

# PENGARUH WAKTU DAN TEMPERATUR PADA PIROLISIS SAMPAH PLASTIK

M. Fathuddin Noor<sup>1</sup>, Djoko Wahyudi<sup>2</sup>, Eva Kurnia Yulyawan<sup>3</sup>

e-mail : fathuddinbox@gmail.com, djokowahyudi@gmail.com

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Panca Marga, Probolinggo, Indonesia

e-mail : evak@upm.ac.id

<sup>3</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Panca Marga, Probolinggo, Indonesia

## ABSTRAK

Destilasi plastik dengan metode pirolisis menjadi salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengkonversi limbah plastik menjadi bahan kimia yang berguna dan bahan bakar minyak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk permodelan perancangan alat destilasi sampah plastik sederhana, mengetahui hasil minyak yang dapat diperoleh dan nilai kalor minyak hasil destilasi plastik. Alat destilasi terdiri dari reaktor bervolume 12 liter, kondenser dengan pipa tembaga ukuran 3/8 inch dibentuk spiral dengan panjang 2 meter sebanyak 3 unit berpendingin cairan serta sejumlah sensor temperature dengan kontrol arduino yang terhubung dengan PC sebagai data loggernya. Pengujian dilakukan dengan bahan plastik berjenis Polyethylene Terephthalate sebanyak 3 kg per proses dengan 6 variasi waktu yaitu 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit tiap pengambilan data dengan 3 penampung destilat dan menggunakan LPG sebagai bahan bakar. Hasil pengujian, jumlah minyak terbanyak yang dihasilkan di penampung kondensat 1 sebanyak 377 ml dengan konsumsi LPG sebanyak 2 kg dan waktu pirolisis selama 180 menit.

**Kata kunci:** pirolisis, sampah plastik, PET, kondensor 3 tahap, kontrol arduino

## PENDAHULUAN

Termasuk sebagai penyumbang sampah plastik terbesar kedua setelah China, Indonesia merupakan negara yang menghasilkan sampah plastik hingga mencapai 187,2 juta ton (E., Megawati, Sulaiman B., 2020). Pada dasarnya plastik memiliki banyak kelebihan yang menyebabkan permintaan terhadap plastik terus meningkat. Bahan baku plastik umumnya memiliki kelebihan seperti lebih ringan, bersifat isolator dan proses pembuatannya lebih murah. Dibalik kelebihannya, bahan plastik memiliki dampak setelah barang tersebut tidak lagi digunakan (Mursito, Sukadana, & Tenaya, 2017)

Awal mula plastik yang diperoleh dari residu minyak bumi maka tentunya sampah plastik dapat dimanfaatkan dan diolah kembali sebagai sumber energi alternatif. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memanfaatkan kembali sampah plastik menjadi energi alternatif adalah dengan metode pirolisis dan destilasi/penyulingan (E., Megawati, Sulaiman B., 2020)

Pengembangan terhadap alat yang dinamakan Distilator, mampu mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar, yang disebut minyak plastik atau biasa disingkat (MP) bisa digunakan sebagai bahan bakar tungku, burner kompor atau mesin-mesin bakar sederhana (Arifin & Ihsan, 2018). Proses pembuatan minyak plastik memerlukan pemanasan dengan menggunakan bahan bakar ataupun sumber panas

lainnya dengan metode yang sederhana namun banyak masyarakat masih mengira bahwa destilasi plastik susah untuk dilakukan (Santhiarsa, 2022).

Alat destilasi plastik saat ini masih dianggap rumit dan masyarakat mengira alat destilasi plastik hanya untuk kalangan penelitian dan skala laboratorium yang membutuhkan modal banyak untuk perancangan dan juga pengoperasiannya (Batutah, Setiawan, & Kusnanto, 2022). Pembaharuan model rancangan alat destilasi dari yang lama ke baru tentu diharapkan terjadinya peningkatan sistem alat destilasi yang lebih baik (Firman, Harahap, & Suyono, 2019). Proses perancangan alat destilasi minyak sampah plastik diharapkan juga dapat dirancang dengan sistem yang lebih efektif sehingga siapapun akan dapat merancang sendiri alat pengolah sampah plastik sederhana (Mursito et al., 2017)

Adapun permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu bagaimana perancangan dari alat destilasi minyak limbah sampah plastik yang efektif serta hasil dari pengujian alat destilasi minyak limbahplastik tersebut terhadap minyak yang dapat dihasilkan

## METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian destilasi sampah plastik ini adalah menggunakan sampah plastik yang umum digunakan di masyarakat yaitu sampah botol-botol plastik bekas yang berjenis PET yang diperoleh dan dikumpulkan dari bank sampah dan

tempat pengolahan sampah plastik, Probolinggo. Botol plastik kemudian dibersihkan dan dipotong dengan ukuran 2-5 cm

Alasan pemilihan sampah plastik berjenis PET pada sebagai bahan penelitian adalah karena sampah plastik jenis tersebut mengandung senyawa hidrokarbon, mudah didapat dan memerlukan suhu pemanasan yang relatif rendah untuk mendapatkan hasil destilasi.

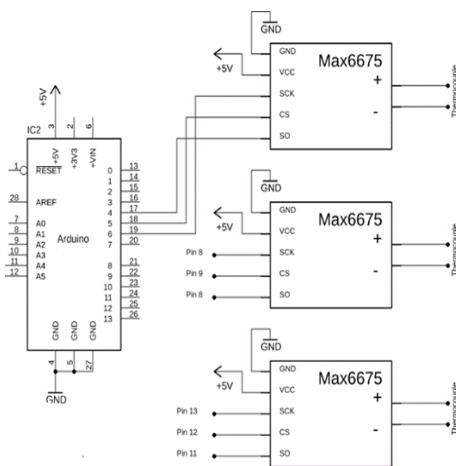
Adapun Alat-alat penelitian yang digunakan dalam pengujian destilatator dan minyak hasil destilasi limbah sampah plastik yaitu Las Listrik, Las Asetilen, Gerinda tangan, Palu, Bor tangan, Kemudian bahan yang digunakan yaitu Badan reaktor berupa pipa besi dengan ketebalan 4 mm dan diameter 0.22 meter Tutup reaktor berupa plat besi dengan tebal 2 mm dengan diameter 0.40 meter. Tutup bagian bawah reaktor berupa plat baja dengan ketebalan 2 mm dan diameter 0.30 m. Lubang keluar gas terbuat dari *napel* dengan bahan kuningan dengan ukuran 3/8 inch sebanyak 3 buah. Desain karet *gasket* untuk mencegah kebocoran gas pada tutup reaktor serta pangkon untuk penempatan titik-titik sensor sebagai *datalogger*.

**Pembuatan Kondensor**

Kondensor dibuat sebanyak 3 unit yang terhubung dengan saluran pipa. Alat yang digunakan yaitu *bender* pipa tembaga, *cutter* pipa dan bahan-bahan yang dibutuhkan adalah pipa tembaga ukuran 3/8 inch dengan panjang total 2 meter, pipa PVC untuk tabung kondensor dengan volume 2 liter.

**Alat Ukur dan Desain Kontrol Temperature**

Alat ukur manual dan otomatis pengukur suhu *thermocouple*, gelas penampung, *stopwatch*, timbangan dan mistar. Alat ukur berupa sensor berbasis arduino.



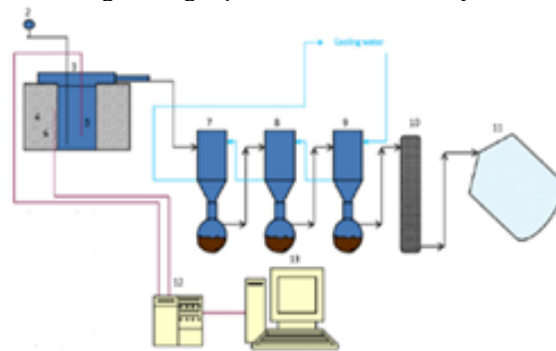
Gambar 1. Rangkaian alat ukur temperatur berbasis arduino

Rangkaian kontrol berbasis arduino ini menggunakan sensor Max 6675. Pin ground dan VCC dari semua papan terhubung dengan ground Arduino dan 5 volt. Pin SCK, CS, dan SO modul sensor suhu pertama dihubungkan dengan pin Arduino 6, 5, dan 4.

Pin SCK, CS, dan SO modul sensor suhu kedua dihubungkan dengan pin Arduino 8, 9 , dan 10. Sedangkan pin SCK, CS, dan SO modul sensor suhu MAX6675 ketiga dihubungkan dengan pin Arduino 13, 12, dan 11.

**Perhitungan dan Perencanaan Alat Destilasi**

Pada *flowsheet* menggambarkan aliran uap yang meninggalkan reaktor mengalir ke serangkaian pemisah gas-cair berpendingin air di mana cairan kental dikumpulkan. Produk yang tidak terkondensasi melewati kolom karbon aktif dan dikumpulkan utuh dalam kantong plastik Tedlar yang kemudian diuji dengan gas kromatografi. Produk dalam reaktor setelah pirolisis dan cairan yang diperoleh ditimbang, dan hasil pirolisis dihitung sebagai persentase berat yang berhubungan dengan jumlah bahan baku terpirolisis.



Gambar 2. Skema pengambilan data proses pirolisis

Keterangan gambar:

1. Sensor temperature
2. Alat ukur tekanan
3. Reaktor
4. Tungku elektrik
5. Termokopel reaktor
6. Tungku termokopel
7. Kondenser 1
8. Kondenser 2
9. Kondenser 3
10. Kolom karbon aktif
11. *Bag* tedlar
12. Kontrol temperature berbasis arduino
13. PC

**Prosedur Pengujian dan Pengambilan Data**

Menimbang sampah plastik jenis PET dengan menggunakan timbangan digital seberat 3 kg. Menimbang gas LPG, memasukkan plastik kedalam tungku pemanas, lalu tutup lubang pemasukan plastik, Siapkan air di dalam bak penampungan air dan hidupkan pompa untuk mengalirkan air melewati pipa kondensor, menyalakan *burner* dan pompa kondensor untuk memulai proses pengujian alat dan mulai menghitung waktu dengan *stopwatch*, menampung hasil kondensasi ke dalam gelas ukur, membersihkan tungku dari sisa ampas plastik dan ditimbang, Menimbang gas LPG, melakukan pencatatan data, menghitung nilai efisiensi alat destilasi hasil distilat, mengulangi proses sebanyak 2 kali dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, 150 dan 180

menit. Menghidupkan sistem datalogger dan memastikan tiap-tiap sensor bekerja dengan baik ditandai dengan penunjukkan temperatur yang presisi.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil pengambilan data

Berikut adalah sampel produk destilat limbah plastik untuk keluaran kondensor tahap 1, 2 dan 3:



Gambar 3. Produk destilat limbah plastik

Hasil destilat dari kondensor 1 jauh lebih banyak dari hasil kondensor 2 dan 3. Hal ini disebabkan kemampuan kondensor untuk mengembunkan gas pirolisis bekerja dengan sangat baik, terutama pada menit ke 180. Untuk kondensor 3 menghasilkan paling sedikit destilat kemungkinan sebagian besar gas telah terkondensasi dengan baik di kondensor 1 dan 2.

#### Data kenaikan temperatur pada tabung reaktor

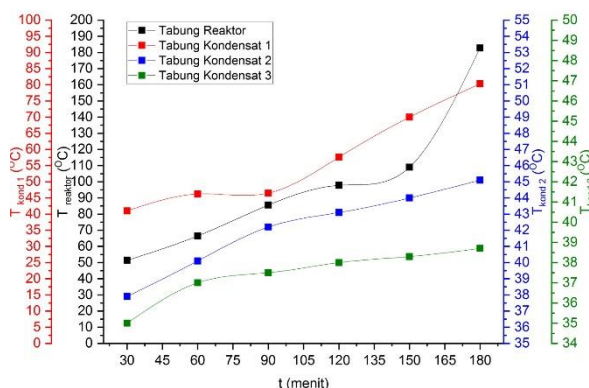
Dari tabel data pengaruh waktu terhadap kenaikan temperatur tabung reaktor pirolisis menunjukkan kenaikan positif berdasarkan waktu proses. Dimulai dari 30 menit pertama temperatur tabung reaktor sebesar 51,4 terus meningkat. Temperatur tertinggi sebesar 182,8 °C tercapai pada menit ke 180. Temperatur tabung kondensat paling tinggi ada di kondensor 1 sebesar 80,3 °C.

Tabel 1. Data pengaruh waktu terhadap kenaikan temperatur tabung reaktor pirolisis

No	Waktu (menit)	Temperatur Tabung Reaktor (°C)	Temperatur (°C) Tabung Kondensat		
			1	2	3
1	30	51,4	41	37,9	35
2	60	66,5	46,2	40,1	37
3	90	85,6	46,5	42,2	37,5
4	120	97,8	57,6	43,1	38
5	150	109	70	44	38,3
6	180	182,8	80,3	45,1	38,7

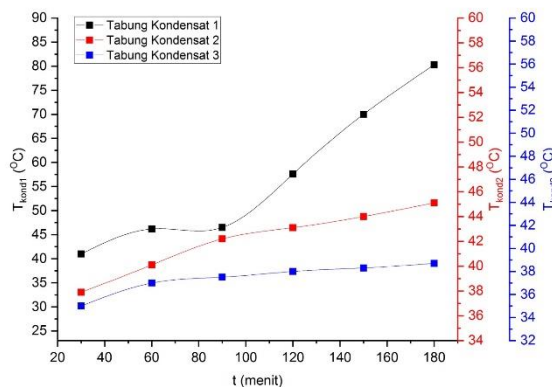
Secara keseluruhan, temperatur kondensat tertinggi pada tabung kondensat 1 dan berangsur menurun menuju kondensat 2 dan temperatur terendah ada pada kondensat 3. Hal ini disebabkan jarak antara

masing-masing kondensat dengan reaktor pirolisis dan waktu tempuh melewati tiap tahap kondensasi.



Gambar 4. Grafik kenaikan temperatur pada tabung reaktor dan kondensat

Dari grafik kenaikan temperatur pada tabung reaktor dan kondensat menunjukkan kenaikan sesuai dengan penambahan waktu. Kenaikan signifikan terjadi pada temperatur tabung reaktor dari menit ke 150 sampai menit ke 180. Kemungkinan hal ini disebabkan semakin berkurangnya jumlah plastik bahan baku yang terdapat di dalam reaktor, sehingga energi pemanasan tidak lagi digunakan untuk mencairkan sampah plastik tetapi hanya menaikkan temperatur dinding reaktor yang terbuat dari baja (Nofendri & Haryanto, 2021).



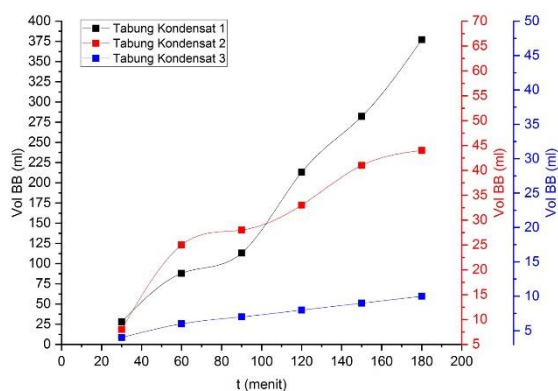
Gambar 5. Grafik kenaikan temperatur pada tabung kondensat

Dari grafik kenaikan temperatur pada tabung kondensat menunjukkan peningkatan temperatur seiring dengan bertambahnya waktu. Pada kondensor 1 menunjukkan peningkatan yang pesat setelah menit ke 90. Hal ini disebabkan jarak kondensor dengan reaktor pirolisis adalah yang paling dekat dibanding dengan kondensor 1 dan 2. Beberapa data menunjukkan penurunan temperatur yang tiba-tiba yang setelah diteliti lebih lanjut diketahui bahwa sensor akan mengalami penurunan suhu ketika ada cairan destilat yang mengalir membasahi termokopel/probe sensor. Grafik temperatur pada kondensor 3 paling rendah dibandingkan dengan kondensor 1 dan 2 disebabkan kondensor ini memiliki jarak yang paling jauh dari reaktor pirolisis.

Tabel 2. Data pengaruh waktu terhadap konsumsi LPG dan hasil minyak

No	Waktu (menit)	Konsumsi LPG (kg)	Hasil Minyak (ml)		
			Tabung Kondensat		
			1	2	3
1	30	0,5	28	8	4
2	60	0,8	88	25	6
3	90	1	113	28	7
4	120	1,2	213	33	8
5	150	1,5	282	41	9
6	180	2	377	44	10

Dari data pengaruh waktu terhadap konsumsi LPG menunjukkan peningkatan konsumsi LPG mengikuti kenaikan waktu pirolisis. Konsumsi terendah sebesar 0,5 kg pada menit ke 30 dan konsumsi tertinggi sebesar 2 kg terjadi pada menit ke 180. Hasil minyak tertinggi terdapat pada keluaran kondensor 1 sebanyak 377 ml dengan konsumsi LGP sebanyak 2 kg.



Gambar 6. Grafik bahan bakar produk pada tabung kondensat

Dari data grafik hubungan waktu dan volume bahan bakar menunjukkan peningkatan yang signifikan terjadi pada kondensat 1. Pada awalnya berposisi dibawah hasil kondensat 2 sampai dengan menit ke 90. Selanjutnya terjadi perubahan posisi dimana hasil kondensat 1 jauh melebihi kondensat 2 dan 3. Hal ini disebabkan tingkat kejenuhan uap yang sangat tinggi di dalam kondensor 1.

## PENUTUP

Destilasi plastik dengan metode pirolisis menjadi salah satu metode yang dapat digunakan

untuk mengkonversi limbah plastik menjadi bahan kimia yang berguna dan bahan bakar minyak. Hal ini terbukti dari hasil penelitian yang menunjukkan potensi besar yang bisa diaplikasikan. Pengujian dilakukan dengan bahan plastik berjenis Polyethylene Terephthalate sebanyak 3 kg per proses dengan 6 variasi waktu yaitu 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit tiap pengambilan data dengan 3 penampung destilat dan menggunakan LPG sebagai bahan bakar. Hasil pengujian, jumlah minyak terbanyak yang dihasilkan di penampung kondensat 1 sebanyak 377 ml dengan konsumsi LPG sebanyak 2 kg dan waktu pirolisis selama 180 menit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, J., & Ihsan, S. (2018). Analisa Dan Perancangan Limbah Plastik Sampah Polyethylene Terephthalate Untuk Menghasilkan Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal EEICT (Electric, Electronic ...*, 1(1), 53–60.
- Batutah, M. A., Setiawan, M. A., & Kusnanto, H. (2022). *PROSES PIROLOSIS PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR CAIR*. 06(200), 80–87.
- E., Megawati, Sulaiman B., W. I. (2020). Analisa Hasil Limbah Plastik Berdasarkan Distilasi. *Petrogas*, 2, 1–50.
- Firman, L. O., Harahap, S., & Suyono. (2019). RANCANG BANGUN DESTILATOR UNTUK MENGOLAH SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK La. *Teknobiz*, 7(1), 35–44.
- Mursito, J. A., Sukadana, I. G. K., & Tenaya, I. G. N. P. (2017). Perancangan dan Pengujian Alat Destilasi Minyak Dari Limbah Sampah Plastik. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 6(4), 311–317.
- Nofendri, Y., & Haryanto, A. (2021). Perancangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.52447/jktm.v6i1.4454>
- Santhiarsa, I. G. N. N. (2022). Rancang Bangun Alat Konversi Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Plastik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(1), 189–196. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2022.013.01.19>