

## DESIGN PLASTIC WASTE PROCESSING EQUIPMENT INTO ALTERNATIVE FUELS USING FRACTIONAL DISTILLATION METHOD (FIVE KILOGRAM CAPACITY)

Rancang Bangun Alat Pengolah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif Dengan Metode Destilasi Bertingkat (Kapasitas Lima Kilogram)

Disabella Dayera<sup>1</sup>, Hengky A. Toumahuw<sup>1</sup>, Ishak Aryanto<sup>1</sup>, Hanas Yudi Kurniawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua, Kota Sorong, Papua Barat Daya, Indonesia

<sup>2</sup>Mahasiswa, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua, Kota Sorong, Papua Barat Daya, Indonesia

### Informasi Artikel

#### Riwayat Artikel

Diserahkan : 13-12-2023

Direvisi : 22-01-2024

Diterima : 17-03-2024

#### Kata Kunci:

Pyrolysis, Sampah Plastik, Distilasi Bertingkat, Bahan Bakar Alternatif

#### Keywords :

Pyrolysis, Plastic Waste, Fractional Distillation, Alternative Fuels

### ABSTRAK

Pencemaran lingkungan akibat sampah plastik sudah sangat meresahkan, maka dari itu perlu dicari solusinya. Mengingat plastik terbuat dari turunan minyak bumi, maka dapat dikembalikan ke komponen hidrokarbonnya dengan cara membuat suatu alat yang menerapkan teori pirolisis dan dikombinasikan dengan metode destilasi bertingkat untuk mengolah sampah plastik menjadi residu yang aman bagi lingkungan dan menghasilkan minyak yang berguna sebagai bahan bakar alternatif. Metode penelitian yang digunakan terdiri dari studi kepustakaan untuk menentukan rancangan alat, observasi bahan baku sampah plastik, dan terakhir melakukan pengujian dan analisa data untuk mengetahui nilai efisiensi termal alat, jumlah energi kalor yang digunakan, dan jumlah produksi minyak. Alat ini sendiri secara keseluruhan dibuat menggunakan material baja tahan karat, dengan kapasitas tampung 5 kg, dan memiliki tiga titik keluaran minyak yang bertujuan untuk memisahkan jenis uap hidrokarbon berdasarkan perbedaan titik didihnya. Berdasarkan hasil pengujian serta perhitungan data dari alat ini, diperoleh minyak sebanyak 2132,6 ml dari tiga titik keluaran yang masing-masing keluaran memperoleh jumlah total rata-rata yaitu; 1021,6 ml di titik (A), 511,6 ml di titik (B), dan 599,4 ml di titik (C). Dan alat ini memperoleh nilai efisiensi termal sebesar 53,7%, serta jumlah energi kalor yang digunakan adalah sebesar 484640 Joule.

### ABSTRACT

*Environmental pollution due to plastic waste has been very troubling, therefore it is necessary to find solution. Thinking that plastic is made from petroleum products, it can be returned to its hydrocarbon component by making a equipment that applies pyrolysis method and combined with fractional distillation method to process plastic waste into residues that are safe for the environment and obtain useful oil products as alternative fuels. The research method used consists of*

*literature review to determine equipment design, observation of plastic waste raw materials, and last is experimentally testing and analyze data to determine the value of the thermal efficiency, the amount of heat energy used, and the amount of oil production. This equipment is made entirely using stainless steel material, with capacity of 5 kg, and has three oil output points than aim to separate the types of hydrocarbon vapor based on the difference in boiling point. From the test results and data calculations, this equipment produces 2132,6 ml of oil from three outputs points where each output obtains an average total amount is; 1021,6 ml in point (A), 511,6 ml in point (B), and 599,4 ml in point (C). And this equipment gets a thermal efficiency value of 53,7%, and the amount of heat energy used was found to be 484640 Joules.*

---

**Corresponding Author :**

**Hanas Yudi Kurniawan**

Teknik Mesin, Teknik, Universitas Kristen Papua

Jl. F. Kalasuat, Malanu, Kota Sorong

Email: [hanasyudik230@gmail.com](mailto:hanasyudik230@gmail.com)

---

---

## PENDAHULUAN

Menipisnya ketersediaan bahan bakar minyak (BBM) dan meningkatnya pencemaran lingkungan hidup akibat sampah plastik adalah merupakan dua permasalahan besar yang sudah dianggap serius oleh negara-negara di seluruh dunia termasuk Indonesia.

Menurut SKK-MIGAS, produksi minyak mentah terus menurun rata-rata sebesar 5,8% per tahun, sementara kebutuhan akan minyak bumi terus meningkat. Tercatat pada tahun 2017 konsumsi BBM secara nasional di Indonesia meningkat sebesar 1,65 juta barel per hari, sedangkan produksi minyaknya hanya 949 ribu barel per hari. (Online/Ant, 2017) Semakin menipisnya ketersediaan BBM ini juga berdampak pada naiknya harga BBM tersebut, sehingga menimbulkan permasalahan tersendiri bagi kalangan masyarakat yang kurang mampu di beberapa daerah.

Sementara disisi lain muncul permasalahan mengenai sampah plastik yang kian hari semakin menumpuk sehingga mencemari dan merusak lingkungan hidup. Data Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa sampah plastik di Indonesia tercatat sebanyak 64 juta ton per tahun di mana 3,2 juta ton merupakan sampah plastik yang dibuang ke laut. (Puspita, 2018) Dan seperti yang kita ketahui bahwa sampah plastik tidak dapat terurai oleh lingkungan, dan zat kimia yang terkandung di dalamnya dapat membahayakan makhluk hidup baik itu di laut maupun yang didarat termasuk juga manusia.

Berdasarkan kedua permasalahan di atas, terdapat salah satu solusi alternatif, yaitu dengan memanfaatkan sampah plastik untuk diubah menjadi BBM alternatif yang dapat digunakan oleh masyarakat. Hal ini dapat dilakukan karena melihat dari sifat penyusun plastik yang tersusun dari komponen hidrokarbon minyak bumi, sehingga dapat dikembalikan dengan cara memecahkan dan memisahkan rantai polimer (fraksionasi) karbonnya atau disebut juga dengan metode pirolisis (Ermawati, 2011), serta dikombinasikan dengan metode destilasi bertingkat agar didapatkan hasil minyak yang kualitasnya bisa mendekati BBM konvensional.

Pirolisis adalah suatu bentuk penguraian benda padat secara kimia melalui pemanasan tanpa atau dengan sedikit oksigen menjadi fasa Gas. Pirolisis atau devolatilisasi juga merupakan proses perengkahan plastik pada suhu tinggi. Pada proses ini material polimer atau plastik dipanaskan pada suhu tinggi sehingga menyebabkan struktur makro molekul dari plastik terurai menjadi molekul yang lebih kecil dan terbentuknya hidrokarbon rantai pendek. Produk yang dihasilkan berupa fraksi gas ( $H_2$ , CO,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ), residu padat dan fraksi cair (minyak pirolisis) yang mengandung paraffin, olefin, naphthan, dan aromatis. Hasil proses pirolisis ini dipengaruhi oleh jenis dan karakteristik bahan baku yang digunakan, waktu, dan suhu. (Demirbaş, 2005)

Sedangkan Destilasi atau biasa disebut juga penyulingan adalah suatu proses pemurnian yang didahului dengan penguapan senyawa cair dengan cara memanaskannya, kemudian mengembunkan uap yang terbentuk. (Arwizet, 2017) Destilasi bertingkat atau destilasi fraksionasi

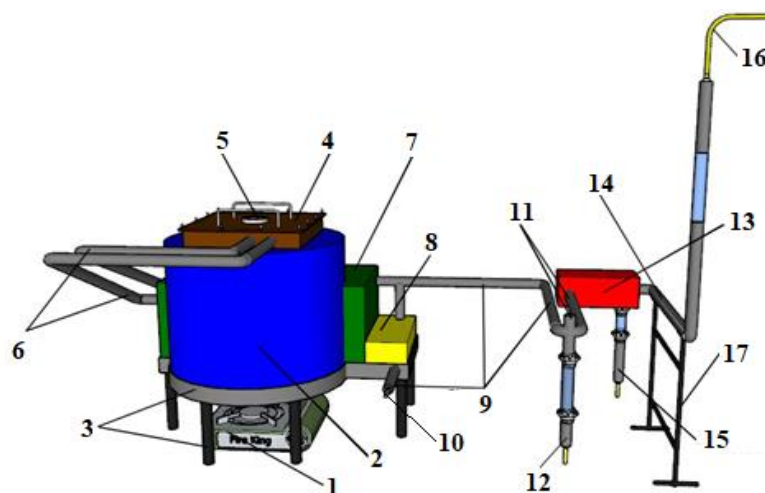
berfungsi memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Perbedaan destilasi bertingkat dengan destilasi sederhana adalah adanya kolom-kolom fraksinasi. Kolom fraksinasi berfungsi agar kontak antara cairan dengan uap terjadi lebih lama Sehingga komponen yang lebih berat dengan titik didih yang tinggi akan turun ke kondensor pertama, sedangkan komponen yang ringan dengan titik didih yang lebih rendah akan terus menguap dan masuk ke kondensor berikutnya. Aplikasi dari distilasi jenis ini digunakan juga pada industri minyak mentah, untuk memisahkan komponen-komponen dalam minyak mentah.(Azizah, Sari and Maryudi, 2016)

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini data atau informasi yang dapat diperoleh melalui beberapa metode, yaitu :

1. Penelitian kepustakaan (Studi Pustaka)  
 Dalam penelitian ini penulis menggunakan buku-buku atau literatur serta sumber dari Internet yang ada hubungannya dengan rancang bangun alat destilasi, minyak pirolisis, dan tentang sampah plastik, baik sebagai sumber data dan informasi maupun sebagai teori dasar yang dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya.
2. Pengamatan secara langsung atau Observasi  
 Metode ini merupakan metode yang langsung diadakan observasi dengan melakukan survei dilingkungan sekitar kota Sorong dan di TPA untuk mencari ketersediaan komponen dan bahan baku sampah plastik.
3. Pengujian / Eksperimen :  
 Metode ini adalah kegiatan menguji coba Alat pengolah sampah plastik yang telah selesai dibuat, untuk mengetahui kinerja yang dihasilkan.

Proses perancangan, pembuatan, pengujian alat, dan pengambilan data dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Kristen Papua Sorong. Data yang diperoleh kemudian dianalisa untuk melihat karakteristik kerja alat, mencari tahu nilai efisiensi termal dan jumlah energi kalor yang digunakan. Adapun rancangan alat yang telah dibuat dapat dilihat pada [Gambar 1](#) :



Gambar 1. Desain Alat Pengolah Sampah Plastik (3D)

Keterangan Gambar :

- |                       |                             |                             |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. Kompor             | 7. Ruang Destilasi (A)      | 13. Ruang Kondensasi (C)    |
| 2. Tabung Reaktor     | 8. Ruang Destilasi (B)      | 14. Pipa Kondensasi (C)     |
| 3. Dudukan utama Pipa | 9. Pipa Kondensasi (A)      | 15. Keluaran Kondensasi (C) |
| 4. Penutup Reaktor    | 10. Keluaran Kondensasi (A) | 16. Selang Hawa             |
| 5. Thermometer Uap    | 11. Pipa Kondensasi (B)     | 17. Penyangga Kedua         |
| 6. Pipa Destilasi     | 12. Keluaran Kondensasi (B) |                             |

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Perancangan Alat

Hasil pembuatan alat pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif dengan kapasitas lima kilogram sesuai desain yang telah dibuat dapat dilihat pada [gambar 2](#) dan [gambar 3](#) sebagai berikut :



Gambar 2. Tampak Depan Alat

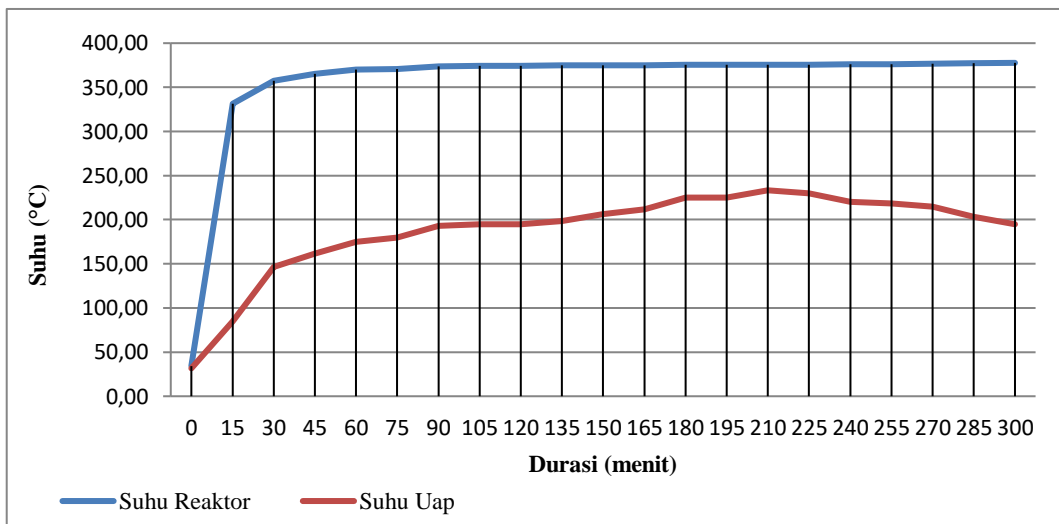


Gambar 3. Proses Uji Coba Alat

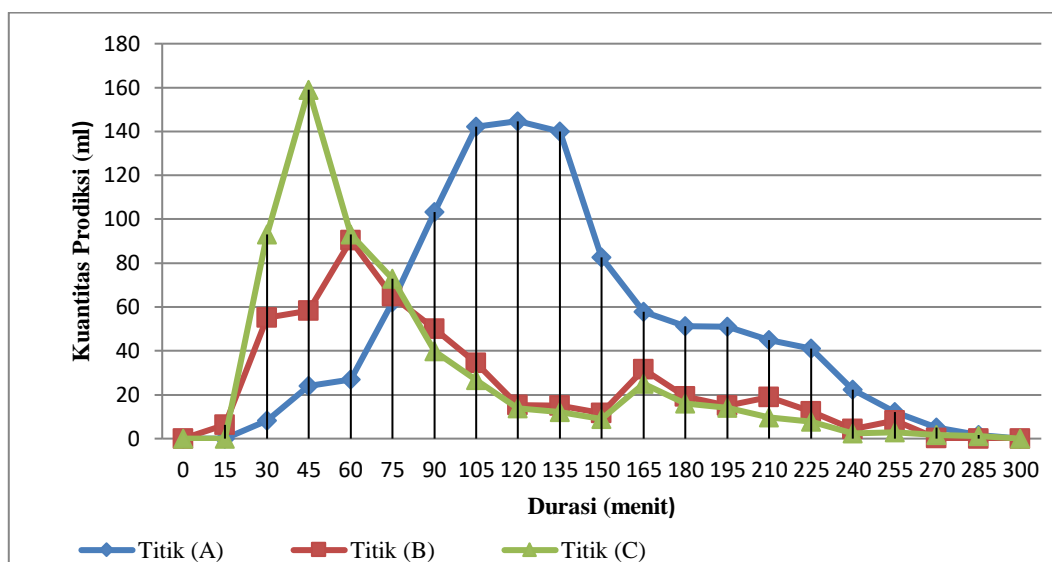
**B. Data Pengujian Alat**

Tabel I. Data Hasil Pengujian Alat

NO.	DURASI (menit)	SUHU REAKTOR (°C)	SUHU UAP (°C)	KUANTITAS PRODUKSI (ml)		
				TITIK (A)	TITIK (B)	TITIK (C)
1	0	34.40	31.60	0	0	0
2	15	331.70	85.00	0	6.3	0
3	30	357.60	146.60	8.2	55.2	93
4	45	365.20	161.60	24.1	58.3	159
5	60	369.80	175.00	27	90.4	93
6	75	370.60	180.00	62.3	64.9	73
7	90	374.00	193.30	103.3	50.1	39.7
8	105	374.30	195.00	142.2	34.5	26.7
9	120	374.50	195.00	144.7	15.3	13.8
10	135	374.80	198.30	140	15	12
11	150	375.00	206.60	82.6	11.7	8.9
12	165	375.20	211.60	57.8	31.5	24.9
13	180	375.50	225.00	51.3	19.2	16
14	195	375.70	225.00	51	15	14
15	210	375.80	233.30	45	19	9.6
16	225	375.80	230.00	41	12.3	7.7
17	240	376.20	220.00	22.3	4.3	2.4
18	255	376.30	218.30	12.1	8.3	2.9
19	270	376.50	215.00	5	0.3	1.6
20	285	377.60	203.30	1.7	0	1.2
21	300	377.70	195.00	0	0	0
<b>TOTAL</b>		7464.20	3944.50	1021.6	511.6	599.4
<b>RATA-RATA</b>		355.4380952	187.8333	48.647619	24.361905	28.542857



Gambar 4. Grafik suhu Operasional Alat



Gambar 5. Grafik Produksi Alat

Dari data diatas dapat dilihat pada gambar 4, bahwa karakteristik suhu pemanasan reaktor terus naik seiring dengan lamanya waktu proses, dengan capaian tertinggi adalah 377,7°C pada durasi 300 menit. Sedangkan hal berbeda terlihat pada suhu uap hidrokarbon di reaktor, karakteristiknya terlihat terus naik sampai 233,3°C pada durasi ke 210 menit dan kemudian turun secara perlahan sampai 195°C pada durasi terakhir yakni 300 menit. Untuk produksi minyak sendiri dapat dilihat pada gambar 5, bahwa minyak dititik (B) adalah yang pertama menghasilkan saat 15 menit di suhu 331,7°C, kemudian di 30 menit seluruh titik sudah mulai menghasilkan pada suhu di 357,6°C. Perolehan tertinggi pada titik (A) adalah 144,7 ml pada durasi 120 menit di suhu 374,5°C, kemudian perolehan tertinggi pada titik (B) adalah 90,4 ml pada durasi 60 menit di suhu 369,8°C, dan perolehan tertinggi pada titik (C) adalah 159 ml pada durasi 45 menit di suhu 365,2°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produksi minyak pada titik (A) mulai menghasilkan minyak dengan jumlah yang lebih banyak di pertengahan proses pada saat suhu reaktor semakin naik dan mulai menurun dengan perlahan sampai akhir proses. sedangkan karakteristik pada titik (B) dan (C) hampir memiliki kesamaan, yaitu memproduksi minyak di awal proses pada suhu dikisaran 357-370°C dan kemudian pada saat suhu reaktor semakin naik justru menghasilkan sedikit minyak sampai di akhir proses. Oleh karena hal itu dapat dilihat bahwa total produksi di titik (A) dapat memperoleh 1021,6 ml atau 21,8% lebih banyak dari total produksi di titik (B) dan (C) yaitu 511,6 ml dan 599,4 ml.

### C. Analisis Perhitungan

1. Kalor yang digunakan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Widyastuti and Ishafit, 2019):

$$Q = m \times c_p \times \Delta T$$

Diketahui :

$$m = 5 \text{ kg}$$

$$c_p = 466 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 233^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 208^{\circ}\text{C}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} Q &= m \times c_p \times \Delta T \\ &= 5 \text{ kg} \times 466 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \times 208^{\circ}\text{C} \\ &= 484640 \text{ J} \end{aligned}$$

## 2. Kalor yang Tersedia

Diketahui :

$$\begin{aligned} m_{bb} &= 3 \text{ kg} \\ c_{pLPG} &= 854 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \\ \Delta T &= 377,7^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 352,7^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} Q &= m_{bb} \times c_{pLPG} \times \Delta T \\ &= 3 \text{ kg} \times 854 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \times 352,7^{\circ}\text{C} \\ &= 901824 \text{ J} \end{aligned}$$

## 3. Efisiensi Thermal Alat

Diketahui :

$$\begin{aligned} Q_{\text{Digunakan}} &= 484640 \text{ J} \\ Q_{\text{Tersedia}} &= 901824 \text{ J} \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \eta_{\text{th}} &= \frac{Q_{\text{Digunakan}}}{Q_{\text{Tersedia}}} \times 100\% \\ \eta_{\text{th}} &= \frac{484640 \text{ J}}{901824 \text{ J}} \times 100\% \\ &= 0,537 \times 100\% \\ &= 53,7\% \end{aligned}$$

## KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan di penelitian rancang bangun alat pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif dengan metode destilasi bertingkat (kapasitas lima kilogram) ini, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Alat ini memperoleh nilai efisiensi termal sebesar 53,7%.
- 2) Jumlah energi kalor yang digunakan oleh alat untuk mengolah 5 kg sampah plastik padat menjadi fasa gas adalah sebesar 484640 Joule.
- 3) Hasil total perolehan minyak dari alat ini sebanyak 2132,6 ml, didapat dari tiga titik keluaran dengan masing-masing perolehan rata-rata yaitu 1021,6 ml di titik (A), 511,6 ml di titik (B), dan 599,4 ml di titik (C).

## REFERENSI

- Arwizet, A. (2017) 'Mesin Destilasi Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Kondensor Bertingkat Dan Pendingin Kompresi Uap', *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 17(2), pp. 75–88.
- Azizah, I.N., Sari, N.P. and Maryudi, M. (2016) 'Pengaruh Panjang Kolom Distilasi Bahan Isian Terhadap Hasil Produk Cair Sampah Plastik', *Chem. J. Tek. Kim*, 2(1), p. 21.
- Demirbaş, A. (2005) 'Recovery of chemicals and gasoline-range fuels from plastic wastes via pyrolysis', *Energy Sources*, 27(14), pp. 1313–1319.
- Ermawati, R. (2011) 'Konversi limbah plastik sebagai sumber energi alternatif', *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*, 5(3), pp. 257–263.
- Online/Ant, R.W. (2017) 'SKK Migas: Masyarakat Indonesia Rakus Konsumsi BBM', *Warta Ekonomi.co.id*. Available at: <https://m.wartaekonomi.co.id/berita/152820/skk-migas-masyarakat-indonesia-rakus-konsumsi-bbm>.
- Puspita, S. (2018) 'Indonesia penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia', *Kompas.com*, 19.
- Widyastuti, W. and Ishafit, I. (2019) 'Penentuan Kalor Jenis Bahan menggunakan Metode Pendinginan Newton dan Sensor Suhu DS18B20 Berbasis Arduino Uno'. Doctoral dissertation, Universitas Ahmad Dahlan.