# ANOVA APPLICATION TO ASSESS THE EFFECT OF TEMPERATURE ON VALUE AND YIELD ON LIQUID FUEL FROM HDPE

**Nurull Fanani[1)*], Eky Novianarenti[2)], Erlinda Ningsih[3)], Kartika Udyani[4)], Ari Prayitno[5)] Denny Angga Saputra[6)]**

[1)] Electrical Engineering Department, University of Technology Surabaya
Jalan Balongsari Praja V No. 1 Surabaya 60117 Indonesia
[2)] Mechanical Engineering Ship Department, Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya
Jalan Teknik Kimia Keputih Sukolilo Surabaya 60117 Indonesia
[3-6)] Chemical Engineering Department, Institute Technology Adhi Tama
Jalan Arief Rahman Hakim No. 100 Surabaya 60117 Indonesia

[*] E-mail corresponding author: nf.fanni@gmail.com

**ARTICLE INFO**

*Article history*:
Received: 19-03-2021
Received in revised form: 12-04-2021
Accepted: 14-04-2021
Published: 20-04-2021

*Keywords*:
*Anova*
*Plastic*
*Temperature*
*Calorific value*
*HDPE*

**ABSTRACT**

*Proper processing to overcome the abundance of plastic waste is needed. Currently, pyrolysis technology is one method that can overcome plastic waste. Pyrolysis is a thermochemical process, which breaks down long alkyl chains into hydrocarbons at high temperatures. This study aims to determine the effect of temperature on yield and heating value using the analysis of variance (ANOVA) method. The pyrolysis of plastic waste is carried out with HDPE plastic material. The pyrolysis process is carried out in a reactor with 50 grams of feed at various temperatures of 500, 550, 600 and 650ºC. The conclusion that can be drawn from this research is that there is a decrease in yield and calorific value with increasing temperature. The results of the analysis concluded that temperature had an effect on the yield produced and the calorific value of the product. The best yield was obtained at 35.86% and a heating value of 10530.461cal / g at a temperature of 100oC. Based on the results of data analysis using the ANOVA method, it was found that the experimental hypothesis was that temperature had an effect on yield and calorific value.*

# APLIKASI ANOVA UNTUK MENGKAJI PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP NILAI KALOR DAN YIELD PADA BAHAN BAKAR CAIR DARI HDPE

**Abstrak-** Pengolahan yang tepat untuk mengatasi keberlimpahan sampah plastik sangat diperlukan. Saat ini teknologi pirolisis adalah salah satu metode yang dapat mengatasi limbah plastik. Pirolisis adalah proses termokimia yaitu mengurai rantai alkil yang panjang menjadi hidrokarbon dengan temperature tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap *yield* dan nilai kalor dengan menggunakan metode *analysis of variance* (ANOVA). Pirolisis sampah plastik ini dilakukan dengan bahan plastik HDPE. Proses pirolisis dijalankan di dalam reaktor dengan umpan 50 gram pada variasi temperatur 500, 550, 600 dan 650ºC. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah terjadi penurunan yield dan nilai kalor dengan bertambahnya temperatur. Hasil analisis menyimpulkan bahwa temperatur berpengaruh terhadap *yield* yang dihasilkan dan nilai kalor produk. *Yield* terbaik diperoleh sebesar 35,86% dan nilai kalor 10530,461kal/ g pada temperatur 100ºC. Berdasarkan hasil analisis data menggunakan metode ANOVA didapatkan hipotesa eksperimen bahwa temperatur berpengaruh terhadap yield dan nilai kalor.

**Kata kunci :** Anova, plastik, temperatur, nilai kalor, HDPE.

## PENDAHULUAN

Sampah dalam pengolahan dan pengelolaannya masih belum optimal. Sampah yang sangat berlimpah merupakan jenis plastik. Pertumbuhan konsumsi plastik secara globar diperkirakan meningkat rata-rata sekitar 4% setiap tahun ((Sriningsih et al., 2014). Berdasarkan data di lapangan Indonesia menyumbang 12,1% sampah plastic dari total sampah plastik di Dunia (Gao, 2010).Penanganan terhadap plastik secara umum hanya sebatas dibuang (*landfill*), dibakar atau didaur ulang (*recycle*). Solusi penanganan ini belum menyelesaikan masalah atau mengurangi plastik((Ermawati, 2011). Salah satu metode untuk mengolah plastik adalah dengan pirolisis yaitu mengkonversi plastik menjadi bahan bakar (López et al., 2010; Surono, 2013).

Pirolisis merupakan proses merubah organic substansi organic tanpa katalis menggunakan temperatur dan tekanan tinggi dengan nama lain dekomposisi thermal. Proses pirolisis ini menghasilkan produk gas, padat, dan cair, proses berlangsung tanpa oksigen. Pada produk cair hasil pirolisis berupa campuran kompleks senyawa organik antara lain stirena, etil-benzena, toluene dan lain-lain (López et al., 2010). Penambahan katalis dalam proses pirolisis untuk mempercepat reaksi disebut perengkahan katalitis (Syamsiro et al., 2014).

Pengembangan penelitian berkaitan tentang konversi sampah menjadi bahan bakar sudah banyak dilakukan. Pengolahan recycling plastik dari bahan steroform (Mahmoud et al., 2016), polistirena, PET (Adnan et al., 2015), (Udyani et al., 2018) dan berbagai jenis plastik (Rachmawati & Herumurti, 2015). Untuk meningkatkan hasil dari proses pirolisis penggunakan katalis juga dibutuhkan. (Artetxe et al., 2013; Hernández et al., 2007) menggunakan katalis HZSM-5 dengan plastik HDPE, (Budianto, 2017) menggunakan katalis $MgCO_3$ dengan plastic PET. Penambahan katalis memberikan pengaruh *yield* dan nilai kalor.

Umumnya data dari suatu penelitian proses analisa data dilakukan dengan menggunakan metode yang berbasis pada standar. Pada metode tersebut memiliki kelemahan yaitu dasar untuk menarik kesimpulan adalah statistic deskriptif. Sehingga mendorong kami untuk melakukan penelitian analisis data dengan menggunakan metode aplikasi analysis of variance (ANOVA) dan software statistik Minitab 14. Dengan aplikasi ini diharapkan kesimpulan yang didapatkan lebih akurat dan teliti. Penggunaan metode aplikasi ini digunakan untuk membuktikan atau menolak hipotesa suatu eksperimen pada pengaruh temperature terhadap yield dan nilai kalor.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dan data hasil eksperimen dianalisis menggunakan metode *one way* ANOVA. Penggunaan metode Anova sebagai analisis statistik secara matematis yang paling akurat dalam membuktikan atau menolak hipotesi suatu eksperimen. Analisis *one way* ini merupakan salah satu proses menganalisa data hasil eksperimen dengan berbagai tingkat faktor, yang biasanya lebih dari dua tingkat faktor.

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui variabel bebas yang berpengaruh terhadap respon. Pemodelan untuk Analisa ragam satu jalur ini dijabarkan sebagai berikut:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \begin{cases} i = 1,2,\dots,a \\ j = 1,2,\dots,n_i \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan

$y_{ij}$ =pengamatan ke j dalam kelompok ke i

$\mu$ = nilai tengah sering disebut dengan rerata umum

$\tau_i$ = parameter yang menyatakan rerata kelompok i

$\epsilon_{ij}$ = Galat pada pengamatan ke (i,j)

Hipotesa nol dan alternatif untuk analisis ini adalah untuk menghitung:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots. = \mu_a$ atau secara ekuivalen,

$H_o = \tau_1 = \tau_2 = \dots. = \tau_a = 0$

$H_1 = \mu_i \neq \mu_j$ untuk setidaknya satu pasangan (I,j)

Prosedur selanjutnya adalah menghitung:

$$SS_T = \sum_{i=1}^{a} \sum_{j=1}^{n} \left(y_{ij} - \bar{y}\dots\right)^2 \quad (2)$$

$$SS_t = SS_{treatments} + SS_E \quad (3)$$

$$MS_{treatments} = \frac{SS_{treatments}}{a-1} \quad (4)$$

$$MS_E = \frac{SS_E}{(N-a)} \quad (5)$$

Langkah selanjutnya adalah uji statistik dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_0 = \frac{SS_{treatments}/(a-1)}{SS_E/(N-a)} = \frac{MS_{treatments}}{MS_E} \quad (6)$$

Keterangan:

$SS_T$ : Total dikoreksi dari kuadrat penjumlahan

$SS_{treatments}$: Kuadrat penjumlahan akibat perlakuan (i.e.antara perlakuan)

$SS_E$ : Kuadrat penjumlahan akibat kesalahan (i.e.antara perlakuan)

$MS_{treatment}$: Kuadrat perlakuan

$MS_E$ : Kuadrat dari kesalahan

$F_o$ : Nilai respon dari pengamatan

$F_{\alpha,a-1,N-a}$ : Nilai respon yang didapatkan dari tabel F distribution

N : Banyak sampel

Hipotesa nol (Ho) harus ditolak dan disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan di antara variable penelitian jika(Toutenburg, 1992):

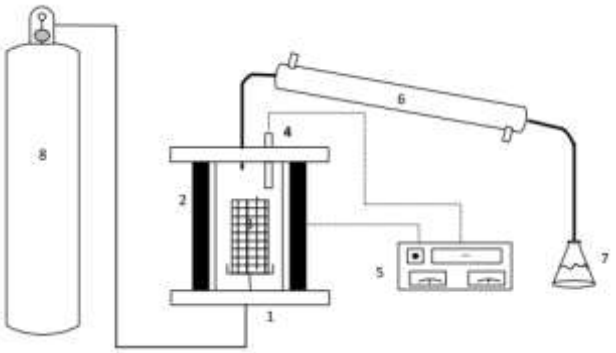
$Fo > F\alpha,a-1,n-a$ (7)

**Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah plastik jenis HDPE yang berasal dari tutup botol minuman mineral berkode 2 dan katalis Zeolite.

**Alat Penelitian**

Peralatan yang digunakan serangkaian alat pirolisis dengan reaktor berkapasitas 50 gram dan dilengkapi dengan *control panel* sebagai pengontrol temperatur reaktor. Peralatan ini juga dihubungkan dengan kondensor untuk mengkondensasi uap yang dihasilkan sehingga menjadi produk cair.



Keterangan :

1. Tabung nitrogen
2. Regulator tabung nitrogen
3. Reaktor pirolisis
4. Tempat sampel
5. Electrical heater
6. Thermocouple
7. Controlling instrument
8. Air pendingin masuk
9. Kondensor
10. Air keluaran kondensor
11. Produk liquid

**Prosedur Penelitian**

Sampel sebanyak 50 gram HDPE yang sudah dikecilkan dimasukkan ke dalam reaktor. Reaktor dipanaskan dengan temperatur (500, 550, 600, 650 ºC). untuk mempercepat reaksi ditambahkan katalis Zeolite 5% (Fanani et al., 2020). Air pendingin dialirkan melalui kondensor untuk mengkondensasi uap yang terbentuk, sehingga diperoleh produk liquid. Produk liquid ditimbang untuk mendapatkan besarnya *yield* dan juga dianalisa nilai kalornya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Pengaruh Temperatur terhadap *Yield***

Proses pirolisis dilakukan dengan variasi temperatur yaitu 500, 550, 600, 650 ºC, bahan baku plastik yang digunakan adalah HDPE. Plastik HDPE dimasukkan ke dalam reaktor sebanyak 50 gram dan proses pirolisis berlangsung selama 60 menit. Hasil rerata *yield* yang dihasilkan disajikan dalam tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil *yield* pirolisis

| Variabel | *Yield (%)* Replikasi | | | Total | Rata-Rata (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 500 | 35,86 | 34,92 | 35,72 | 106,5 | 35,5 |
| 550 | 31,02 | 31,18 | 30,98 | 93,18 | 31,06 |
| 600 | 19,36 | 19,09 | 18,77 | 57,22 | 19,07 |
| 650 | 11,31 | 10,86 | 11,09 | 33,26 | 11,09 |

HDPE merupakan jenis plastik yang terdekomposisi pada temperatur relatif rendah yaitu 500ºC(Elordi et al., 2011). Berdasarkan data yang dihasilkan pada Tabel 1. terlihat bahwa yield tertinggi didapatkan pada temperatur 500ºC. sedangkan pada temperature di atas 500ºC mengalami penurunan. Yield tertinggi pada plastik HDPE didapatkan pada temperatur 500ºC sebesar 35,86%. Hipotesa ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sogancioglu et al., 2017), di mana yield liquid pada plastik HDPE didapat berturut-turut sebesar 88,54%; 87,87%; 87,62; 87,55%; dan 83,86%. Penurunan *yield* bisa disebabkan penyebaran fluida gas yang tidak merata, sehingga terbentuk gelembungan, penorakan, dan saluran-saluran fluida yang terpisah. Hal ini dapat berdampak terhadap kualitas yield cair pada proses pirolisis ini(Ermawati, 2011).

```
Source  DF        SS       MS        F      P
Suhu     3  1118,971  372,990  3672,37  0,000
Error    8     0,813    0,102
Total   11  1119,783
S = 0,3187   R-Sq = 99,93%   R-Sq(adj) = 99,90%
```

```
                          Individual 95% CIs For Mean Based on
                          Pooled StDev
Level  N    Mean  StDev  -----+---------+---------+---------+----
1      3  35,500  0,507                                      (*
2      3  31,060  0,106                                *)
3      3  19,073  0,295             *)
4      3  11,087  0,225  (*
                          -----+---------+---------+---------+----
                            14,0      21,0      28,0      35,0
Pooled StDev = 0,319

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Suhu

Individual confidence level = 98,74%
```

Pada hasil analisa data menggunakan minitab 14 dengan metode ANOVA, memperlihatkan bahwa nilai F tabel lebih kecil dibandingkan dengan nilai F hitung. Hasil ini menunjukkan bahwa hipotesa nol harus ditolak dan menerima hipotesa alternatifnya yaitu terdapat perbedaan yang signifikan di antara variabel penelitian yang dilakukan. Sehingga secara teknis dapat diartikan bahwa peningkatan temperatur berpengaruh terhadap yield cair yang dihasilkan.

**Pengaruh Temperatur terhadap Nilai Kalor**

Indikator kualitas dari minyak sebagai bahan bakar adalah nilai kalor. Data hasil pengujian terhadap produk cair pirolisis disajikan pada Tabel 2. Pada tabel 2, terlihat jelas bahwa nilai kalor tertinggi pada temperatur 500$^{o}$C yaitu sebesar 10530,423 kal/g dan terendah sebesar 9270,82 kal/g pada temperature 650$^{o}$C. fenomena tersebut berbeda dengan plastik jenis LDPE, di mana semakin tinggi temperatur nilai kalor juga meningkat (Udyani et al., 2018; Wisnujati, 2016). Hal ini disebabkan bahwa kandungan wax yang cukup tinggi pada HDPE, sehingga berpengaruh pada kualitas minyak yang dihasilkan (Elordi et al., 2011).

**Tabel 2.** Hasil Analisa Nilai Kalor

| Variabel | *Nilai Kalor (kal/g)* Replikasi | | | Total | Rata-Rata (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 500 | 10530,461 | 10529,672 | 10530,423 | 31590,56 | 10530,19 |
| 550 | 10452,425 | 10454,399 | 10450,819 | 31357,64 | 10452,55 |
| 600 | 10270,018 | 10269,918 | 10268,879 | 30808,82 | 10269,61 |
| 650 | 9270,693 | 9270,316 | 9270,82 | 27811,83 | 9270,61 |

```
Source  DF       SS       MS           F      P
Suhu     3  3066673  1022224  1053867,05  0,000
Error    8        8        1
Total   11  3066681
S = 0,9849   R-Sq = 100,00%   R-Sq(adj) = 100,00%

                          Individual 95% CIs For Mean Based on
                          Pooled StDev
Level  N     Mean  StDev  -----+---------+---------+---------+----
1      3  10530,2    0,4                                        *
2      3  10452,5    1,8                                      *
3      3  10269,6    0,6                                *
4      3   9270,6    0,3  *
                          -----+---------+---------+---------+----
                            9450      9800     10150     10500

Pooled StDev = 1,0
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Suhu

Individual confidence level = 98,74%
```

Setelah dilakukan replikasi tiga kali dalam setiap variable eksperimen, maka dilakukan analisa data, sehingga dapat memperkuat hipotesa dan lebih teliti. Analisa data yang dihasilkan dengan menggunakan minitab 14 dengan metode ANOVA, untuk variable nilai kalor dan temperature memperlihatkan hal yang sama dengan hipotesa yield yaitu nilai F tabel lebih kecil dibandingkan dengan nilai F hitung, sehingga hipotesa nol harus ditolak.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu (1) *Yield* dan nilai kalor mengalami penurunan dengan bertambahnya temperature, (2) Perubahan temperatur berpengaruh terhadap *yield* yang dihasilkan. Yield tertinggi diperoleh sebesar sebesar 35,86% pada temperatur 500$^{o}$C. Dari hasil ANOVA diperoleh nilai F tabel ($F_{3,8}$) sebesar 4,066 nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai F hitung (3672,37), maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan diantara nilai rata-rata perlakuan., (3) Temperatur juga mampu memberikan pengaruh terhadap nilai kalor. Kenaikan temperatur menurunkan nilai kalor. Nilai kalor yang tertinggi didapatkan pada temperature 500$^{o}$C yaitu sebesar 10530,461 kal/ g. Hasil ANOVA juga menunjukkan bahwa nilai Fo hitung (1053867,05) lebih besar dibandingkan dengan nilai F tabel ($F_{3,8}$) yaitu sebesar 4,066 yang mengindikasikan bahwa terjadi perbedaan yang signifikan juga terhadap nilai rata-rata perlakuan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

DRPM DIKTI untuk penelitian skema Penelitian Dosen Pemula untuk anggaran 2020, LPPM Universitas Teknologi Surabaya, LPPM Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, dan LPPM Institut Teknologi Adhi Tama.

## DAFTAR PUSTAKA

Adnan, Shah, J., & Jan, M. R. (2015). Effect of polyethylene terephthalate on the catalytic pyrolysis of polystyrene: Investigation of the liquid products. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, *51*, 96–102. https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.01.015

Artetxe, M., Lopez, G., Amutio, M., Elordi, G., Bilbao, J., & Olazar, M. (2013). Cracking of high density polyethylene pyrolysis waxes on HZSM-5 catalysts of different acidity. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, *52*(31), 10637–10645. https://doi.org/10.1021/ie4014869

Budianto, A. (2017). Pirolisiss Botol Plastik Bekas Minuman Air Mnieral Jenis Pet Menjadi Fuel. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan V*, 201–206. http://conference.itats.ac.id/index.php/sntekpan/2017/paper/view/156

Elordi, G., Olazar, M., Lopez, G., Artetxe, M., & Bilbao, J. (2011). Product yields and compositions in the continuous pyrolysis of high-density polyethylene in a conical spouted bed reactor. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, *50*(11), 6650–6659. https://doi.org/10.1021/ie200186m

Ermawati, R. (2011). Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif. In *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)* (Vol. 5, Issue 3, pp. 257–263). http://ejournal.kemenperin.go.id/jri/article/view/3319/pdf_65

Fanani, N., Novianarenti, E., Ningsih, E., Udyani, K., Budianto, A., & Tuhuloula, A. (2020). Study of The Effect of Zeolite Catalyst Use on Renewable Energy Products from HDPE Plastic Pyrolysis. *Journal of Applied Sciences, Management and Engineering Technology*, *1*(2), 58–63. https://doi.org/10.31284/j.jasmet.2020.v1i2.1305

Gao, F. (2010). Pyrolysis of Waste Plastics into Fuels. *Thesis*.

Hernández, M. del R., Gómez, A., García, Á. N., Agulló, J., & Marcilla, A. (2007). Effect of the temperature in the nature and extension of the primary and secondary reactions in the thermal and HZSM-5 catalytic pyrolysis of HDPE. *Applied Catalysis A: General*, *317*(2), 183–194. https://doi.org/10.1016/j.apcata.2006.10.017

López, A., de Marco, I., Caballero, B. M., Laresgoiti, M. F., & Adrados, A. (2010). Pyrolysis of municipal plastic wastes: Influence of raw material composition. *Waste Management*, *30*(4), 620–627. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.10.014

Mahmoud, M. E., Abdou, A. E. H., & Ahmed, S. B. (2016). Conversion of Waste Styrofoam into Engineered Adsorbents for Efficient Removal of Cadmium, Lead and Mercury from Water. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, *4*(3), 819–827. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b01149

Rachmawati, Q., & Herumurti, W. (2015). Pengolahan Sampah Secara Pitolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik. *Jurnal Teknik ITS*, *4*(1), 27–29.

Sogancioglu, M., Yel, E., & Ahmetli, G. (2017). Pyrolysis of waste high density polyethylene

(HDPE) and low density polyethylene (LDPE) plastics and production of epoxy composites with their pyrolysis chars. *Journal of Cleaner Production*, *165*, 369–381. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.157

Sriningsih, W., Saerodji, M. G., Trisunaryanti, W., Triyono, Armunanto, R., & Falah, I. I. (2014). Fuel Production from LDPE Plastic Waste over Natural Zeolite Supported Ni, Ni-Mo, Co and Co-Mo Metals. *Procedia Environmental Sciences*, *20*, 215–224. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.028

Surono, U. B. (2013). Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik*, *3*(October), 32–40.

Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z., & Yoshikawa, K. (2014). Fuel oil production from municipal plastic wastes in sequential pyrolysis and catalytic reforming reactors. *Energy Procedia*, *47*, 180–188. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.212

Toutenburg, H. (1992). Mathematical statistics with applications, 4th edition. In *Computational Statistics & Data Analysis* (Vol. 13, Issue 1). https://doi.org/10.1016/0167-9473(92)90162-9

Udyani, K., Ningsih, E., & Arif, M. (2018). Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Yield Dan Nilai Kalor Bahan Bakar Cair Dari Bahan Limbah Kantong Plastik. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VI*, *2013*, 389–394.

Wisnujati, A. (2016). Penerapan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Mesin Pengupas Kulit Ari Kedelai Jenis Screw Pada Industri Kecil Tempe. *Teknoin*, *22*(1). https://doi.org/10.20885/teknoin.vol22.iss1.art2.