

url : <http://studentjournal.umpo.ac.id/index.php/komputek>

---

## PENGARUH PENDINGIN AIR DAN ES TERHADAP HASIL PIROLISIS MINAK PLASTIK

**Bakhtiar Permana Putra<sup>\*</sup>, Wawan Trisnadi Putra, Fadelan, Sudarno, Yoyok Windardi**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

E-mail Korespondensi : [bakhtiaroutsiders@gmail.com](mailto:bakhtiaroutsiders@gmail.com)

History Artikel

Diterima : 18 Juli 2022 Disetujui : 26 September 2022 Dipublikasikan : 14 Oktober 2022

---

### **Abstract**

*Plastic waste is a trend that continues to increase along with economic growth and an increase in population. Millions of tons of plastic are produced annually from low to large scale. One way to reduce plastic waste is to use the pyrolysis process. Condenser performance is influenced by several things, including condenser design. The condenser design used in this pyrolysis device is a water and ice-cooled condenser with a spiral type. The results of the pyrolysis process are then analyzed by observing the experiment directly then concluding and determining the results of the experiments that have been carried out in the form of tables and graphs to obtain comparisons. What was observed in this experiment was the effect of water and ice cooling media on the amount of plastic oil produced. Pyrolysis experiments with ice cube coolers get more plastic oil results. For the first experiment using 1000 gr PP plastic using plain water cooler, in a combustion time of 180 minutes and a reactor temperature of 2500°C, we get 130 ml of plastic oil. The second experiment used 1000 gr PP plastic with ordinary water as a coolant mixed with ice cubes in a burning time of 180 minutes and a reactor temperature of 250°C to get 340 ml of plastic oil. The third experiment used 1000 gr PP plastic with ice cubes as a cooler for 180 minutes of combustion and a reactor temperature of 250°C to get 600 ml of plastic oil.*

*Keywords: Pyrolysis, PP Plastic, Condenser, Water Cooler, Plastic Oil*

## Abstrak

Sampah plastik menjadi tren yang terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah penduduk. Jutaan ton plastik diproduksi setiap tahunnya dari skala rendah sampai besar. Salah satu cara menguraingi limbah plastik yaitu menggunakan proses pirolisis. Kinerja kondensor dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain desain kondensor. Desain kondensor yang digunakan pada pada alat pirolisis ini merupakan kondensor berpendingin air dan es dengan tipe spiral. Hasil proses pirolisis kemudian dianalisa dengan cara mengamati langsung eksperimen kemudian menyimpulkan dan menentukan hasil percobaan yang telah dilakukan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mendapatkan perbandingan. Hal yang diamati dalam percobaan ini yaitu pengaruh media pendingin air dan es terhadap jumlah minyak plastik yang dihasilkan. Percobaan pirolisis dengan pendingin es batu lebih banyak mendapatkan hasil minyak plastik. Untuk percobaan pertama menggunakan plastik PP 1000 gr dengan menggunakan pendingin air biasa dalam waktu pembakaran 180 menit dan temperatur suhu reaktor 2500°C mendapatkan minyak plastik 130 ml. Percobaan kedua menggunakan plastik PP 1000 gr dengan pendingin air biasa dicampur es batu dalam waktu pembakaran 180 menit dan temperatur suhu reaktor 250°C mendapatkan minyak plastik 340 ml. Percobaan ketiga menggunakan plastik PP 1000 gr dengan pendingin es batu dalam waktu pembakaran 180 menit dan temperatur suhu reaktor 250°C mendapatkan minyak plastik 600ml.

**Kata Kunci : Pirolisis, Plastik PP, Kondensor, Pendingin Air, Minyak Plastik**

**How to Cite:** B.P. Putra (2022). Pengaruh Pendingin Air dan Es terhadap Hasil Pirolisis Minak Plastik. KOMPUTEK : Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo Vol 6 (2): Halaman 10-20

© 2022 Universitas Muhammadiyah Ponorogo. All rights reserved

---

ISSN 2614-0985 (Print)

ISSN 2614-0977 (Online)

## PENDAHULUAN

Produksi sampah nasional menunjukkan tren yang terus bertambah seiringan dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah penduduk. Jenis sampah yang menjadi perhatian yakni sampah plastik. Kontribusi sampah plastik terhadap total produksi sampah nasional mencapai 15% dengan pertumbuhan rata-rata mencapai 14,7% per tahun dan menempatkan sampah plastik sebagai kontributor kedua terbesar setelah sampah organik [1].

Plastik merupakan suatu yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia, karena plastik mudah didapatkan dalam kehidupan sehari-hari, yakni dapat dilihat dari beberapa barang yang terbuat maupun tersusun dari plastik. Jutaan ton plastik diproduksi setiap tahunnya untuk berbagai sektor dari skala kecil sampai besar. Studi dilakukan di *Worldwacth Institute* pemakaian plastik dunia mencapai 297 juta ton di tahun 2015. Hampi 50% barang rumah tangga mengandung plastik mulai dari peralatan rumah tangga, alat makan, barang elektronik, dan kendaraan [1].

Daur ulang limbah plastik merupakan cara untuk mengurangi jumlah limbah plastik yang ada. Tetapi hanya sedikit limbah plastik yang dapat didaur ulang dan hasil daur ulang mempunyai kualitas rendah sehingga metode daur ulang belum efisien untuk mengurangi masalah sampah plastik. Untuk itu cara lain yang dapat mengatasi limbah plastik yaitu dijadikan suatu produk yang lebih berguna dan bermanfaat bagi masyarakat melalui proses pirolisis.

Proses ketika uap jenuh bersentuhan dengan suatu permukaan yang suhunya lebih rendah yakni proses kondensasi [4]. Proses kondensasi merupakan proses pemindahan energy panas yang terkandung di dalam suatu ruangan. Sesuai dengan hukum kekekalan energi maka kita tidak

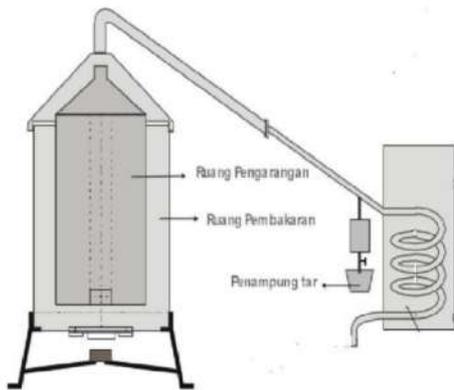
dapat menghilangkan energi namun hanya dapat memindahkannya dari satu substansi ke substansi lainnya. Untuk keperluan pemindahan energipanas ruang dibutuhkan fluida penukar kalor yang selanjutnya disebut kondensor. Pada proses daur ulang plastic, kondensor sering dijadikan alat untuk mengembunkan uap agar dapat menjadi cair atau minyak.

Kemampuan kondensor dapat dipengaruhi oleh desain kondensor. Desain kondensor yang digunakan pada pada alat pirolisis ini merupakan kondensor berpendingin air dan es dengan tipe spiral. Konduktivitas bahan condensor akan memberikan pengaruh tinggi terhadap kerja condensor. Konduktivitas tinggi seperti pada tembaga mampu memindahkan panas dengan baik.

## TINJAUAN PUSTAKA

Suhu operasi pirolisis potongan plastik LDPE berkisar antara 400°C - 600°C. Jumlah produk yang dihasilkan berbanding lurus dengan kenaikan suhu serta lama proses berlangsung. Sedangkan padatan atau arangsemakin sedikit dengan adanya kenaikan suhu dan waktu proses [5].

Pirolisis pada plastik LDPE pada suhu 420°C dan butuh waktu 60 menit untuk proses 102,8gr plastic. Suhu yang semakin tinggi akan berpengaruh pada kecepatan proses pirolisis. Pirolisis plastik kemudian menghasilkan gas, cairan, dan padatan residu. Pada proses tersebut, rantai panjang hidrokarbon akan diputus menjadi rantai pendek. Minyak hasil pirolisis mempunyai karakteristik tidak jauh beda dengan minyak disel [7].



Gambar :2.1 Alat Percobaan  
Sumber: (Ramdhan dan Ali, 2012)

Analisa pernah dilakukan Lembaga Minyak dan Gas Bumi (Lemigas), minyak plastic ini memiliki sifat tidak jenuh. Artinya, perbandingan karbon dengan hidrogen tidak seimbang sehingga ada mata rantai yang tidak terisi. Minyak berwarna kuning kecokelatan, tetapi sudah bisa untuk bahan bakar kompor [5]. Minyak dari pirolisis ini mudah terbakar, mengeluarkan jelaga, dan baunya menyengat. Minyak hasil pirolisis ini dapat diolah lagi supaya mempunyai sifat jenuh dan stabil [8].

Penelitian lainnya tentang kondensor dilakukan menggunakan kondensor bertingkat dan pendingin kompresi uap, hasil destilasi berupa bahan bakar minyak [9]. Sementara penelitian dengan pendingin kondensor arus spiral sederhana metode yang digunakan dengan pirolisis dengan uap panas dikondensasikan melalui kondensor yang menjadi bahan bakar minyak [11].

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun pelaksanaan perancangan dan penelitian dimulai pada bulan Juli 2021. Tempat pelaksanaan di Universitas Muhammadiyah Ponorogo dengan alamat Jl. Budi Utomo No. 10, Ponorogo.

## Desain Penelitian

Menggunakan metode penelitian eksperimen karena dalam penelitian ini uap plastik akan di embunkan melalui kondensor dengan model spiral dan menggunakan variasi air sebagai media pendinginnya. Hasil yang didapatkan kemudian diobservasi dan dijadikan referensi efisiensi dan efektivitas.

## Alat dan Bahan

### 1) Alat

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- 1) Thermometer  
Untuk mengukur suhu yang ada didalam dan di pasang pada tabung reaktor.
- 2) Kompor  
Untuk memanaskan reaktor.
- 3) Toolset  
Untuk mengencangkan baut pada tabung reaktor dan pendingin.
- 4) Timbangan  
Untuk menimbang massa sampah plastik dan residu plastik.
- 5) Stopwatch  
Untuk mengontrol waktu pembakaran proses pirolisis.

### 2) Bahan

Adapun bahan-bahan dalam penelitian ini antara lain:

- 1) Plastik PP (*PolyPropylene*)
- 2) LPG (*Gas Liquefied Petroleum*)
- 3) Air.
- 4) Es Batu.

## Variabel Penelitian

Adapun variabel dalam penelitian ini:

- a) Variasi air di pendingin (air biasa, air biasa dicampur es batu, dan es batu)
- b) Efisiensi kondensor spiral dalam pengembunan minyak plastik hasil pirolisis.

### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yakni melalui metode observasi efisiensi kerja variasi pendingin air dan kondensor sebagai penyalur pendingin uap dengan melihat hasil minyak pirolisis limbah plastic yang berhasil diembunkan.

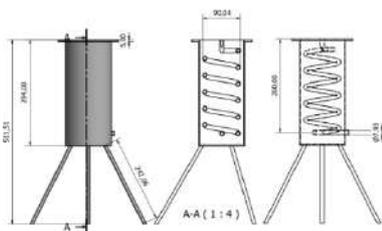
### Skema Peralatan Penelitian



Gambar :3.2 Rangkaian alat pirolisis minyak plastik

Merupakan rangkaian alat pirolisis. Proses penelitian dimulai dari pembakaran yang terjadi dalam tabung reactor. Tabung reactor dimasukkan limbah plastic berjenis PP (*polypropylene*). Limbah plastic dengan massa 1000 gr selanjutnya dipanaskan dalam tabung reactor dalam jangka waktu 180 menit. Setelah pemanasan kemudian uap di embunkan melalui kondensor dan masuk ke dalam pipa pendingin dengan variasi air pendingin berbeda setiap percobaan. Kemudian hasil pengembunan ditampung dan dibandingkan. Perbandingan akan memberikan nilai efisiensi variasi air pendingin berdasarkan hasil pengembunan.

### Skema Rangkaian Pendingin



Gambar :3.3 Rangkaian pendingin kondensor spiral

Rancangan pendingin menggunakan pipa besi dengan panjang 290 mm dan diameter 105 mm dan didalamnya terdapat kondensor spiral berbahan tembaga dengan panjang 1000 mm dan diameter 7,93 mm. Diameter spiral 90,04 mm dengan tinggi spiral 260 mm. Penggunaan pipa kondensor dapat meminimalisir uap yang keluar dari lubang hasil pengembunan sehingga proses penguapan dari uap pembakaran menjadi minyak cair lebih optimal.

### Proses Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan bahan plastik 1000 gr setiap percobaan dan menggunakan plastik jenis PP (*Polypropylene*). Penelitian ini difokuskan pada variasi air dan kondensor spiral sebagai pendingin seberapa pengaruh terhadap hasil yang diperoleh.

Pada penelitian ini sebelumnya merancang pipa kondensor dengan dibuat panjang 1000 mm dan diameter 7,93 mm yang dibentuk spiral kemudian dimasukkan ke dalam pipa pendingin.

Dalam percobaan variasi air yang digunakan dengan air biasa, air biasa + es batu, dan es batu.

Metode penelitian yang dilakukan oleh peneliti melalui tahapan berikut:

- Memasang perlengkapan pirolisis, terdiri antara reactor dan kelengkapannya, pipa stainless penghantar, kondensor, wadah minyak plastik, termometer, dan pendingin.
- Memasukkan limbah plastik *PP* (*polypropylene*) ke reactor pirolisis.
- Memasukkan air biasa, air es dengan air biasa, dan es batu secara bervariasi di setiap percobaan.
- Memanaskan reactor pirolisis menggunakan gas *LPG*.
- Setelah proses selesai ambil minyak hasil pengembunan.
- Mematikan pemanas *LPG*.

Setelah sampel minyak berhasil didapatkan kemudian dilakukan perhitungan perbandingan minyak

plastik yang dihasilkan dengan bahan limbah plastic yang digunakan, efektivitas variasi air pendingin, dan kondensor spiral terhadap hasil pirolisis minyak plastik.

### Data Penelitian

Agar memperoleh perbandingan hasil yang sesuai maka dilakukan berbagai uji percobaan.

Percobaan pertama yaitu mencari jumlah minyak yang di hasilkan dari berbagai variasi air pendingin.

**Tabel 3.1 Percobaan pengujian pirolisis minyak plastik**

No.	Bahan (gr)	Variasi Air	Suhu Reaktor (°C)	Waktu (Menit)	Hasil (ml)
1	1000	Air Biasa			
2	1000	Air Biasa dan Es Batu			
3	1000	Es batu			
Rata - Rata					

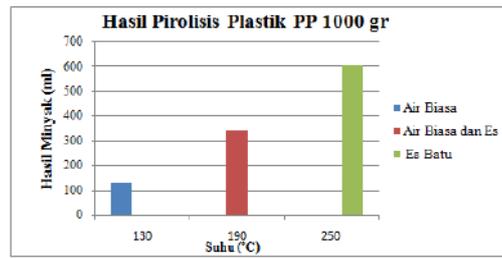
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Hasil Penelitian

Berikut adalah hasil percobaan pirolisis dengan media pendingin air yang berbeda terhadap hasil pirolisis limbah plastik dengan material plastik PP (*polypropylene*) dengan beberapa kali uji coba sehingga menghasilkan data yang akurat.

**Tabel 4.1 Hasil pirolisis minyak plastik jenis PP**

No.	Bahan (gr)	Variasi Air	Suhu Reaktor (°C)	Waktu (Menit)	Hasil Minyak (ml)
1	1000	Air biasa	250	180	130
2	1000	Air biasa dan Es Batu	250	180	340
3	1000	Es batu	250	180	600
Rata - Rata			250	180	356



**Grafik 4.1 Hasil pirolisis minyak plastik dengan variasi pendingin air**

Dari tabel dan grafik 4.1 dalam percobaan pirolisis dengan menggunakan limbah plastic jenis PP (*polypropylene*) dengan variasi air pendingin mendapatkan hasil yang berbeda dengan jumlah massa plastik dan waktu yang sama. Perbedaan dapat dipengaruhi dari suhu dan variasi air pendingin yang digunakan.

**Tabel 4.2 Kondisi proses pirolisis plastik PP 1000gr dalam 180 menit**

No	Waktu (menit)	Suhu Reaktor (°C)	Keterangan
1	0	30	Tidak keluar uap atau minyak
2	20	50	Keluar uap dari lubang
3	40	100	Minyak mulai menetes
4	60	150	Keluar minyak dari lubang
5	80	150	Keluar minyak dari lubang
6	100	280	Keluar minyak dari lubang
7	120	200	Keluar minyak dari lubang
8	140	200	Keluar minyak dari lubang
9	160	240	Keluar minyak dari lubang
10	180	250	Sudah tidak keluar minyak

**Tabel 4.3 Kondisi temperatur air pendingin**

No	Jenis Media Air	Suhu Sebelum (°C)	Suhu Sesudah (°C)
1	Air Biasa	26,3	26,5
2	Air Biasa dan Es Batu	4,0	20,0
3	Es Batu	-0,2	16,9

Dari tabel 4.3 dalam pendingin kondensor hanya mengukur temperatur air sebelum dan sesudah proses pirolisis karena pada tabung pendingin tidak terdapat pompa sirkulasi air masuk dan keluar.



Gambar :4.1 Hasil Minyak Yang Diperoleh dari Pirolisis Variasi Pendingin Air



Gambar :4.4 Hasil minyak plastik dengan pendingin air biasa dicampur es



Gambar :4.2 Hasil minyak plastik dengan pendingin air biasa



Gambar :4.5 Kondensator dengan pendingin air biasa



Gambar :4.3 Kondensator dengan pendingin air biasa

Pada percobaan pertama pirolisis limbah plastik PP 1000 gr dengan pendingin air biasa didapatkan data bahwa suhu reaktor mencapai 130°C dalam waktu pembakaran 180 menit mendapatkan hasil minyak plastik 130 ml.

Pada percobaan kedua pirolisis limbah plastik PP 1000 gr dengan pendingin air biasa dan es di dapatkan data bahwa suhu reaktor mencapai 190°C dalam waktu pembakaran 180 menit dan mendapatkan hasil minyak plastik 340 ml.



Gambar :4.6 Hasil minyak plastik dengan pendingin es batu



Gambar :4.7 Kondensor dengan pendingin es batu

Pada percobaan ketiga pirolisis limbah plastik PP 1000 gr dengan pendingin es batu didapatkan data bahwa suhu reaktor mencapai 250°C dalam waktu pembakaran 180 menit dan mendapatkan hasil minyak plastik 600 ml.

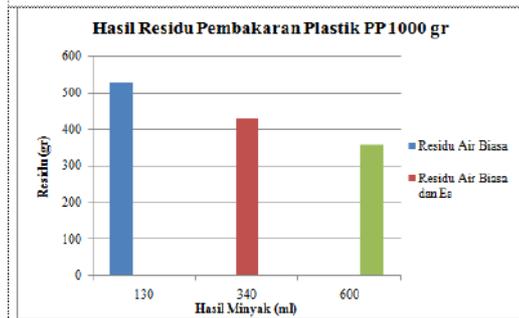
#### Analisa Segi Ekonomi

Dalam melakukan suatu percobaan maupun pengujian menggunakan beberapa bahan seperti penggunaan LPG. Penggunaan LPG sebagai bahan bakar dari pengolahan minyak plastik dapat dihitung sebagai dasar perbandingan dengan bahan bakar lainnya, selain itu dalam proses pengolahan plastik menjadi minyak plastik menghasilkan residu. Residu dari proses pengolahan plastik menjadi minyak plastic dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.4 Hasil residu pembakaran plastik PP**

No.	Bahan (gr)	Residu (gr)	Hasil Minyak (ml)
1	1000	528	130
2	1000	430	340
3	1000	360	600
Jumlah		1318	1070

Dapat disimpulkan dari hasil yang diperoleh ada pengaruh yang kuat terhadap air yang digunakan sebagai pendingin untuk proses pengembunan minyak plastik.



Grafik 4.2 Hasil residu pirolisis minyak plastik

Dari Tabel dan Grafik diatas dapat diketahui bahwa dalam 3000 gr bahan plastik jenis PP menghasilkan residu 1318 gr dengan minyak plastik yang di hasilkan sebanyak 1070 ml. Pada proses pengolahan plastik menjadi minyak plastik dalam 3 kali percobaan menggunakan 1 buah LPG dengan harga Rp 20.000,00 dengan minyak plastik yang dihasilkan sebanyak 1070 ml. Plastik yang digunakan dalam 1 kg seharga Rp 20.000,00 sehingga dalam 3 kali percobaan dengan bahan plastik sebanyak 3 kg = Rp 60.000,00. Penggunaan bahan plastik ini sangat membutuhkan biaya besar karena bahan plastik yang digunakan dibeli di penjual barang bekas dan plastik sudah dicacah, lain halnya jika plastik yang digunakan dari limbah sampah plastik yang didapat dari TPA. Hal itu lebih ekonomis pengeluaran biaya dalam peroses pembuatan minyak dari sampah plastik, sehingga hasil atau keuntungan juga akan lebih banyak jika proses ini dalam skala banyak.

#### 4.1 Analisa Perpindahan Panas

Laju perpindahan panas yang terjadi dalam proses pirolis reaktor menuju kondensor, dengan mengukur suhu masuk reaktor dan suhu keluar dari lubang minyak. Dalam percobaan 180 menit dan variasi media air pendingin maka didapatkan data sebagai berikut.

- 1) Laju perpindahan panas dengan pendingin air biasa  
Diketahui:

Massa = 1 kg  
Cp = 0,02227  
 $\Delta T = 250 - 29,1 = 220,9$   
Menghitung perpindahan panas:

$$q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$
$$0,02227 \cdot 220,9$$
$$4,919443 \text{ W}$$

Jadi, untuk nilai perpindahan panasnya adalah 4.919443 W.

2) Laju perpindahan panas dengan pendingin air + es batu

Diketahui:

Massa = 1 kg  
Cp = 0,02227  
 $\Delta T = 250 - 24,0 = 226$

Menghitung perpindahan panas:

$$q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$
$$0,02227 \cdot 226$$
$$5,03302 \text{ W}$$

Jadi, untuk nilai perpindahan panasnya adalah 5,03302 W.

3) Laju perpindahan panas dengan es batu

Diketahui:

Massa = 1 kg  
Cp = 0,02227  
 $\Delta T = 250 - 22,0 = 228$

Menghitung perpindahan panas:

$$q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$
$$0,02227 \cdot 228$$
$$5,07756 \text{ W}$$

Jadi, untuk nilai perpindahan panasnya adalah 5,07756 W.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dengan melihat hasil percobaan yang telah dilakukan maka dapat kita tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh hubungan yang kuat antara media air pendingin terhadap hasil pengembunan minyak plastik. Hasil percobaan pendingin air biasa dengan 1000 gr plastik PP dan waktu pembakaran 180 menit dan suhu reaktor 250°C mendapatkan hasil minyak 130 ml dan residu 528 gr.

Hasil percobaan pendingin air biasa dan es batu dengan plastik PP 1000 gr dan waktu pembakaran 180 menit suhu reaktor mencapai 250°C mendapatkan hasil minyak plastik 340 ml dan residu 430 gr. Hasil percobaan pendingin es batu dengan 1000 gr plastik PP dan waktu pembakaran 180 menit suhu reaktor mencapai 250°C mendapatkan hasil minyak plastik 600 ml dan residu 360 gr.

2. Residu hasil pembakaran semakin sedikit jika hasil minyak yang didapatkan semakin banyak.
3. Pipa kondensor tembaga sebagai aliran pengembunan kondensor dapat meminimalisir uap yang keluar dari lubang hasil pengembunan sehingga proses penguapan dari uap pembakaran menjadi minyak cair dapat lebih optimal.
4. Dalam waktu 180 pembakaran bahan bakar LPG yang digunakan 908 gr.

### Saran

Berdasarkan hasil pembuatan, percobaan, serta kesimpulan diatas penulis memberikan saran yang bertujuan untuk kebaikan dan kemajuan bidang teknologi sebagai berikut :

1. Perlu menambah tabung air pendingin dengan pompa sirkulasi air masuk dan keluar agar proses pendinginan menjadi optimal.
2. Variasi air yang digunakan dalam penelitian selanjutnya bisa menggunakan jenis air coolant, air kelapa, air laut dan lainnya.
3. Potongan plastik sebaiknya tidak menggunakan ukuran yang terlalu kecil dan sebelum dimasukkan reaktor agar dibersihkan kotoran yang menempel di plastik tersebut karena dapat mempengaruhi hasil yang di dapatkan.
4. Pengolahan dapat dilakukan dengan jenis plastik yang lainnya agar lebih

- optimal dalam penanggulangan sampah plastik
5. Bagi pembuat atau peneliti selanjutnya, hendaknya untuk memperluas penelitian sehingga diperoleh informasi yang lebih lengkap tentang pengolahan sampah plastik menjadi minyak

## DAFTAR PUSTAKA

- Dhokhikah, Y., Trihadiningrum, Y., Sunaryo, S. (2015). Community participation in household solid waste reduction in Surabaya, Indonesia. *Resources, Conservation and Recycling*, 102, 153-162
- Pratama, N. P., Saptoadi, H. (2014). Characteristics of Waste Plastics Pyrolytic Oil and Its Applications as Alternative Fuel on Four Cylinder Diesel Engines. *International Journal of Renewable Energy Development*, 3(1), 13-20
- Osueke dan Ofundu, (2011). *Conversion of Waste Plastics (Polyethylene) to Fuel by Means of Pyrolysis*. (IJAEST) International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies, Vol. No. 4, Issue No. 1, 021 – 024
- Kreith, Frank. (1991). *Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas*. Jakarta : Erlangga.
- Purwanti Ani dan Sumarni,(2008), *Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)*. AKPRIND. Yogyakarta.
- Benny Hikmat Armadi (2016), Perancangan, Pembuatann Dan Uji Kinerja Reaktor Pirolisis Plastik Untuk Menghasilkan Bahan Bakar Minyak, Tesis, Magister Teknik Mesin, Universitas Trisakti, Jakarta.
- Ramadhan,A.,&Ali,M.(2012). Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis *Jurnal IlmiahTekhnik Lingkungan*,4(1),44-53
- Pareira, B. C. (2009). Daur UlangLimbah Plastik. <http://www.erorecycle.vic.gov.au>
- D. Setiawan and D. Irawan, “Analisa Pipa Alur Spiral Pada Alat Penyuling Bioetanol,”*Turbo J.Prog.Stud Tek. Mesin*, Vol. 1, no. 2, pp.42445-42454,2012,doi: 10.24127/trb.v1i2.654.
- Mursito and Judhid Adi, “Perancangan dan Pengujian Alat Destilasi Minyak Dari Limbah Plastik,” *Tek. Desain Mek.*, Vol. 6, no. 4, pp. 311-317,2017.
- A. Arwizet, “Mesin Destilasi Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Kondensor Bertingkat Dan Pendingin Kompresi Uap,” *INVOTEK j. inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 12, no. 2, pp. 75-88, 2017, doi:10.24036/invotek.v17i2.34
- Kadir. (2012). Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Sumber Bahan Bakar Cair. *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), 223-228
- Surono, U.B. (2013). *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurnal Teknik, Vol.3, No.1, pp.32-40, Universitas Janabadra Yogyakarta.
- Budiyantoro, C., (2010). Thermoplastikdalam Industri. *Teknika Media*, Surakarta.Buchori, L. (2004). *Buku Ajar Perpindahan Panas*. UNDIP. Semarang.
- Hidayah, N, Syafrudin. (2018). A Review on Landfill Managementin the Utilization of Plastic Waste as an Alternative Fuel. *Proceeding The 2<sup>nd</sup> International Conference on Energy, Environmental and Information System (ICENIS2017)*. Semarang: Universitas Diponegoro 15-16 Agustus 2017
- Elykurniati. 2009. *Pemanfaatan Blotong Menjadi Bahan Bakar Cair dan Arang dengan Proses Pirolisis*. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
- Welty, James R, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson, Gregory Rorrer. 2004. *Dasar Dasar Fenomena Transport*. Jakarta: Erlangga.
- Kurniawan. 2012. *Mengenal Kode Plastik yang Aman dan Tidak*. <https://ngeblogging.wordpress.com/2012/06/14/mengenal-kode-kemasan-plastik-yang-aman-dan-tidak/>.