

## PENGARUH GEOMETRI PIPA KONDENSOR TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA DESTILASI MINYAK PLASTIK

Mafruddin<sup>1</sup>, Untung Surya Dharma<sup>2</sup>, Ahmad Nuryanto<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro<sup>123</sup>

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Metro, Lampung

Email: mafruddin.mawon@yahoo.com<sup>1</sup>, untungsdh@yahoo.co.id<sup>2</sup>,  
ahmadnuryanto123@yahoo.com<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Sampah plastik merupakan sebuah kendala terbesar di dunia pada saat ini, dan di Indonesia pada khususnya. Hal ini disebabkan oleh budaya konsumtif masyarakat Indonesia akan produk plastik semakin meningkat namun upaya untuk menangani limbah plastik tersebut sangatlah minim. Oleh karena masalah tersebut upaya yang harus dilakukan adalah menciptakan sumber energi alternatif dari limbah plastik dengan metode pirolisis yaitu menggunakan alat destilasi. Kondensor merupakan salah satu komponen pada alat destilasi minyak plastik yang berfungsi sebagai alat untuk penukar panas. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh diameter dan geometri pada pipa kondensor terhadap perpindahan panas dan koefisien perpindahan panas menyeluruh serta perbandingan minyak plastik yang dihasilkan. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen nyata dengan memvariasikan diameter pipa yaitu 0,5 in dan 0,25 in dengan diameter geometri lilitan 20 cm dan 30 cm. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa laju perpindahan panas menyeluruh yang tertinggi pada pipa kondensor diameter 0,25 in dengan diameter geometri 20 cm yaitu 3067 Watt dan koefisien perpindahan panas menyeluruh yang tertinggi pada pipa diameter 0,25 in dengan geometri 20 cm yaitu 661,9 W/m<sup>2</sup> °C. Pipa yang menghasilkan minyak plastik paling banyak yaitu 4,5 liter pada pipa diameter 0,25 in dengan geometri 20 cm.

**Kata Kunci:** Diameter, Geometri, Kondensor, Destilasi Minyak Plastik.

### PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan sebuah kendala terbesar didunia pada saat ini, dan di Indonesia pada khususnya. Sampah plastik banyak terdapat di kota kota besar di Indonesia maupun di kota kecil dan didaerah perkampungan sekalipun. Hal ini disebabkan oleh budaya konsumtif masyarakat Indonesia akan produk plastik semakin meningkat namun upaya untuk menangani limbah plastik tersebut sangatlah minim. Sampah plastik baru bisa terurai setelah 100 tahun dalam tanah, bisa juga lebih, tergantung dalam jenis plastiknya.

Saat ini ada beberapa penerapan teknologi yang bisa digunakan untuk mengkonversikan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif salah satunya

dikonversikan menjadi bahan bakar cair dengan menggunakan metode pirolisis.

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui pemanasan tanpa atau sedikit oksigen dimana limbah plastik dipanaskan pada suhu yang tinggi diatas 400°C sehingga fasenya akan berubah menjadi gas dan kemudian akan terjadi proses perengkahan. Setelah proses tersebut kemudian didinginkan kembali untuk mendapatkan bahan bakar cair dari limbah plastik. Adapun alat utama untuk mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar cair terdiri dari dua komponen, yaitu reaktor 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.

Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh diameter dan geometri pada pipa kondensor terhadap perpindahan panas dan koefisien perpindahan panas menyeluruh serta perbandingan minyak plastik yang dihasilkan

## TINJAUAN PUSTAKA

Hariadi meneliti tentang “*Pengaruh Arah Aliran Air Pendingin Pada Kondensor Terhadap Hasil Pengembunan Proses Pirolisis Limbah Plastik*” dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arah aliran air. Hasilnya menunjukkan laju perpindahan panas dan jumlah minyak plastik yang dihasilkan arus balik lebih tinggi dari pada paralel [1].

Plastik adalah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah suatu proses penggabungan molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan yang sering digunakan adalah naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam [2].

Pirolisis yaitu pemanasan pada kondisi bebas oksigen. Dalam proses pirolisis komponen organik dalam bahan dapat menghasilkan produk cair dan gas, yang dapat berguna sebagai bahan bakar atau sumber bahan kimia [3].

Reaktor adalah suatu alat atau proses tempat dimana terjadinya suatu reaksi berlangsung. Reaktor merupakan bagian alat yang penting dalam proses pembakaran sampah plastik, besar volume pada reaktor mempengaruhi berapa banyak sampah plastik yang dapat diolah, karena itu banyak sampah plastik yang diolah harus disesuaikan oleh besar volume reaktor yang

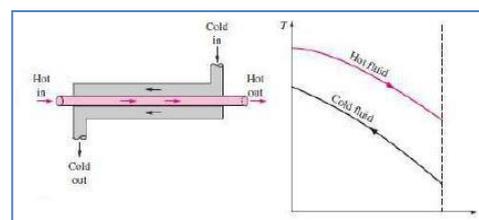
digunakan karena dapat mengakibatkan kelebihan volume pada reaktor. Selain besar volume terdapat bagian penting dalam pembuatan reaktor yaitu bahan yang digunakan untuk membuat reaktor. Bahan membuat reaktor merupakan bagian penting karena, dapat mempengaruhi kualitas reaktor yang digunakan dalam hal ini kuat dan umur reaktor [4].

Kondensasi adalah proses pelepasan kalor dari suatu sistem yang menyebabkan uap (*vapor*) berubah menjadi cair (*liquid*). Dalam proses merubah gas menjadi cair dapat dilakukan dengan cara menaikkan tekanannya atau dengan menurunkan temperaturnya. Jenis fenomena kondensasi dibagi menjadi dua yaitu : kondensasi film (*film wise condensation*) dan kondensasi secara tetes (*dropwise condensation*).

Kondensor merupakan salah satu alat yang digunakan untuk penukar panas antara fluida dimana fluida padas dan fluida dingin terpisah atau tidak saling bercampur. Kondensor (*Heat Exchanger*) berdasarkan arah aliran fluida kerja dibagi menjadi tiga tipe yaitu aliran paralel atau aliran searah (*cocurrent*), aliran melawan arus atau aliran berlawanan (*countercurrent*) dan aliran silang (*crossflow*) [5].

Perpindahan kalor pada *heat exchanger* dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari suatu daerah kedaerah lain akibat adanya perbedaan suhu pada daerah tersebut. Macam macam proses perpindahan kalor yaitu perpindahan panas konduksi dan perpindahan panas konveksi serta radiasi [6].

Pada aliran berlawanan, fluida panas dan dingin masuk penukar panas dengan arah berlawanan, mengalir dengan arah berlawanan dan keluar pada sisi yang berlawanan atau disebut dengan *Counter flow* [5].



Gambar 1. *Counter flow* [5]

Dalam menghitung perpindahan panas yang terjadi pada kondensor maka perlu diketahui temperatur fluida rata-rata (LMTD). Untuk menghitung nilai *Logaritmic Mean Temperature Difference* (LMTD) pada aliran ini digunakan rumus sebagai berikut [5]:

$$LMTD = \frac{(T_{hi}-T_{co})-(T_{ho}-T_{ci})}{\ln\left[\frac{(T_{ho}-T_{ci})}{(T_{hi}-T_{co})}\right]} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

$T_{hi}$  = Suhu minyak masuk °C

$T_{ho}$  = Suhu minyak keluar °C

$T_{ci}$  = Suhu air masuk °C

$T_{co}$  = Suhu air keluar °C

Untuk menghitung laju aliran panas dapat digunakan persamaan berikut [5].

$$\dot{Q} = \dot{m}_c C_{pc} (T_{co} - T_{ci}) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

$\dot{Q}$  = laju perpindahan panas menyeluruh, (Watt)

$\dot{m}_c$  = laju aliran massa air (kg/s)

$C_{pc}$  = panas spesifik air (kJ/kg °C).

Dengan asumsi nilai kapasitas panas spesifik ( $C_{pc}$ ) fluida dingin dan panas konstan, tidak ada kehilangan panas kelingkungan serta keadaan stedy state, maka kita menghitung laju aliran panas total dengan menggunakan sebagai berikut [4].

$$\dot{Q} = U A \Delta T_{Lm} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

$\dot{Q}$  = laju perpindahan panas menyeluruh, (Watt)

U = koefisien perpindahan panas menyeluruh, W/m<sup>2</sup>.°C

A = luas permukaan perpindahan panas, (m<sup>2</sup>)

$\Delta T_{Lm}$  = temperatur rata-rata °C.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di kampus 2 Universitas Muhammadiyah Metro. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen nyata (*true experimental research*) dengan

menvariasikan diameter pipa dan diameter geometri pipa. Metode eksperimen meliputi tahap perencanaan, pembuatan, sampai dengan mengujian kondensor destilasi minyak plastik.

Langkah penelitian meliputi:

1. Studi pustaka
2. Pembuatan kondensor dan alat destilasi minyak plastik
3. Pengujian kondensor destilasi minyak plastik
4. Analisis hasil eksperimen

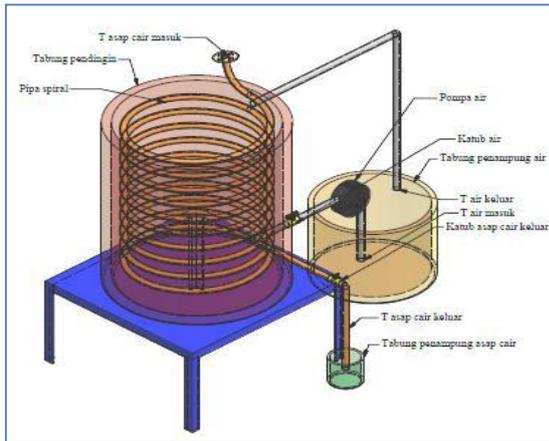
Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Variasi diameter pipa yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,25 dan 0,5 inch.
2. Variasi diameter geometri pipa spiral pada kondensor menggunakan variasi 20 cm dan 30 cm.

Prosedur pengujian kondensor destilasi minyak plastik yaitu:

1. Menyiapkan alat destilasi dan bahan.
2. Menimbang bahan baku plastik *polypropylene* yang akan dipirolisis.
3. Memasukan bahan baku kedalam reaktor pembakaran untuk selanjutnya dilakukan proses pirolisis.
4. Mencatat teemperatur keluaran pada *tube* kondensor dan air.
5. Jika destilat sudah tidak mengalir maka proses detilasi telah selesai.
6. Mengukur hasil minyak plastik bertujuan untuk mengetahui perbandingan maupun hasil terhadap variari pipa kondensor yang digunakan.

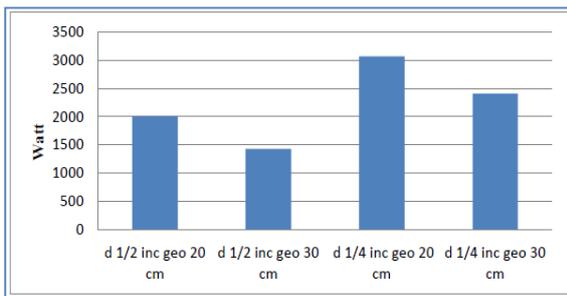
Rangkaian alat kondensor pada destilasi minyak plastik dibuat dengan sistem sirkulasi arah yang berlawanan dengan, dengan tinggi 60 cm, diameter 40 cm dan laju aliran massa air yaitu 0,16 kg/s.



Gambar 2. Skema rangkaian kondensor

## HASIL DAN PEMBAHASAN

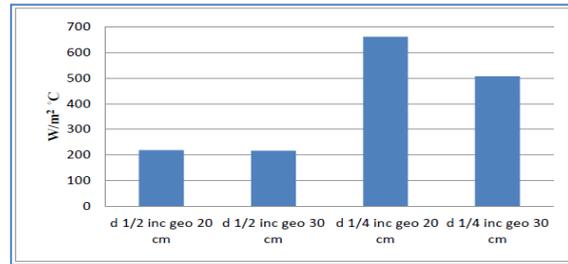
Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh grafik laju perpindahan panas menyeluruh pada kondensor dengan variasi diameter pipa dan diameter geometri pipa yaitu sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik laju perpindahan panas menyeluruh

Dari gambar 3 dapat diketahui bahwa laju perpindahan panas menyeluruh yang tertinggi pada pipa kondensor diameter 0,25 inchi dengan geometri 20 cm yaitu 3067 Watt. Karena dipengaruhi oleh geometri yang lebih kecil dan banyaknya lilitan sehingga mempengaruhi laju perpindahan panas.

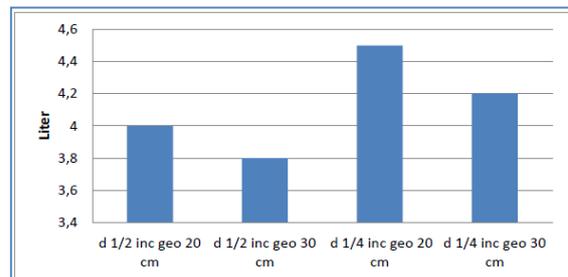
Grafik koefisien perpindahan panas menyeluruh pada kondensor destilasi minyak plastik yaitu sebagai berikut.



Gambar 4. Grafik koefisien perpindahan panas menyeluruh

Dari gambar 4 dapat diketahui koefisien perpindahan panas menyeluruh yang tertinggi pada pipa diameter 0,25 inchi dengan geometri 20 cm yaitu 661,9 W/m<sup>2</sup> °C. Hal ini disebabkan banyaknya lilitan sehingga luas bidang yang bersentuhan dengan air cukup banyak sehingga mempengaruhi koefisien perpindahan panasnya.

Grafik berikut menjelaskan Perbandingan hasil minyak plastik yang dihasilkan dari proses destilasi minyak plastik.



Gambar 5. Grafik Perbandingan hasil minyak plastik

Dari gambar 5 diketahui hasil minyak plastik yang paling banyak yaitu menggunakan pipa diameter 0,25 in dengan geometri 20 cm karena tidak ada ampas yang mengendap dan mempunyai warna kuning cerah. Sedangkan ketiga pipa lainnya mempunyai endapan dan warnanya kuning kecoklatan. Hal ini dipengaruhi oleh laju perpindahan panas dan koefisien perpindahan panas pipa dengan diameter 0,25 inchi dengan diameter 20 cm lebih besar nilainya dari pada ketiga pipa lainnya.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Geometri pipa berpengaruh dalam laju perpindahan panas menyeluruh yaitu angka tertinggi pada pipa kondensor diameter 0,25 in dengan geometri 20 cm yaitu 3067 Watt dan koefisien perpindahan panas menyeluruh yang tertinggi pada pipa diameter 0,25 in dengan geometri 20 cm yaitu 661,9 W/m<sup>2</sup> °C.
2. Geometri pipa berpengaruh terhadap minyak plastik yang dihasilkan yaitu 4.5 liter pada pipa diameter 0,25 in dengan geometri 20 cm.

## SARAN

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji bagaimana pengaruh diameter pipa dan diameter geometri pipa terhadap kualitas minyak plastik yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hariadi, S. (2016). *Pengaruh Arah Aliran Air Pendingin Pada Kondensor Terhadap Pengembunan Proses Pirolisis Limbah Plastik*. (Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang).
- [2]. Kumar S., Panda, A.K, dan Singh R.K. (2011). *Areview On Tertiary RecyCling Of High Density Polyethylene to fuel, resources, conversation and recycling* Vol. 55 893-910 (Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST)).
- [3]. Nugraha, M.F., Wahyudi, A., dan Gunardi, I., (2013). Pembuatan *Fuel* dari *Liquid* Hasil Pirolisis Plastik Polipropilen Melalui Proses *Reforming* Dengan Katalis NiO/Γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 2, No. 2, (2013) *Issn: 2337-3539 (2301-9271 Print)*.
- [4]. Wasesa, R.S., Hilal, N., dan Triyantoro, B., (2016). *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Dengan Alat Pengolahan Sampah Plastik Fixed-Bed Reaktor Dua Kondensor Tahun 2016*. *Jurnal Keslingmas* Vol. 35 Hal. 152-277.
- [5]. Yunus A Cengel., Michael A Boles, 2003. *Thermodynamics And Engineering Approach*. New York: Edisi ke Lima. Penerbit Mc Grow Hill
- [6]. Holman, P. Jack, 1997. *Perpindahan Kalor*. Jakarta: Edisi ke Enam. Penerbit Erlangga.