

# ANALISIS STATISTIKA PENGARUH PERLAKUAN AWAL DAN SUHU PADA HASIL PIROLISIS KATALITIK OLI BEKAS

TRI SULISTIYANI MALIK<sup>1</sup>, RAHSETO AJIE BASUKI<sup>2</sup>, MAYA R. MUSADI<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional  
Jl. PH.H. Mustofa No.23, Neglasari, Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat  
40124

Email: [maya\\_musadi@itenas.ac.id](mailto:maya_musadi@itenas.ac.id)

Received 14 September 2021 | Revised 14 September 2021 | Accepted 14 September 2021

## ABSTRAK

*Oli pelumas bekas merupakan salah satu limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) Apabila limbah B3 tidak ditangani dengan baik maka dapat menimbulkan pencemaran pada lingkungan. Mengingat dari hal tersebut, maka harus dicari suatu cara yang baik untuk memanfaatkan atau menangani limbah tersebut. Salah satu cara yang dapat dipilih untuk memanfaatkan oli pelumas bekas menjadi bahan yang lebih berguna yaitu dengan metoda pirolisis. Pada proses pirolisis, senyawa karbon yang lebih panjang akan mengalami perengkahan akibat adanya energi panas yang dibantu oleh keberadaan katalis. Selain pengaruh katalis dan suhu, pengaruh tingkat kemurnian oli bekas pada hasil proses pirolisis juga perlu dipelajari. Untuk mengetahui pengaruh tingkat kemurnian oli bekas ini, maka dibandingkan dua metode penelitian sebelumnya dimana dilakukan pre-treatment secara penyaringan saja dan bubble washing yang diikuti dengan penyaringan. Rentang suhu operasi yang digunakan yaitu dari 350 °C sampai 550 °C. Sedangkan pada ukuran katalis, data yang digunakan yaitu tanpa katalis, 70/100 (210 µm), 200/250 (74 µm), dan >400 mesh (37 µm). Pada penelitian ini dipelajari secara statistik (ANOVA), pengaruh suhu, ukuran katalis, dan metode pre-treatment terhadap densitas, viskositas, nilai kalor, dan yield produk hasil pirolisis. Dari hasil analisis menggunakan ANOVA didapatkan bahwa pre-treatment berpengaruh signifikan pada densitas, viskositas, nilai kalor, dan yield. Pada suhu didapatkan hasil signifikan pada densitas, viskositas dan yield.*

**Kata kunci:** Anova, limbah, oli bekas, pirolisis, statistik

## ABSTRACT

*Used lubricating oil is one of hazardous and toxic materials waste. If this waste not to be handled properly, it can cause pollution to the environment. Seeing this, we must look for a good way to use or handle it. One of the methods that can be chosen to use used lubricating oil to become a more useful material is the pyrolysis method. In the pyrolysis process, longer carbon compounds will be cracked due to heat energy aided by the presence of a catalyst. Beside the effects of catalysts and temperature on the pyrolysis process, the effect of the feed pre-treatment also needs to be studied. To determine the effect of the used oil purity, two previous research methods were compared where pre-treatment was carried out by just filtering process and bubble washing following by filtering process. The operating temperature range used is from 350 °C to 550 °C. While on the size of the catalyst, the data used were without a catalyst, 70/100 (210 µm), 200/250 (74 µm), dan >400 mesh (37 µm). In this study, the effect of temperature, catalyst size, and pre-treatment methods studied statistically (ANOVA) based on the result of density, viscosity, heating value, and yield of pyrolysis products. From the analysis using ANOVA, it was found that pre-treatment had a significant effect on density, viscosity, heating value, and yield. From the temperature, there were significant results on density, viscosity and yield.*

**Keywords:** Anova, pyrolysis, statistic, used lubricating oil, waste

## 1. PENDAHULUAN

Kendaraan saat ini merupakan unsur penting dalam keberlangsungan hidup masyarakat modern saat ini. Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2017 menunjukkan bahwa jumlah kendaraan bermotor di Indonesia adalah 113.030.793 unit sepeda motor, 15.493.068 unit mobil penumpang, 7.523.550 unit mobil barang, dan 2.509.928 unit kendaraan bus. Dengan jumlah kendaraan yang sebanyak ini, maka angka kebutuhan akan oli pelumas mesin juga akan secara linear meningkat. Peningkatan ini akan menghasilkan limbah oli pelumas bekas yang juga akan semakin tinggi dengan semakin tingginya jumlah kendaraan yang menggunakannya.

Pada penelitian ini, rujukan yang digunakan sebagai data sekunder yaitu laporan penelitian Faulina(2019) dan Lucyana(2020). Pada penelitian yang dilakukan oleh Faulina (2019) digunakan pretreatment dengan metode penyaringan dan rentang suhu yang digunakan yaitu 350-550 °C. Dari segi katalis yang digunakan yaitu zeolite alam dengan tiga ukuran yaitu 70/100 mesh(210 µm), 200/250 mesh(74 µm), dan >400 mesh(37 µm). Sedangkan pada laporan Lucyana (2020) digunakan pretreatment *bubble washing* dimana pada metode bubble washing ini dilakukan penyaringan, pencucian dengan larutan NaOH, dan pencucian dengan aerasi. Rentang suhu 410-490 °C. Katalis yang digunakan yaitu sama dengan penelitian Faulina(2019).

Sehubungan dengan masih sedikitnya penelitian mengenai pemanfaatan oli bekas sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar cair, maka perlu dilakukan penelitian awal, secara statistika untuk menentukan variable apa saja yang berpengaruh. Dalam penelitian ini ditinjau pengaruh perlakuan awal dan suhu terhadap densitas, viskositas, nilai kalor, dan yield dengan metode ANOVA Two-ways dengan tiga factor dan analisis regresi.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dilakukan analisis statistika untuk mengetahui pengaruh suhu, ukuran katalis dan perlakuan awal pada hasil pirolisis katalitik oli bekas. Data yang digunakan untuk analisis adalah data sekunder yang diambil dari laporan penelitian Faulina & Khalid (2019) sebagai data sekunder satu dan Lucyana & Anisaa (2020) sebagai data sekunder dua. Perbedaan kedua penelitian terdahulu terletak pada metoda pre-treatment dimana pada data sekunder kesatu pre-treatment yang dilakukan adalah penyaringan dengan menggunakan kertas saring. Pada data sekunder kedua, langkah pre-treatment yang dilakukan pada oli pelumas bekasnya meliputi penyaringan, pencampuran dengan NaOH, setelah itu dilakukan perlakuan aerasi dan pemisahan. Rangkaian langkah tersebut merupakan bagian dari metoda *bubble washing* pada oli pelumas bekas yang akan dijadikan umpan pada data sekunder kedua (Lucyana & Anisaa, 2020). Data sekunder yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Data Sekunder (Faulina (2019) & Lucyana (2020))

Pretreatment	Suhu (°C)	Ukuran katalis (mesh)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Viskositas (cP)	Yield (%v/v)	nilai kalor (joule/gram)
Penyaringan	380	70/100	791,0170	0,6415	15,87	45,583
Penyaringan	380	200/250	769,7760	0,6056	18,53	45,821
Penyaringan	380	>400	769,3930	0,5894	19,47	45,988
Penyaringan	450	70/100	797,2190	0,7984	19,07	45,363
Penyaringan	450	200/250	790,3790	0,7639	22,00	45,408
Penyaringan	450	>400	780,9060	0,7073	23,20	46,058
Penyaringan	520	70/100	856,3970	5,9117	37,33	45,625
Penyaringan	520	200/250	845,2660	4,8685	44,00	45,738
Penyaringan	520	>400	829,7600	1,9508	45,33	45,754
Bubble Washing	380	70/100	810,1731	3,2683	91,00	45,933
Bubble Washing	380	200/250	809,2814	3,1269	91,60	45,958
Bubble Washing	380	>400	806,9631	2,1315	92,00	45,967
Bubble Washing	450	70/100	830,0574	4,5661	92,00	45,829
Bubble Washing	450	200/250	821,6756	4,6169	93,00	45,875
Bubble Washing	450	>400	815,6123	3,6961	94,00	45,904
Bubble Washing	520	70/100	834,3374	5,0923	93,60	45,658
Bubble Washing	520	200/250	833,4457	4,9886	94,60	46,058
Bubble Washing	520	>400	833,5349	4,5852	95,00	45,696

**2.2 Metode Analisis Data**

Uji Hipotesis adalah cabang ilmu Statistika Inferensial yang dipergunakan untuk menguji kebenaran suatu pernyataan statistic dan menarik kesimpulan apakah menerima atau menolak pernyataan tersebut. Pernyataan atau asumsi sementara yang dibuat untuk diuji kebenarannya tersebut dinamakan dengan Hipotesis. Tujuan dari Uji Hipotesis adalah untuk menetapkan suatu dasar sehingga dapat mengumpulkan bukti yang berupa data- data dalam menentukan keputusan apakah menolak atau menerima kebenaran dari pernyataan atau asumsi yang telah dibuat. Uji Hipotesis juga dapat memberikan kepercayaan diri dalam pengambilan keputusan yang bersifat Objektif.

Hipotesis yang diberikan yaitu :

- H<sub>0</sub> = Faktor Pretreatment/ Suhu/ Ukuran Katalis pada saat proses pirolisis tidak mempengaruhi secara signifikan pada densitas/ viskositas/ nilai kalor/ yield produk pirolisis
- H<sub>0</sub> = Faktor interaksi pretreatment & suhu/ suhu & ukuran katalis/ ukuran katalis & pre-treatment/ pretreatment, suhu dan ukuran katalis pada saat proses pirolisis tidak mempengaruhi secara signifikan pada densitas/ viskositas/ nilai kalor/ yield produk pirolisis

Langkah- langkah perhitungan ANOVA sebagai uji hipotesis :

1. Mengumpulkan data pengamatan sekunder
2. Menyusun tabel perhitungan dua arah untuk data sekunder
3. Menghitung nilai FK dengan rumus  $\frac{(\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l Y_{ijkl})^2}{nabc}$
4. Menghitung JK<sub>p</sub> dengan rumus  $(\sum_j \sum_k \sum_l (\sum_i Y_{ijkl})^2) / n - FK$
5. Menghitung nilai JK<sub>A</sub> dengan rumus  $(\sum_j (\sum_i \sum_k \sum_l Y_{ijkl})^2) / nbc - FK$
6. Menghitung nilai JK<sub>B</sub> dengan rumus  $(\sum_k (\sum_i \sum_j \sum_l Y_{ijkl})^2) / nac - FK$
7. Menghitung nilai JK<sub>C</sub> dengan rumus  $(\sum_l (\sum_i \sum_k \sum_j Y_{ijkl})^2) / nab - FK$

8. Menghitung nilai  $JK_{AB}$  dengan rumus  $\frac{(\sum_j \sum_k (\sum_l \sum_i Y_{ijkl})^2)}{nc} - FK - JK_A - JK_B$
9. Menghitung nilai  $JK_{AC}$  dengan rumus  $\frac{(\sum_j \sum_l (\sum_i \sum_k Y_{ijkl})^2)}{nb} - FK - JK_A - JK_C$
10. Menghitung nilai  $JK_{BC}$  dengan rumus  $\frac{(\sum_l \sum_k (\sum_i \sum_j Y_{ijkl})^2)}{na} - FK - JK_B - JK_C$
11. Menghitung nilai  $JK_{ABC}$  dengan rumus  $\frac{(\sum_j \sum_k \sum_l (\sum_i Y_{ijkl})^2)}{n} - JK_A - JK_B - JK_C - JK_{AB} - JK_{AC} - JK_{BC} - FK$  atau  $JK_P - JK_A - JK_B - JK_C - JK_{AB} - JK_{AC} - JK_{BC}$
12. Karena pada data percobaan, iterasi atau pengulangan hanya dilakukan satu kali saja, maka nilai dari  $JK_{ABC}$  adalah sama dengan nilai  $JK_G$
13. Menghitung nilai dari  $JK_T$  dengan rumus  $\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l Y_{ijkl}^2 - FK$
14. Membuat tabel anova
15. Mencari nilai  $F_{tabel}$  dari tabel nilai  $f$  pada buku Walpole yang berjudul "*Probability dan Statistics for Engineer dan Scientists*" dengan nilai  $f$  pada  $\alpha$  0,05
16. Membandingkan hasil  $F$  hitung dengan  $F$  tabel, apabila  $F_{hitung}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  maka faktor tersebut dapat dianggap signifikan dan dengan begitu  $H_0$  ditolak

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaruh Pre-treatment terhadap Yield, Nilai kalor, Densitas, dan Viskositas

**Tabel 2.** Hasil perhitungan F-hitung dan data F-tabel untuk pengaruh pre-treatment terhadap densitas, viskositas, nilai kalor, dan yield

Variabel	F hitung	Ftabel (0,05)	Analisa
Densitas	51,6443	7,71	Signifikan
Viskositas	28,7545	7,71	Signifikan
Nilai Kalor	24,8142	7,71	Signifikan
Yield	22079,0471	7,71	Signifikan

**Tabel 2.** menyajikan data hasil F-hitung dari data sekunder dan F-tabel yang diambil dengan tingkat signifikan 95%. Pada tabel ini, ditunjukkan analisis dari pengaruh pre-treatment terhadap densitas, viskositas, nilai kalor dan yield. Hipotesis ( $H_0$ ) yang digunakan adalah faktor pre-treatment (A) pada saat proses pirolisis tidak mempengaruhi secara signifikan pada densitas, viskositas, nilai kalor atau yield produk pirolisis. Apabila  $F$  hitung lebih besar dari  $F$  tabel (0,05) maka tolak  $H_0$  dan apabila apabila  $F$  hitung lebih kecil dari  $F_{tabel}$  (0,05) maka terima  $H_0$ .

Pengaruh dari pre-treatment yang dilakukan terhadap seluruh variabel menurut perhitungan anova yaitu signifikan. Pada proses penyaringan, partikel pengotor yang berukuran cukup besar akan tertahan dan tidak ikut masuk kedalam reaktor. Pengotor ini akan memungkinkan terganggunya proses pirolisis dan menyebabkan hasil pirolisisnya kurang baik. Pada data sekunder kedua proses pre-treatment yang dilakukan lebih banyak langkahnya dan juga lebih sinergi satu dengan yang lain. Maka dengan perhitungan anova juga menunjukkan hasil yang signifikan dari pre-treatment yang dilakukan.

### 3.2 Pengaruh Suhu terhadap Yield, Nilai kalor, Densitas, dan Viskositas

**Tabel 3.** Hasil perhitungan F-hitung dan data F-tabel untuk pengaruh suhu terhadap densitas, viskositas, nilai kalor, dan yield

Variabel	F hitung	Ftabel (0,05)	Analisa
Densitas	115,0925	6,94	Signifikan
Viskositas	14,4492	6,94	Signifikan
Nilai Kalor	2,1244	6,94	Tidak Signifikan
Yield	352,2104	6,94	Signifikan

Tabel 3 menyajikan data hasil f-hitung dan f-tabel yang telah dilakukan pada penelitian. Pada tabel ini, ditunjukkan analisis pengaruh pre-treatment terhadap densitas, viskositas, nilai kalor dan yield. Hipotesis ( $H_0$ ) yang digunakan adalah faktor suhu (B) pada saat proses pirolisis tidak mempengaruhi secara signifikan pada densitas, viskositas, nilai kalor atau yield produk pirolisis. Apabila F hitung lebih besar dari F tabel (0,05) maka tolak  $H_0$  dan apabila apabila F hitung lebih kecil dari Ftabel (0,05) maka terima  $H_0$ .

Pada pengaruh suhu, hasil perhitungan anova menunjukkan bahwa yield, densitas, dan viskositas menunjukkan hasil yang signifikan. Suhu pada proses pirolisis ini penting karena energi yang memicu reaksi perengkahan adalah suhu. Sehingga dengan adanya kenaikan suhu operasi akan signifikan berpengaruh terhadap hasil pirolisis. Pada densitas, suhu akan memperbanyak kemungkinan reaksi perengkahan dan menyebabkan rantai karbon semakin pendek yang berpengaruh pada densitas. Uji nilai kalor dilakukan dengan uji bakar pada setiap produk hasil pirolisis. Dari hasil analisis anova didapatkan hasil yang tidak signifikan antara pengaruh suhu terhadap nilai kalor akibat dari rantai karbon yang dihilangkan masih mendekati senyawa-senyawa yang berada pada rentang bahan bakar diesel, bensin, dan kerosen yang memiliki nilai kalor yang tidak terlalu berbeda.

### 3.3 Pengaruh Interaksi Pre-treatment dan Suhu terhadap Yield, Nilai kalor, Densitas, dan Viskositas

**Tabel 4.** Hasil perhitungan F-hitung dan data F-tabel untuk pengaruh interaksi pretreatment dan suhu terhadap densitas, viskositas, nilai kalor, dan yield

Variabel	F hitung	Ftabel (0,05)	Analisa
Densitas	30,9274	6,94	Signifikan
Viskositas	3,5327	6,94	Tidak Signifikan
Nilai Kalor	0,6457	6,94	Tidak Signifikan
Yield	235,5575	6,94	Signifikan

Tabel 4. menyajikan data hasil F-hitung dan F-tabel yang telah dilakukan pada penelitian. Pada tabel ini, ditunjukkan analisis pengaruh interaksi pre-treatment dan suhu terhadap densitas, viskositas, nilai kalor dan yield. Hipotesis ( $H_0$ ) yang digunakan adalah interaksi pre-treatment dan suhu (AB) pada saat proses pirolisis tidak mempengaruhi secara signifikan pada densitas, viskositas, nilai kalor atau yield produk pirolisis. Apabila F hitung lebih besar dari F tabel (0,05) maka tolak  $H_0$  dan apabila apabila F hitung lebih kecil dari Ftabel (0,05) maka terima  $H_0$ .

Pengaruh interaksi Pre-treatment dan Suhu, hasil analisis anova menunjukkan bahwa yield dan densitas dipengaruhi secara signifikan. Ini diakibatkan pada proses pretreatment yang baik akan menyebabkan feed semakin bersih. Semakin tinggi suhu yang diberikan, maka semakin tinggi juga kemungkinan reaksinya terjadi. Apabila kemungkinan reaksi terjadi makin tinggi maka yield dari proses secara otomatis akan meninggi. Dengan semakin banyak hidrokarbon rantai panjang yang terengkah dan berubah menjadi hidrokarbon dengan rantai karbon yang lebih pendek nilai viskositasnya akan berubah. Dari data yang dianalisis menggunakan anova didapatkan bahwa interaksi pre-treatment dan suhu berpengaruh signifikan terhadap hasil yield dan densitas produk pirolisis. Sedangkan pada nilai kalor dan viskositas, faktor interaksi dari Pre-treatment dan suhu tidak memberikan hasil yang signifikan menurut perhitungan anova.

### 3.4 Persamaan regresi

Penurunan persamaan regresi dilakukan berdasarkan metode pre-treatment yaitu penyaringan dan bubble washing. Pada pembuatan persamaan regresi ini untuk ukuran katalis dinyatakan dalam satuan  $\mu\text{m}$  dan suhu bersatuan  $^{\circ}\text{C}$ . Persamaan regresi ini dicari menggunakan program Minitab 16 (*shareware licensed*)

**Tabel 5.** Persamaan regresi menurut pretreatment

	Pretreatment	
	Penyaringan (350-550 $^{\circ}\text{C}$ , 37-210 $\mu\text{m}$ )	Bubble washing (410-490 $^{\circ}\text{C}$ , 37-210 $\mu\text{m}$ )
Densitas	$640 + 0.335 \times T + 0.117 \times D$	$678 + 0.312 \times T + 0.0327 \times D$
Viskositas	$0,00404 \times T + 0,00246 \times D$	$-7.9 + 0.0256 \times T + 0.00366 D$
Nilai kalor	$46.1 - 0.000458 \times T + 0.00199 \times D$	$46.8 - 0.00186 \times T - 0.000519 \times D$
Yield	$-24.2 + 0.121 \times T - 0.0302 \times D$	$77.7 + 0.0358 \times T - 0.00791 \times D$

Dengan T = suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan D = ukuran katalis ( $\mu\text{m}$ )

Hasil persamaan regresi pre-treatment penyaringan mengikuti rentang suhu 350-550  $^{\circ}\text{C}$ , dan persamaan regresi pretreatment bubble washing mengikuti rentang suhu 410-490  $^{\circ}\text{C}$ . Kedua persamaan regresi pada Tabel 5 menggunakan rentang ukuran katalis 37  $\mu\text{m}$  hingga 210  $\mu\text{m}$ . Persamaan regresi ini dapat digunakan untuk memperkirakan hasil dari proses pirolisis yang dilakukan dengan mengikuti syarat batas yang sudah ditentukan sebelumnya.

**Tabel 6.** Penyimpangan antara hasil perhitungan persamaan regresi dan hasil percobaan

	Penyimpangan Rata-Rata (%)	
	Penyaringan	Bubble washing
Densitas	0,010	0,027
Viskositas	68,251	0,345
Nilai kalor	1,749	0,070
Yield	2,929	0,015

Tabel 6 menunjukkan penyimpangan antara hasil perhitungan persamaan regresi dan hasil percobaan untuk setiap metode pre-treatment. Baik pada pre-treatment penyaringan maupun bubble washing, bagian viskositas memiliki penyimpangan terbesar dengan angka 68, 251% dan 0,345%.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis ANOVA pada data sekunder kedua penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa pre-treatment mempengaruhi densitas, viskositas, yield, dan nilai kalor produk hasil pirolisis, sedangkan suhu mempengaruhi densitas, viskositas dan yield tetapi tidak untuk nilai kalor produk hasil pirolisis. Interaksi keduanya hanya mempengaruhi densitas dan yield. Persamaan regresi yang diperoleh berlaku untuk rentang ukuran katalis 37  $\mu\text{m}$  hingga 210  $\mu\text{m}$  dan rentang suhu untuk metode penyaringan dan bubble washing berturut-turut 350-550  $^{\circ}\text{C}$  dan 410-490  $^{\circ}\text{C}$ .

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Biro Pusat Statistik. 2017. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2016. (<https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>) diakses pada tanggal 20 Desember 2019.
- Faulina, Fanny dan Khalid F.I. 2019. Pengaruh Temperatur Dan Penambahan Katalis Terhadap Perolehan Bahan Bakar Cair Pirolisis Katalitik. Skripsi. Bandung: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Lucyana, Anissa dan Annisaa, N.R. 2020. Pemanfaatan minyak Pelumas (Oli) bekas sebagai bahan bakar cair dengan metode pirolisis. Skripsi. Bandung: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Walpole, M. M. (2017). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. London: Pearson Education Limited.