

# Rancang Bangun Alat Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Melalui Pirolisis

Indah Pratiwi

Teknik Laboratorium Migas, Politeknik Akamigas Palembang

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

## ARTICLE HISTORY

Received [05 Juni 2022]  
Revised [19 Juni 2022]  
Accepted [12 Juli 2022]

## KEYWORDS

Pyrolysis, Plastic, Fuel

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



## ABSTRAK

Plastik merupakan salah satu sampah yang sangat sulit terdegradasi. Dibutuhkan ribuan tahun untuk menguraikan sampah plastik oleh tanah secara terdekomposisi, dan saat terurai akan mencemari tanah dan air tanah. Salah satu cara untuk mengurangi sampah plastik yaitu dengan pirolisis. Untuk memirolisis plastik dibutuhkan suhu hingga 200 OC -300 OC, maka dibutuhkan energi yang besar untuk memirolisis plastik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pirolisis plastik. Perancangan dilakukan setelah analisa tehnik pada alat, dimana alat pirolisis plastik. Penelitian ini menghasilkan produk yaitu minyak hasil pirolisis. Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap alat pirolisis-plastik didapat nilai rendemen dari masing-masing produk yaitu 1,85 % rendemen minyak. Kapasitas alat pirolisis plastik ini adalah 11,3 ml/jam.

## ABSTRACT

Plastic is a type of waste which is very difficult to degrade. It takes thousands of years to decompose plastic waste by the soil, and when it decomposes it will pollute the soil and groundwater. One way to reduce plastic waste is by pyrolysis. The temperature needed to pyrolyze plastics is from 200 OC up to 300 OC, so it takes a lot of energy to pyrolyze plastics. This study aims to design a plastic pyrolysis device. The design was done after technical analysis conducted on the tool, where the yield value was calculated in the plastic pyrolysis tool. This research produces product in form of pyrolysis oil. From the results of the tests carried out on the plastic-pyrolysis tool, the yield value of each product was 1.85%. The capacity of this plastic pyrolysis tool was 11.3 ml/hour.

## PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan plastik merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk. Di Indonnesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Tahun 2010, tercatat 2,4 juta ton, di tahun 2011 naik menjadi 2,6 juta ton. Di tahun 2015, sudah meningkat menjadi 3,2 juta ton. (Karuniastuti, 2018) Akibat peningkatan penggunaan plastik tersebut mengakibatkan kepada bertambah nya sampah plastik. Pada periode 2017-2018 di kota Palembang dengan jumlah penduduk sebesar 1800531 jiwa menghasilkan sampah sejumlah 750 ton per hari. Dari jumlah tersebut 17,05 % berupa sampah plastik atau sejumlah 128 ton sampah plastik/hari (Statistik Pertanian, Departemen pertanian, 2004). Penanganan sampah plastik saat ini telah banyak diteliti dan dikembangkan adalah mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Cara ini sebenarnya termasuk dalam recycle akan tetapi daur ulang yang dilakukan adalah tidak hanya mengubah sampah plastik langsung menjadi plastik lagi Dengan cara ini dua permasalahan penting bisa diatasi, yaitu bahaya menumpuknya sampah plastik dan memperoleh bahan bakar minyak yang merupakan salah satu energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat. memperoleh bahan bakar minyak yang merupakan salah satu energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan jumlah produk (minyak bahan bakar) yang dihasilkan oleh alat konversi limbah plastik persatuan waktu proses.

## LANDASAN TEORI

Menurut kamus besar bahasa indonesia pirolisis adalah perubahan secara kimiawi yang terjadi karena panas. Proses pirolisis merupakan tahap awal dari proses karbonisasi yaitu proses untuk memperoleh karbon dengan suhu tinggi lebih dari 500°C.

Pirolisis merupakan proses dekomposisi bahan bakar (biomassa) tanpa adanya udara. Produk yang dihasilkan oleh pirolisis adalah arang (char), gas, dan minyak (Askaditya, 2010). Berdasarkan laju pemanasannya, proses pirolisis terbagi menjadi tiga jenis yaitu slow pirolisis, fast pirolisis, dan flash pirolisis.

Berdasarkan prosesnya, beberapa faktor atau parameter yang mempengaruhi proses pirolisis adalah:

1. Waktu  
Kadar air berpengaruh pada proses pirolisis. Pengaruh pada bahan dengan kadar air yang lebih tinggi akan diperoleh padatan yang lebih banyak.
2. Ukuran Partikel  
Efek dari ukuran partikel pada proses pirolisis dari biomasa telah diteliti oleh Chaurasia dan Babu pada tahun 2005, hasil dari padatan akan meningkat sedangkan hasil dari volatil dan gas akan menurun ketika ukuran partikel meningkat. Fenomena ini adalah konsekuensi dari penurunan temperature pada setiap posisi radial dengan adanya peningkatan pada ukuran partikel.
3. Laju Pemanasan  
Ketika laju pemanasan dinaikkan maka padatan akan menurun. Produk gas yang dihasilkan pada temperatur antara 200°C dan 400°C adalah CO dan CO<sub>2</sub> sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi konsentrasi yang rendah dari gas hidrokarbon juga diamati.
4. Temperatur  
Temperatur memiliki efek penting terhadap hasil produk. Pada temperatur yang lebih tinggi maka hasil gas akan semakin banyak, hasil minyak akan meningkat sampai batas tertentu kemudian menurun, sedangkan hasil padatan cenderung rendah.

### **Pirolisis Plastik**

Proses pirolisis plastik jenis LDPE terjadi pada suhu 420 0C dan dibutuhkan waktu proses 60 menit untuk 102,8 gram massa plastik. Suhu pirolisis yang semakin tinggi akan berpengaruh pada kecepatan proses pirolisis. Pirolisis plastik akan menghasilkan gas, cairan dan padatan berupa arang. Pada proses tersebut, rantai panjang hidrokarbon akan diputus menjadi rantai pendek. Minyak hasil pirolisis memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan karakteristik minyak diesel (Ramadhan dan Ali, 2014)..

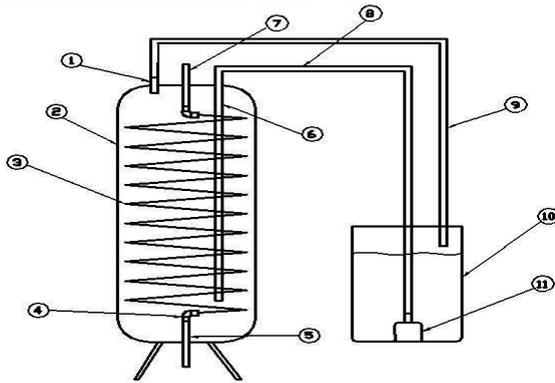
## **METODE PENELITIAN**

Proses perancangan alat dimulai dari penentuan dimensi atau ukuran- ukuran komponen dari alat pirolisis. Alat pirolisis ini akan memiliki ruang reaktor sebagai tempat pirolisis plastik, ruang pirolisis sekam padi, dan memiliki selimut penahan panas.

### **Rancangan Struktural Alat**

Berikut ini adalah rancangan struktural dari alat pirolisis :

1. Reaktor limbah plastik  
Reaktor dirancang dengan berbentuk tabung. Di ujung atas reaktor akan dibuat lubang sebagai pengeluaran gas hasil pirolisis yang akan terhubung dengan pipa spiral dari kondensor.
2. Kondensor  
Kondensor dibuat berbentuk tabung. Gas dari hasil pirolisis akan dialirkan melalui pipa spiral (*Helical coil*) dan melewati ruang kondensor yang berisi air es. Gas akan terkondensasi setelah melewati kondensor.
3. Pipa spiral  
Dibuat dari bahan stainless stell, dipasang di bagian dalam tabung kondensor.
4. Penahan panas.  
Untuk mengurangi panas yang hilang dari proses pembakaran maka dibuat lapisan/selimut untuk menutupi ruang pirolisis.
6. Rangka  
Rangka memiliki fungsi utama sebagai penyangga kokoh seluruh komponen alat pirolisis saat beroperasi maupun saat tidak dioperasikan.



Gambar 4. Desain sistem sirkulasi air pendingin kondensor

Keterangan:

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1.Saluran outlet   | 6.Saluran Inlet     |
| 2.Tabung Kondensor | 7.Selang masuk air  |
| 3.Kondensor        | 8.Selang keluar air |
| 4.Elbow            | 9. Bak air          |
| 5.Pipa Outlet      | 10. Pompa           |

### Tahap Persiapan Alat

Alat yang digunakan pada proses pengujian alat pirolisis plastik adalah :

- 1.Termocouple yang digunakan untuk mengukur panas di ruang reaktor.
- 2.Data *logger* digunakan untuk mencatat data panas dari *thermocouple*, datadicatat setiap 3 detik sekali.
- 3.Gelas ukur digunakan untuk mengukur cairan hasil kondensasi dari proses pirolisis
- 4.Timbangan analitik digunakan untuk menimbang minyak.
- 5.Kunci inggris digunakan untuk memasang dan membongkar sambungan pipa spiral
- 6.Kunci 12, 13 digunakan untuk membongkar dan memasang reaktor
- 7.Botol kaca digunakan untuk menampung asap cair dan minyak hasil pirolisis.

### Tahap Pengujian Alat

Pada pengujian alat pirolisis, bahan yang di uji adalah limbah goni plastik sebanyak 3 Kg untuk setiap ulangan.

### Prosedur Pengujian Alat

Prosedur pengujian alat pada penelitian ini adalah sebagai berikut: 1.Persiapan bahan

- a. Dibersihkan limbah plastik yang akan dipirolisis
- b. Ditimbang limbah plastik

Pengujian alat

- a. Dimasukkan plastik kedalam reaktor
- b. Ditutup reaktor dengan rapat
- c. Dihubungkan lubang gas hasil pirolisis dengan pipa spiral dari kondensor
- d. Dipasang thermocouple pada titik yang sudah ditentukan.
- e. Dihidupkan api pada pintu pengumpan panas
- f. Dicatat data temperatur pada reaktor.
- g. Dimasukkan es batu ke dalam kondensor
- h. Ditampung hasil pirolisis plastik

Dilakukan pengamatan sesuai dengan parameter pengujian alat. (Williams, P.T., E.Slaney. 2007)

### Kapasitas Efektif Alat

Kapasitas alat adalah kemampuan suatu alat untuk menghasilkan produk persatuan waktu (Kg/jam, hektar/jam). Menurut Daywin dkk. (2008), kapasitas efektif sebuah alat dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$KA = \frac{\text{Volume yang dihasilkan (Liter)}}{\text{Waktu yang dibutuhkan (Jam)}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

KA = kapasitas efektif alat (liter/jam)

Volume = volume minyak yang dihasilkan (liter) T = waktu yang dibutuhkan selama pirolisis (jam)

### Rendemen

Rendemen adalah perbandingan produk yang dihasilkan dari suatu proses terhadap bahan bakunya, yang dinyatakan dalam persen (%). Menurut Cahyono dkk. (2016), rata-rata rendemen yang dihasilkan dari proses pirolisis plastik adalah 36-44%. Menurut Purwono (2002), persentasi rendemen dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$R = \frac{BM}{BH} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

R = rendemen (%)

BM = berat minyak yang dihasilkan (g) BH = berat bahan baku minyak (g).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Alat Pirolisis Limbah Plastik

#### 1. Rancangan Fungsional

Rancangan fungsional merupakan fungsi utama dari beroperasinya reaktor sebagai tempat dimana proses pirolisis terjadi. Gas dari hasil proses pirolisis dialirkan dan dikondensasi untuk memperoleh minyak hasil dari proses pirolisis dengan bantuan kondensor. Minyak hasil proses ditampung di dalam gelas kaca dan residu hasil dari proses yang terdapat di dalam reaktor dikeluarkan dengan sekop.

#### 2. Rancangan Struktural

Setelah proses perancangan fungsional dan perancangan struktural berjalan baik. Hasil perancangan reaktor seperti gambar berikut :



**Gambar 5. Alat Pirolisis**

Alat pirolisis ini dirancang untuk mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar. Perancangan dan pembuatan alat ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah plastik. Hasil akhir yang dapat dimanfaatkan dari proses pirolisis limbah plastik yaitu minyak plastic, alat pirolisis ini akan dipanaskan menggunakan pemanas heater sehingga akan memanaskan tabung reactor dan plastik akan terpirolisis jika suhu dalam reaktor sudah cukup tinggi. Ruang bakar pada alat pirolisis ini didesain tertutup agar asap dari ruang bakar secara optimal disalurkan ke tabung kondensor. Reaktor 1 alat pirolisis plastik ini memiliki diameter 30 cm dan panjang 85 cm. Bahan yang digunakan adalah besi tahan panas 304 dengan

tebal plat 5 mm. Ruang bakar diselimuti oleh semen tahan api dengan tebal 5 cm. Pipa spiral kondensor dihubungkan ke ujung reaktor. Reaktor dikunci menggunakan 8 baut pengunci. Tabung kondensor terdiri dari 1 tabung dengan diameter 50 cm dan panjang 80cm yang di dalamnya terdapat 2 tabung untuk aliran pertukaran panas hasil pirolisis yang memiliki diameter 15 cm dan panjang 50 cm. Di ujung tabung kondensor terdapat 2 kran, satu kran untuk saluran keluarnya minyak dan kran lainnya untuk pengurasan air kondensor. Temperatur air kondensor dijaga pada 25- 27 °C. Alat pirolisis plastik ini menghasilkan produk minyak plastik.

### Kapasitas Efektif Alat

Kapasitas efektif alat yaitu jumlah produk yang dihasilkan oleh suatu alat persatuan waktu proses. Kapasitas efektif alat pirolisis plastik ini dapat dihitung dengan membandingkan jumlah minyak plastik yang dihasilkan (ml) terhadap waktu produksi minyak (jam). Data kapasitas efektif alat dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

**Tabel 1. Hasil Kapasitas Efektif Alat**

Pengujian	Volume Minyak (ml)	Waktu (Jam)	Kapasitas Alat (ml/jam)
1	62	6.10	10,1
2	68	6	11,3
3	75	6	12,5
Total	205	18.10	33.9
$\Sigma$	68.4	6,3	11.3

Rata-rata kapasitas efektif dari alat pirolisis plastik ini adalah 11,3 ml/jam. Jam kerja produksi dari alat pirolisis plastik ini adalah 12 jam/hari atau 2 kali proses produksi dalam satu hari. Kapasitas alat dari tiga kali pengulangan adalah 10,1 ml/jam untuk ulangan pertama, 11,3 ml/jam untuk ulangan ke dua dan 12,5 ml/jam untuk ulangan ketiga. Kapasitas efektif alat ini cukup baik, Faktor pendorong nilai kapasitas efektif alat ini adalah suhu pada reaktor yang tinggi. Dimana pada temperatur 290°C dihasilkan kapasitas efektif 10,1 ml/jam pada pengujian pertama, dan temperatur 327 °C dihasilkan kapasitas efektif 12,5 ml/jam pada pengujian pertama. Selanjutnya pada suhu air kondensor juga sangat berpengaruh terhadap kapasitas efektif dari alat pirolisis, suhu air kondensor harus dijaga pada suhu 25-27 °C agar gas dari hasil pirolisis dapat dikondensasikan. Pirolisis plastik pada reaktor masih menyisakan unsur plastik yang tidak dapat dipirolisis lagi atau disebut dengan residu. Dari hasil pengujian alat, residu plastik pada pengujian 1 adalah 1,8 kg, pada pengujian 2 adalah 1,8 kg dan pada ulangan ke tiga 1,4 kg.

### Rendemen

Rendemen merupakan perbandingan antara berat produk yang dihasilkan terhadap berat bahan yang diolah dalam satuan persen (%). Alat pirolisis plastik ini memiliki produk akhir yaitu minyak.

Rendemen minyak dari pengujian alat ini dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

**Tabel 2. Hasil Rendemen**

Pengujian	Berat Awal Bahan (Kg)	Volume (ml)	Produk Akhir (kg)	Rendemen (%)
1	3	62	48,79	1,62
2	3	68	56,55	1,88
3	3	75	61,24	2,04
Total	9	205	166,58	5,54
$\Sigma$	3	68.4	55,53	1,85

Rendemen minyak yang dihasilkan dari penelitian ini adalah 1,85%. Faktor rendahnya nilai rendemen minyak adalah suhu reaktor, ada atau tidaknya kebocoran reaktor dan suhu air kondensor. Suhu maksimum di titik thermocouple yang dipasang pada ruang bakar dan reaktor dapat dilihat pada

Tabel 3.

Tabel 3. Suhu Maksimum Di Titik Penyebaran *Thermocouple*

Ulangan	Suhu max di titik °C								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	139,4	579	110,6	728, 1	108, 1	108,7	106	399, 1	255
2	86,50	493,1 0	82,10	763, 3	128, 4	104,6	84, 5	558, 5	182, 00
3	118,5	701,6 0	115,80	693, 2	108, 50	360,4 0	80, 6	578, 1	196, 60

Suhu maksimum reaktor pada masing-masing pengulangan yaitu 225°C pada ulangan pertama, 182°C pada ulangan 2 dan 196,6°C pada ulangan ketiga. Suhu reaktor sangat menentukan rendemen minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian adalah : Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan, dari pembuatan alat pirolisis dengan bahan baku limbah plastik, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perancangan tabung didapatkan bahwa ketebalan dinding bejana memiliki tebal 5 mm.
2. Kapasitas alat pirolisis plastik ini adalah sebesar 11,3 ml/jam
3. Rendemen yang didapat pada alat pirolisis plastik adalah 1,85% untuk rendemen minyak.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adityo Suryo Aji Wibowo (2011), Studi Sifat Minyak Pirolisis Campuran Sampah Biomassa dan Sampah Plastik Polypropylene (PP), Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Ermawati, R., 2011. Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Kementrian Perindustrian* 5: 257-263
- Gama Askaditya, (2010). Studi Ekperimental Pirolisis Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Katalis Zeloit, Skripsi, Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Hartanto, F. P., F. Alim. 2014. Optimasi Kondisi Operasi Pirolisis Sekam Padi Untuk Menghasilkan Bahan Bakar Briket Bioarang Sebagai Bahan Bakar Alternatif. Semarang. <http://www.eprints.undip.ac.id> [7 february 2018].
- Karuniastuti, H. 2008. Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan. Jawa Tengah. <http://www.pusdiklatmigas.esdm.go.id> [7 february 2018].
- Ramadhan, A., P. dan M. Ali. 2014. Pengolahan Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional* 4:44-53.
- Statistik Pertanian, Departemen pertanian. 2004. Prospek dan Arah Pengembangan Bisnis Padi. <http://www.litbang.pertanian.go.id> [6 Februari 2018].
- Williams, P.T., E.Slaney. 2007. Analysis of products from the pyrolysis and liquefaction of single plastics and waste plastic mixtures. *Resource Conservation Recycle*, 51: 754-769