

## PENGARUH ARAH ALIRAN AIR PENDINGIN TERHADAP HASIL MINYAK DAN LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA ALAT PENYULINGAN LIMBAH PLASTIK

Hasan, Harie Satiyadi Jaya & Wiyogo

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Palangka Raya

E-mail: hasan12albanjari@gmail.com

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui serta memahami pengaruh variasi arah aliran air pendingin pada kondensor terhadap minyak hasil penyulingan limbah plastik tipe *polypropylene* (PP) sebagai bahan ajar fisika pada materi suhu dan kalor. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa arah aliran berlawanan (*counter flow*) lebih tinggi terhadap hasil minyak plastik yang dihasilkan, karena pada tipe ini terjadi aliran air bertemu dengan aliran uap minyak yang lebih dingin terlebih dahulu menuju aliran uap minyak yang lebih panas sehingga dapat menjaga penurunan panas yang perlahan dan perbedaan panas antara dua fluida yang kecil.

**Kata Kunci:** Arah Aliran, Penyulingan, Plastik

**Abstract:** *This study aims to determine and understand varian effect of the direction of flow of cooling water in the condenser on the distillation of oil from polypropylene (PP) plastic waste as a physics teaching material in the temperature and heat. Based on research that has been done, shows that the opposite flow direction (counter flow) is higher to the result of plastic oil produced, because in this type of water flow meets the colder oil vapor flow first towards the hotter oil vapor flow so as to maintain a slow decrease in heat and heat difference between two small fluids.*

**Keywords:** *Flow Direction, Distillation, Plastic*

### PENDAHULUAN

Permasalahan global yang hingga kini belum terselesaikan adalah volume sampah yang jumlahnya terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk (Syamsiro dkk., 2014). BPS (Badan Pusat Statistik) memperkirakan jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2015 mencapai 260.000 jiwa, maka dapat diperkirakan bahwa jumlah sampah yang ditimbulkan adalah 130 ton/hari. Menurut Asosiasi Industri Olefin Aromatik dan Plastik Indonesia (INAPLAS), konsumsi plastik di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 64 juta ton pertahun. Sedangkan menurut Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LKH) Indonesia Siti Nurbaya Bakar pada tahun 2020 tumpukan sampah mencapai 67,8 juta ton. Jumlah yang lebih besar ditemukan pada negara Jepang yang volume sampah plastiknya mencapai 10 juta ton per tahun (Nishino dkk., 2003).

Sampah plastik di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 5,4 juta ton per tahun. *Indonesia Solid Waste Association* (InSWA) mengajak masyarakat untuk menggunakan plastik ramah lingkungan karena keberadaan plastik saat ini sangat mengkhawatirkan. Ketua umum *Indonesian Solid Waste Association* (InSWA) Sri Bebasari mengatakan dari waktu ke waktu, penggunaan plastik meningkat secara signifikan melampaui penggunaan bungkus berbahan kertas. “Butuh waktu ratusan, bahkan ribuan tahun agar bisa terurai, maka plastik dianggap sebagai bahan yang sangat merusak lingkungan”. Saat ini berdasarkan data statistik persampahan domestik indonesia, jenis sampah plastik menduduki peringkat kedua yaitu sebesar 5,4 juta ton per tahun atau 14% dari total produksi sampah. Sementara data dari Dinas Cipta Karya, Tata Ruang dan Perumahan (Disciptarum) Palangka Raya pada tahun 2017, timbunan sampah di Kota Palangka Raya mencapai 119,1 ton per hari dan sekitar 8% dari jumlah tersebut berupa sampah plastik.

Plastik yang pada dasarnya memiliki banyak kelebihan 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. karena limbah plastik tidak dapat membusuk, tidak bisa menyerap air serta diperkirakan membutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun hingga dapat terurai dengan sempurna (Karuniastuti, 2003).

Untuk mengatasi hal ini tentu saja diperlukan cara untuk mengolah limbah plastik tersebut menjadi hal yang lebih berguna dan juga memiliki manfaat bagi manusia, salah satu caranya dengan mendaur ulang limbah plastik tersebut menjadi bahan bakar berupa minyak. Karena penggunaan bahan bakar minyak saat ini yang semakin meningkat seiring perkembangan zaman, semakin bertambahnya penduduk dan perkembangan industri, hal ini muncul suatu pemikiran untuk mengembangkan potensi sumber bahan bakar alternatif. Hal ini bisa dilakukan karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi, sehingga tinggal dikembalikan ke bentuk semula. Selain itu plastik juga mempunyai nilai kalor cukup tinggi, setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar.

Rancang bangun *prototype* pengolah limbah sampah plastik menjadi bahan bakar cair alternatif terdiri dari dua komponen utama, antara lain *reactor* sebagai tempat terjadinya pemanasan sampah plastik menjadi uap polimer tanpa udara atau dengan udara yang terbatas (*pirolisis*) dan kondensor yaitu tempat terjadinya proses pengembunan dari uap menjadi cair (kondensasi). Selain proses pemanasan, proses pengembunan juga sangat penting untuk menghasilkan kualitas bahan bakar yang baik.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, maka penelitian ini bertujuan untuk membuat *prototype* alat penyulingan guna meminimalisir adanya limbah plastik. Kemudian dianalisis pengaruhnya terhadap hasil minyak dan laju perpindahan panas dengan variasi yang berbeda yaitu arah aliran air berlawanan (*counter flow*) dan arah aliran air searah (*parallel flow*).

## **METODE**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium. Pendekatan kuantitatif dipilih untuk memperoleh gambaran data dari hasil uji coba alat penyulingan. Sampel pada penelitian ini adalah limbah plastik tipe *polypropylene* (PP) masing-masing seberat 7,5 kg sebagai bahan baku penyulingan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Data penelitian diperoleh dari analisis penggunaan alat penyulingan sederhana, yakni pada saat proses perubahan plastik menjadi minyak dan perbandingan hasil minyak dari penyulingan limbah plastik tipe *High Density Polyethylene* (HDPE) dan tipe plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE). Untuk alat dan bahan serta proses penelitian dijelaskan pada subbagian berikut:

### **Alat dan Bahan Penelitian**

#### ***Alat Penelitian***

- a. Penyulingan Sederhana
- b. *Thermometer*
- c. Kompor
- d. *Toolset*
- e. Gelas Ukur
- f. *Stopwatch*
- g. Timbangan
- h. Pompa Air

#### ***Bahan Penelitian***

- a. Plastik Tipe *Polypropylene* (PP)
- b. Gas LPG 3 Kg (*Liquefied Petroleum Gas*).
- c. Air.

### **Proses Penelitian**

Proses penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti melalui beberapa tahapan. Proses percobaan dilakukan dengan dua variasi arah aliran air yaitu berlawanan dengan arah laju uap (*counter flow*) dan searah laju uap (*parallel flow*). Perbandingan tahapan pada proses percobaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Setelah semua sampel minyak berhasil didapatkan maka akan dilakukan perhitungan perbandingan banyaknya minyak plastik yang dihasilkan antara variasi arah aliran air berlawanan (*counter flow*) dengan variasi arah aliran air searah (*parallel flow*).

Tabel 1. Variasi Percobaan Berdasarkan Arah Aliran Uap

Tahap	Berlawanan arah dengan aliran uap ( <i>counter flow</i> )	Searah dengan aliran uap ( <i>parallel flow</i> )
1	Mengatur komponen sistem pendingin ke tipe aliran fluida berlawanan arah atau <i>counter flow</i> .	Mengatur komponen sistem pendingin ke tipe aliran fluida searah atau <i>parallel flow</i> .
2	Memasang seluruh perlengkapan alat penyulingan yang terdiri dari reaktor, pipa penghantar, kondensor, penampung minyak plastik, dan saluran air pendingin beserta kelengkapannya.	Memasang seluruh perlengkapan alat penyulingan yang terdiri dari reaktor, pipa penghantar, kondensor, penampung minyak plastik, dan saluran air pendingin beserta kelengkapannya.
3	Memasukkan sampah plastik tipe <i>polypropylene</i> (PP) ke dalam reaktor penyulingan.	Memasukkan sampah plastik tipe <i>polypropylene</i> (PP) ke dalam reaktor penyulingan.
4	Memanaskan reaktor dengan menggunakan gas LPG 90 menit.	Memanaskan reaktor dengan menggunakan gas LPG 90 menit.
5	Menghidupkan aliran air pendingin.	Menghidupkan aliran air pendingin.
6	Mengamati, mencatat dan perikasa suhu masuk air pendingin.	Mengamati, mencatat dan perikasa suhu masuk air pendingin.
7	Mengamati mencatat dan periksa suhu keluar air pendingin.	Mengamati mencatat dan periksa suhu keluar air pendingin.
8	Setelah proses selesai ambil minyak plastik yang berhasil diembunkan.	Setelah proses selesai ambil minyak plastik yang berhasil diembunkan.
9	Mematikan aliran air, pemanas LPG, bersihkan reaktor dan persiapkan untuk proses selanjutnya.	Mematikan aliran air, pemanas LPG, bersihkan reaktor dan persiapkan untuk proses selanjutnya.
10	Setelah semua sampel minyak pirolisis berhasil didapatkan maka akan dilakukan perhitungan kapasitas minyak plastik yang dihasilkan dengan menggunakan arah aliran pendingin variasi arah aliran air berlawanan dengan aliran uap ( <i>counter flow</i> )	Setelah semua sampel minyak pirolisis berhasil didapatkan maka akan dilakukan perhitungan kapasitas minyak plastik yang dihasilkan dengan menggunakan arah aliran pendingin variasi arah aliran air berlawanan dengan aliran uap ( <i>counter flow</i> )

## HASIL DAN DISKUSI

Berikut adalah data hasil penelitian pengaruh variasi arah aliran air pendingin pada kondensor prototipe reaktor pirolisis sampah plastik. Variasi arah aliran air pendingin dalam penelitian ini yaitu arah aliran air berlawanan arah dengan laju uap (*counter flow*) dan arah aliran searah dengan laju uap (*parallel flow*) dengan bahan baku plastik tipe PP (*Polypropylene*) dari plastik air mineral kemasan gelas.

### Pengaruh Arah Aliran Air Pendingin terhadap Hasil Minyak Arah Aliran Counter Flow

Tabel 2. Pengaruh arah aliran air pendingin terhadap jumlah minyak plastik yang didapatkan pada jenis plastik PP jenis aliran *counter flow*.

Percobaan	Arah Aliran Air Pendingin	Debit Air Pendingin (liter/menit)	Berat Plastik (Kg)	Lama Proses Penyulingan (menit)	Volume Minyak (ml)
1	<i>Counter Flow</i>	6	1	120	300
2		7	1	120	311
3		8	1	120	321
4		9	1	120	344
5		10	1	120	360
Jumlah Volume Minyak					1636

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil volume minyak terbesar untuk jenis aliran *counter flow* didapatkan pada debit 10 liter/menit dengan jumlah hasil minyak 360 ml.

**Arah Aliran Parallel Flow**

Tabel 3. Pengaruh arah aliran air pendingin terhadap jumlah minyak plastik yang didapatkan pada jenis plastik PP jenis aliran *parallel flow*.

Percobaan	Arah Aliran Air Pendingin	Debit Air Pendingin (liter/menit)	Berat Plastik (Kg)	Lama Proses Penyulingan (menit)	Volume Minyak (ml)
1	<i>Parallel Flow</i>	6	1	120	267
2		7	1	120	275
3		8	1	120	289
4		9	1	120	296
5		10	1	120	305
Jumlah Volume Minyak					1432

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil volume minyak terbesar untuk jenis aliran *parallel flow* didapatkan pada debit 10 liter/menit dari jenis plastik PP dengan jumlah hasil minyak 305 ml.

**Pengaruh Arah Aliran Air Terhadap Laju Perpindahan Panas**

Nilai laju perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor akan dihitung berdasarkan hasil pengamatan dalam penelitian ini dan kemudian akan dikorelasikan dengan hasil minyak yang diperoleh dalam setiap proses kondensasi. Dalam penelitian ini laju transfer panas hanya dihitung dari proses transfer energi panas yang diterima oleh air pendingin.

**Arah Aliran Counter Flow**

Tabel 4. Pengaruh arah aliran air pendingin terhadap nilai laju perpindahan panas dengan arah aliran *counter flow*

Arah Aliran Air Pendingin	Debit Aliran Air Pendingin (liter/menit)	Nilai Laju Perpindahan Panas (watt)		
		$T_{c1}$	$T_{c2}$	q
<i>Counter Flow</i>	6	30.5	28	627
	7	30.8	28	877.8
	8	31.4	28	1338
	9	32.1	28	1944
	10	32.9	28	2717

Tabel 5. Pengaruh nilai laju perpindahan panas terhadap hasil minyak plastik untuk arah aliran *counter flow*

Nilai laju perpindahan panas (watt)	Kapasitas minyak plastik (ml)
627	300
877.8	311
1338	321
1944	344
2717	360

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi untuk jenis aliran *counter flow* terjadi pada debit 10 liter/menit dengan nilai laju perpindahan panas sebesar 2717 Watt dan nilai laju perpindahan panas terendah terjadi pada debit 6 liter/menit dengan nilai laju perpidahan panas sebesar 627 Watt.

**Arah Aliran Paralel Flow**

Tabel 6. Pengaruh arah aliran air pendingin terhadap nilai laju perpindahan panas dengan arah aliran *parallel flow*.

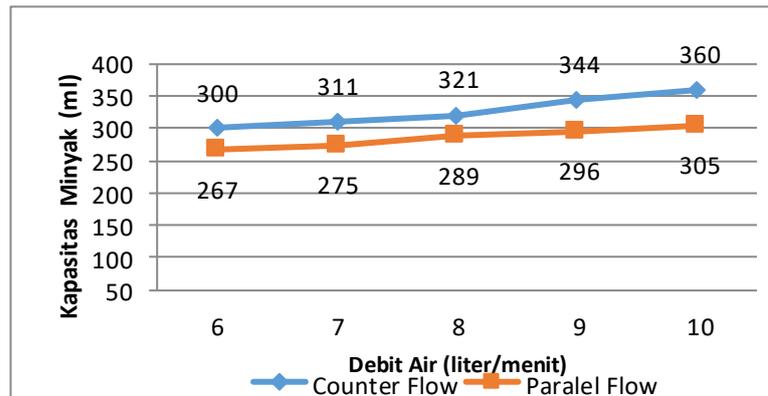
Arah Aliran Air Pendingin	Debit Aliran Air Pendingin (liter/menit)	Nilai Laju Perpindahan Panas (watt)		
		T <sub>c1</sub>	T <sub>c2</sub>	q
<i>Paralel Flow</i>	6	28.7	28	293
	7	29	28	487.7
	8	29.2	28	669
	9	295	28	941
	10	29.8	28	1254

Tabel 7. Pengaruh nilai laju perpindahan panas terhadap hasil minyak plastik dengan arah aliran *parallel flow*.

Nilai laju perpindahan panas (watt)	Kapasitas minyak plastik (ml)
293	267
487.7	275
669	289
941	296
1254	305

Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi untuk jenis aliran *parallel flow* terjadi pada debit 10 liter/menit dengan nilai laju perpindahan panas sebesar 1254 Watt dan nilai laju perpindahan panas terendah terjadi pada debit 6 liter/menit dengan nilai laju perpindahan panas sebesar 293 Watt.

Hubungan antara variasi arah aliran air pendingin dengan jumlah minyak plastik yang didapatkan kondensator pada penyulingan limbah plastik akan dijelaskan dalam grafik gambar berikut:



Gambar 1. Jumlah minyak plastik yang diperoleh dengan variasi arah aliran air pendingin.

Grafik pada Gambar 1 menunjukkan jumlah minyak plastik yang diperoleh dengan memasukkan nilai debit dengan rentang debit 6 -10 liter/menit. Untuk mengetahui seberapa kuat pengaruh arah aliran air pendingin terhadap hasil minyak yang diperoleh maka dapat diinterpretasikan nilai R Square dari grafik dengan tabel interpretasi nilai R menurut Sugiyono (2017).

Tabel 8. Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat kuat

Nilai R Square yang didapatkan dari grafik pada gambar 1 untuk arah aliran air pendingin counter flow  $R^2 = 0,976$  dan paralel flow  $R^2 = 0,989$  yang dari keseluruhannya berada pada rentang

nilai R Square antara 0,900 sampai 1,000. Maka dapat disimpulkan pengaruh hubungan antara arah aliran air pendingin *counter flow* dan *parallel flow* terhadap jumlah minyak plastik yang diperoleh adalah sangat kuat.

Gambar 1 juga menunjukkan bahwa ada perbedaan hasil untuk plastik yang dikondensasikan dengan variasi arah aliran air pendingin. Untuk jenis aliran *counter flow* hasil maksimal didapatkan pada debit air pendingin 10 liter/menit dengan jumlah minyak 360 ml dan hasil minimal didapatkan pada debit air pendingin 6 liter/menit dengan jumlah minyak 300 ml. Untuk jenis aliran *parallel flow*, hasil maksimal didapatkan pada debit 10 liter/menit dengan jumlah minyak 305 ml dan hasil minimal didapatkan pada debit 6 liter/menit dengan jumlah minyak 267 ml.

Jika nilai laju perpindahan panas yang diperoleh dikorelasikan dengan jumlah minyak plastik yang dihasilkan, maka dapat disimpulkan bahwa nilai laju perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor mempengaruhi jumlah minyak plastik yang didapatkan. Hubungan antara keduanya adalah sangat kuat dan jika dilihat dari grafik pada gambar 1 nilai laju perpindahan panas dengan jumlah minyak plastik yang didapatkan berbanding lurus. Dengan nilai laju perpindahan panas yang tinggi didapatkan jumlah minyak yang lebih banyak dan dengan nilai laju perpindahan panas yang rendah akan didapatkan jumlah minyak yang lebih rendah pula.

## SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil simpulan yaitu pada plastik yang diteliti dengan 2 tipe plastik yaitu tipe plastik HDPE dan tipe plastik LDPE *Polyethylene* terjadi perubahan bentuk dari padat ke gas lalu ke bentuk cair. Dapat diambil kesimpulan bahwa untuk tahap mengeluarkan uap paling cepat pada kondensor 2 (jenis minyak solar), tahap mengeluarkan minyak paling cepat pada kondensor 2 (jenis minyak solar), dan untuk berhenti mengeluarkan minyak paling awal berhenti adalah kondensor 3 (jenis minyak bensin). Kedua tipe plastik tersebut memiliki siklus perubahan yang hampir sama, namun tipe plastik LDPE lebih cepat dibandingkan tipe plastik HDPE.

Volume minyak hasil penyulingan dari sampah plastik tipe HDPE diperoleh sebanyak 798 ml dari sampah plastik tipe HDPE sebanyak 7,5 kg dengan variasi berat yang berbeda saat pembakaran dan dilakukan dalam 5 kali pembakaran dengan lama waktu pembakaran 120 menit. Sedangkan volume minyak hasil penyulingan dari sampah plastik tipe LDPE diperoleh sebanyak 1856 ml dari sampah plastik tipe LDPE sebanyak 7,5 kg dengan variasi berat saat pembakaran dan dilakukan dalam 5 kali pembakaran dengan lama waktu pembakaran 120 menit.

## DAFTAR RUJUKAN

- Badan Pusat Statistik, (BPS). (2015). *Proyeksi Penduduk Berdasarkan Hasil Sensus Penduduk 2010*. Diakses 20 Juli 2021.
- Haris, Winelda Mahfud Zaidan. 2020. *Palastik*. Online, (<https://indonesiadevelopmentforum.com/>), diakses pada 1 Juni 2021.
- Nishino, J., Itoh, M., Ishinomori, T., Kubota, N., dan Uemichi, Y. (2003). Development of a Catalytic Cracking Process for Converting Waste Plastics to Petrochemicals. *Journal of Material*.
- Karuniastuti, Nurhenu. (2013). Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan. *Swara Patra*, 3(1).
- Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z., dan Yoshikawa, K. (2014). *Fuel Oil Production from Municipal Plastik Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors*. Conference and Exhibition Indonesia Renewable Energy and Energy Conservation.
- Sugiyono. (2017). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.