lebih pendek akan semakin kecil akibat adanya reaksi perengkahan yang terjadi didalam reaktor. Berdasarkan perhitungan anova pada Tabel 2 pengaruh ukuran katalis terhadap densitas, viskositas dan yield menunjukkan hasil yang signifikan.

3.3 Pengaruh Interaksi Suhu dan Ukuran Katalis terhadap Yield, Densitas, dan Viskositas

Hasil ANOVA untuk pengaruh interaksi suhu dan ukuran katalis terhadap densitas, viskositas, dan yield disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil ANOVA Interaksi Suhu dan Ukuran Katalis

	F hitung	Ftabel (0,1)	Analisis
Densitas	50,59	3,46	Signifikan
Viskositas	48,54	3,46	Signifikan
Yield	49,55	3,46	Signifikan

Proses pemutusan rantai Panjang hidrokarbon menjadi rantai pendek pada reaksi pirolisis dipengaruhi oleh suhu. Sehingga suhu menjadi salah satu faktor penting dalam proses pirolisis. Sedangkan penggunaan katalis yaitu untuk meningkatkan kualitas produk akhir. Variabel katalis yang digunakan berdasarkan perbedaan ukuran. Secara teori semakin kecil ukuran katalis maka luas permukaan reaksi akan semakin besar sehingga akan meningkatkan nilai produk akhir. Berdasarkan perhitungan anova pada Tabel 3 terhadap pengaruh interaksi suhu dan ukuran katalis variabel densitas, viskositas dan yield menunjukkan hasil yang signifikan.

3.4 Persamaan Regresi Perbandingan Dua Data Terhadap Densitas, Viskositas, dan Yield Untuk Pengaruh Suhu dan Ukuran Katalis

Dari dua data yang diambil dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Anissa dan Nazhifa pada tahun 2020 dan M.Arif dan Bellatrice pada tahun 2022. Pada dua data ini, dilakukan langkah tambahan pada pre-treatment oli pelumas bekas yang akan dimasukkan kedalam reaktor pirolisis. Langkah yang ditambahkan pada data sekunder kedua ini yaitu dimana setelah penyaringan dengan kertas saring dilakukan pembersihan dengan mencampurkan NaOH kedalam oli pelumas bekas, setelah itu dilakukan aerasi atau disebut juga dengan *bubble washing*. Secara prinsip, saat langkah pembersihan ini dilakukan dengan lebih banyak langkah yang saling sinergi seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan pada poin-poin sebelumnya sehingga diharapkan hasil akhirnya akan mengalami perbaikan.

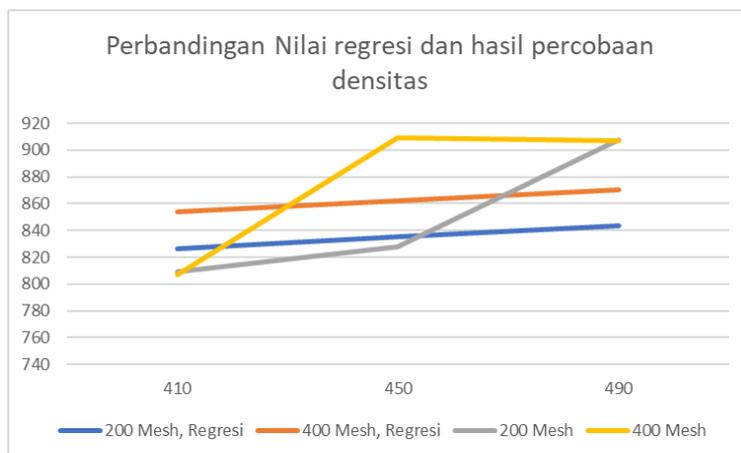
Berikut ini merupakan persamaan regresi (suhu °C dan ukuran katalis mesh) yang dihasilkan menggunakan program Minitab 16 dari data percobaan

$$\text{densitas} = 714 + 0.137 \text{ Ukuran Katalis} + 0.208 \text{ Suhu} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{viskositas} = -33.4 + 0.0221 \text{ Ukuran Katalis} + 0.085 \text{ Suhu} \dots\dots(2)$$

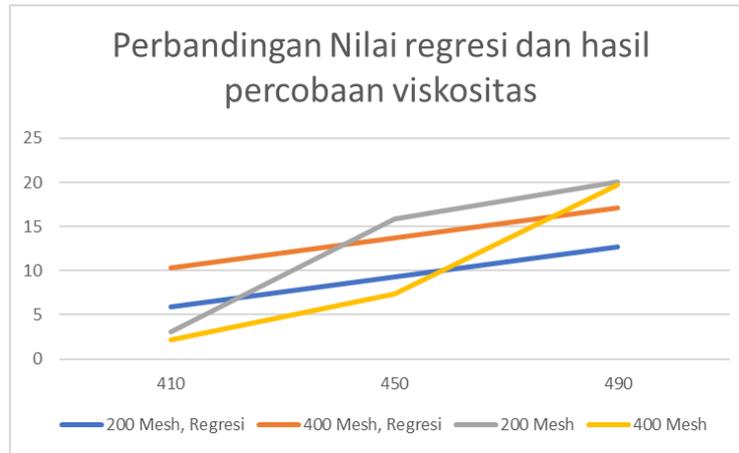
$$\text{yield} = 83.1 + 0.00560 \text{ Ukuran Katalis} + 0.0152 \text{ Suhu} \dots\dots\dots(3)$$

Berdasarkan nilai regresi nya, perbandingan dengan hasil percobaan densitas, viskositas dan Yield dapat dilihat pada gambar berikut :



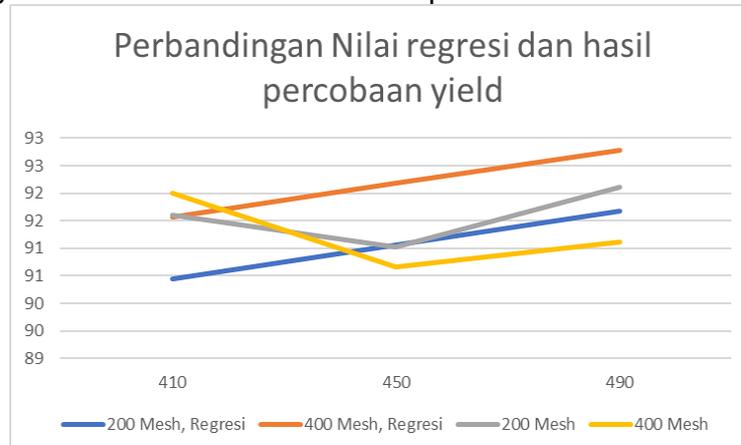
Gambar 1 Perbandingan Nilai Regresi Dan Hasil Percobaan Densitas

Pada nilai regresi untuk densitas pada Gambar 1, menunjukkan semakin besar suhu yang digunakan semakin besar pula nilai densitas yang didapat, begitu pula untuk ukuran katalis semakin kecil ukuran katalis yang digunakan semakin besar pula nilai densitas yang didapat. Untuk hasil percobaan yang didapat pada suhu 410 dengan ukuran katalis 200 mesh didapatkan nilai densitas sebesar 809 kg/m³, pada suhu 410 dengan ukuran katalis 400 mesh didapatkan nilai densitas sebesar 807 kg/m³, pada suhu 450 dengan ukuran katalis 200 mesh didapatkan nilai densitas sebesar 828 kg/m³, pada suhu 450 dengan ukuran katalis 400 mesh didapatkan nilai densitas sebesar 909 kg/m³, pada suhu 490 dengan ukuran katalis 200 mesh didapatkan nilai densitas sebesar 908 kg/m³, pada suhu 490 dengan ukuran katalis 400 mesh didapatkan nilai densitas sebesar 907 kg/m³.



Gambar 2 Perbandingan Nilai Regresi Dan Hasil Percobaan Viskositas

Pada nilai regresi untuk densitas pada Gambar 2, menunjukkan semakin besar suhu yang digunakan semakin besar pula nilai viskositas yang didapat, begitu pula untuk ukuran katalis semakin kecil ukuran katalis yang digunakan semakin besar pula nilai viskositas yang didapat. Untuk hasil percobaan yang didapat pada suhu 410 dengan ukuran katalis 200 mesh didapatkan nilai viskositas sebesar 3,1 cP, pada suhu 410 dengan ukuran katalis 400 mesh didapatkan nilai viskositas sebesar 2,1 cP, pada suhu 450 dengan ukuran katalis 200 mesh didapatkan nilai viskositas sebesar 15,8 cP, pada suhu 450 dengan ukuran katalis 400 mesh didapatkan nilai viskositas sebesar 7,4 cP, pada suhu 490 dengan ukuran katalis 200 mesh didapatkan nilai viskositas sebesar 20 cP, pada suhu 490 dengan ukuran katalis 400 mesh didapatkan nilai viskositas sebesar 19,8 cP.



Gambar 3 Perbandingan Nilai Regresi Dan Hasil Percobaan Yield

Pada nilai regresi untuk Yield pada Gambar 3, menunjukkan semakin besar suhu yang digunakan semakin meningkat nilai Yield yang didapat, begitu pula untuk ukuran katalis semakin kecil ukuran katalis yang digunakan semakin meningkat nilai Yield yang didapat. Untuk hasil percobaan yang didapat pada suhu 410 dengan ukuran katalis 200 mesh didapatkan nilai Yield sebesar 91,6%v/v, pada suhu 410 dengan ukuran katalis 400 mesh didapatkan nilai Yield sebesar 92%v/v, pada suhu 450 dengan ukuran katalis 200 mesh didapatkan nilai yield sebesar 91,02%v/v, pada suhu 450 dengan ukuran katalis 400 mesh didapatkan nilai yield sebesar 90,66%v/v, pada suhu 490 dengan ukuran katalis 200 mesh didapatkan nilai yield sebesar 92,11%v/v, pada suhu 490 dengan ukuran katalis 400 mesh didapatkan nilai yield sebesar 91,12%v/v.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data dari dua penelitian menunjukkan bahwa peningkatan variasi suhu akan meningkatkan nilai dari densitas, viskositas dan yield. Sedangkan pada variasi ukuran katalis semakin kecil ukuran katalis maka nilai dari densitas, viskositas dan yield akan membesar. Berdasarkan analisis statistik metode ANOVA TWO-Ways, pengaruh interaksi suhu dan ukuran katalis terhadap densitas, viskositas, dan yield variable yang paling berpengaruh yaitu ukuran katalis. Berdasarkan analisis statistik didapatkan persamaan regresi :

$$\text{densitas} = 714 + 0.137 \text{ Ukuran Katalis} + 0.208 \text{ Suhu}$$

$$\text{viskositas} = -33.4 + 0.0221 \text{ Ukuran Katalis} + 0.085 \text{ Suhu}$$

$$\text{yield} = 83.1 + 0.00560 \text{ Ukuran Katalis} + 0.0152 \text{ Suhu}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Fitriyanti, R. 2020. Produksi Bahan Bakar Cair Hasil Pirolisis Minyak Pelumas Bekas Pertambangan Batubara Menggunakan Katalis Zeolite. Universitas PGRI. Palembang
- Kusuma, Rosana Angga., "Sistem Penyimpanan Dan Pengumpulan Minyak Pelumas Bekas Sebagai Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di PT. INKA (PERSERO)", Skripsi S1, Universitas Sebelas Maret, 2011
- Montgomery, Douglas C. (2013). *Design And Analysis Of Experiments, eighth edition*. John Wiley & Sons, Inc.
- Siswanti. 2010. Pengaruh Penambahan Aditif Proses Daur Ulang Minyak Pelumas Bekas terhadap Sifat-Sifat Fisis . Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Yogyakarta