

**PENGARUH VARIASI SUDUT KONDENSOR ( $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ , DAN  $30^{\circ}$ )  
TERHADAP HASIL PIROLISIS LIMBAH PLASTIK ALUMINIUM  
FOIL DENGAN DEBIT  
AIR PENDINGIN 18 LPM**

**Andika rizal adhi s**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Email : dika.rizal86@gmail.com

---

**INTISARI**

Sampah plastik masih menjadi masalah yang serius di beberapa negara belahan dunia, tidak terkecuali Indonesia. Sampah yang berasal dari plastik jumlahnya sangat besar. Penggunaan limbah sampah plastik adalah salah satu cara alternatif yang memungkinkan sebagai bahan penghasil energi. Percobaan pirolisis ini menggunakan bahan limbah plastik aluminium foil sebanyak 3 kg. Setiap kali percobaan menggunakan 1 kg limbah plastic aluminium foil yang sudah dipotong menjadi ukuran 5x5 cm. Suhu yang digunakan pada pengujian yaitu  $300^{\circ}\text{C}$ - $350^{\circ}\text{C}$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan kalor tertinggi diperoleh pada sudut  $15^{\circ}$  sebesar 238,36 Watt, setelah itu sudut  $0^{\circ}$  sebesar 175,56 Watt dan sudut  $30^{\circ}$  sebesar 188,10 Watt.

**Kata kunci:** Pirolisis, Plastik LDPE, Variasi sudut kondensor, Minyak pirolisis.

---

## **1. PENDAHULUAN**

Peran plastik dalam kehidupan sehari-hari sangat beragam. Harganya yang murah, mudah didapat dan praktis menjadikan plastik sebagai sarana yang dipilih sebagian besar masyarakat. Mulai dari sekedar kantong kresek hingga perabotan rumah tangga banyak sekali yang berbahan dasar plastik. Hal ini berdampak pada meningkatnya penggunaan plastik di Indonesia.

Pengendalian sampah plastik menjadi masalah yang belum juga terselesaikan di Indonesia. Banyaknya penggunaan plastik tidak diimbangi dengan pengelolaan limbah plastik yang seimbang sehingga limbah sampah plastik menggunung tak terkendali. Di tahun 2010, tercatat sampah plastik mencapai 2,4 juta ton, dan pada tahun 2011, sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton. Jumlahnya semakin bertambah karena tidak ada penanganan yang serius. Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap harinya penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah atau total sebanyak 189 ribu ton sampah per hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik. (Surono, 2013).

Seiring dengan perkembangan teknologi terdapat cara baru dalam mengolah sampah plastik, yaitu pirolisis. Alat pirolisis berfungsi mengubah sampah plastik menjadi asap cair (minyak plastik) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Minyak yang dihasilkan dapat diolah lebih lanjut untuk dijadikan sumber bahan bakar alternative untuk menangani kelangkaan BBM.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

Penelitian pirolisis sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Alat dan parameter yang digunakan dalam melakukan penelitian juga bervariasi. Namun masih banyak kekurangan dalam praktiknya maka dari itu

penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan sampah plastik agar lebih optimal.

Penelitian yang dilakukan (Nugraha dkk, 2013) menggunakan bahan baku plastik Polypropilen dengan suhu pemanasan 400-500°C dan dialiri nitrogen selama 30 menit. Pada penelitian yang dilakukan oleh Nugraha dkk menghasilkan minyak sebanyak 500 ml. Hasil Viskositas (60°F) 0,721 mPa.s dan Densitas (60°F) 0,7499 gr/ml. Dilihat dari besaran densitas minyak yang dihasilkan pada penelitian (Nugraha dkk, 2013) telah memenuhi syarat spesifikasi bensin komersial Pertamina. Standar bensin komersial Pertamina sesuai keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 3674 K/24/DJM/2006 memiliki densitas (60°F) 715 – 780 kg/m<sup>3</sup>.

Penelitian (Andriyanto, 2017) menggunakan bahan baku sampah plastik LDPE dengan total 3 kg dimana setiap percobaan menggunakan 1 kg sampah plastik LDPE yang dipotong dengan ukuran 5 cm x 5 cm. Alat pirolisis pada penelitian ini menggunakan variasi kemiringan kondensor terhadap reaktor yaitu 0°, 15°, 30° dan debit air pendingin untuk kondensor 6 LPM. Dalam penelitian ini waktu percobaan dilakukan selama 100 menit dimana waktu yang paling efisien untuk proses pirolisis sampah plastik LDPE terjadi pada menit ke-20 sampai menit ke-50. Dari hasil variasi sudut kemiringan kondensor, diperoleh minyak hasil sebanyak 600 ml dengan sisa abu 117 gr pada sudut kemiringan kondensor 0°, untuk sudut 15° memperoleh minyak sebanyak 560 ml dengan sisa abu 160 gr, dan sudut 30° mendapatkan hasil minyak 500 ml dengan sisa abu 262 gr.

Penelitian yang dilakukan Haryadi (2015) tentang “Pengaruh Arah Aliran Air Pendingin pada Kondensor terhadap Hasil Pengembunan proses pirolisis Limbah Plastik” menggunakan plastik jenis HDPE dalam penelitiannya. Pirolisis yang dilakukan menggunakan suhu 300°C dengan lama pemanasan 17,5 menit. Bahan yang digunakan adalah PP (polypropylene) dan High Density Polyethylene (HDPE). Pemanasan dilakukan dengan bahan bakar LPG dan dengan 2 arah aliran uap dan air yang berbeda yaitu paralele flow dan counter flow. Hasilnya pirolisis PP dan HDPE optimal dilakukan dengan arah aliran counter flow dengan hasil perpindahan kalor 1.642 Watt dan menghasilkan 360ml minyak plastik PP. Sedangkan hasil minyak HDPE adalah 400 ml dengan perpindahan kalor tertinggi 1.218 Watt..

Penelitian pirolisis lain dilakukan oleh (Wasesa dkk, 2016) menggunakan bahan baku plastik LDPE bening yang sudah dibersihkan, dikeringkan dan dicacah sebanyak 1kg. Alat pengolahan sampah plastik mampu menghasilkan 1100 ml dan padatan berupa residu sebanyak 178 gram dengan waktu 180 menit, suhu pirolisis 200°C - 250°C dan memerlukan bahan bakar gas LPG sebanyak 2 kg. Sampah plastik menghasilkan minyak pertama kali diwaktu 78 menit dengan suhu 170°C. Tungku pembakaran pada saat uji coba alat mencapai suhu 438°C

### **3. METODE PENELITIAN**

Plastik aluminium foil adalah plastik yang sering digunakan untuk mengemas makanan atau minuman instan. Plastik yang berlapis aluminium foil dapat juga dikonversi menjadi bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis karena pelapis aluminium foil merupakan jenis plastik turunan dari minyak (Yuriandala dkk, 2016). Plastik aluminium foil sebelum dilakukan pengujian sampah plastik dipotong-potong menjadi bentuk kecil-kecil menjadi dimensi 5x5 cm.



Gambar 1. Plastik alumunium foil ukuran 5x5 cm

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pirolisis sederhana dengan sistem pembakaran menggunakan gas LPG 3 kg dan pendingin air. Pada proses pirolisis plastik alumunium foil dengan debit air pendingin 6 LPM. Alat pirolisis dilengkapi dengan kondensor yang sudut kemiringannya bisa diatur yaitu 0°, 15°, dan 30° untuk mengetahui hasil pirolisis yang optimal. Asap cair (minyak plastik) hasil pirolisis selanjutnya dilakukan uji karakteristiknya untuk mengetahui nilai densitas, viskositas, nilai kalor dan *flash point*.

Gambar alat pirolisis dapat dilihat pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Sketsa alat pirolisis

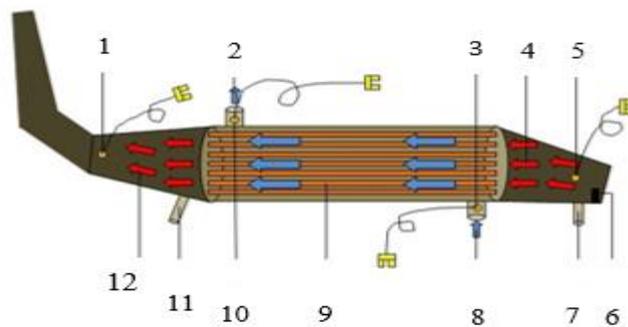
Keterangan gambar :

1. *Termo reader*
2. *Flow meter*
3. Radiator
4. Pipa air pendingin
5. Pompa air
6. Gas LPG
7. Kompor
8. Gelas ukur
9. Tabung penampung air pendingin
10. Reaktor

11. Selang air pendingin
12. Kerangka alat pirolisis
13. Kondensor

Simbol  $\alpha$  adalah sudut kemiringan kondensor yang terdiri dari 3 variasi sudut yaitu sudut  $0^\circ$ ,  $15^\circ$  dan  $30^\circ$  yang bisa diatur sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Kondensor yang digunakan pada alat pirolisis memiliki diameter 20 cm dengan panjang 50 cm. didalam kondensor terdapat 18 pipa tembaga berdiameter 0,9 cm. pipa tembaga yang berada di dalam kondensor berfungsi untuk lewatnya fluida gas (asap) dari reaktor. Di dalam kondensor pipa-pipa tembaga diselimuti oleh alir yang bersirkulasi dengan bantuan pompa. Aliran yang dipakai untuk proses kondensasi di kondensor yaitu aliran jenis *parallel flow*. Pada penelitian sudut kondensor yang digunakan bervariasi, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sketsa alat kondensor

Keterangan gambar :

1. T4
2. Lubang keluar air pendingin
3. T2
4. Aliran asap masuk
5. T1
6. Penghenti jalur minyak
7. Lubang keluar minyak
8. Lubang masuk air pendingin
9. Pipa tembaga
10. T3
11. Lubang keluar minyak
12. Aliran asap keluar

### 3.1 PROSES PENELITIAN

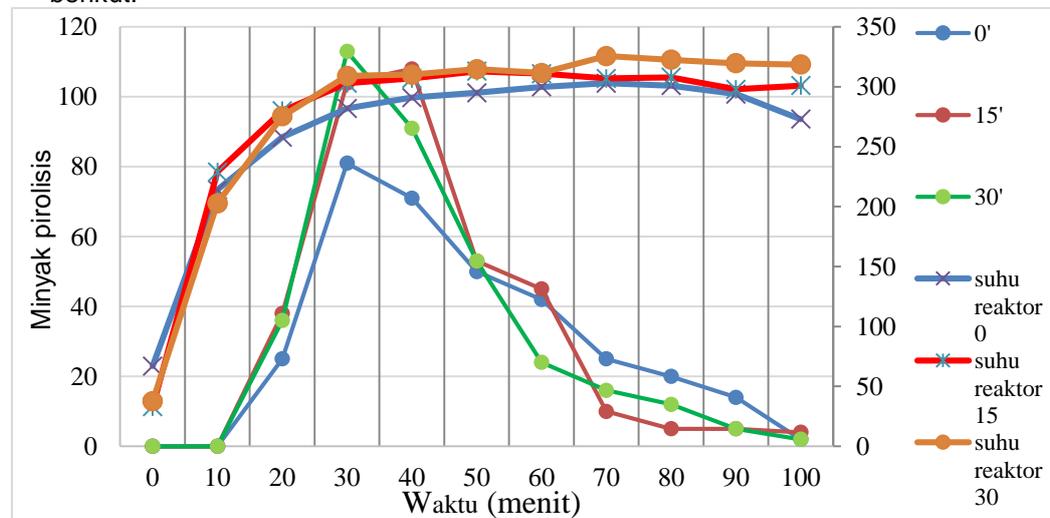


Gambar 4. Diagram alir penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Korelasi Waktu Terhadap Hasil Minyak

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara lama waktu yang penelitian dengan hasil minyak yang didapatkan. Hubungan antara lama waktu pirolisis dengan banyaknya minyak yang didapat adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Korelasi Waktu Dengan Hasil Minyak

Pada percobaan sudut 0° kenaikan yang paling signifikan yaitu pada menit 20 sampai menit 30. Hasil minyak terbanyak yaitu pada menit 40 yang menjadi titik puncak pirolisis. Setelah menit ke-40 tersebut plastik yang dibakar didalam reaktor sebagian sudah menjadi abu.

Pada sudut 15° kenaikan yang paling signifikan yaitu menit 20 sampai menit 40, hasilnya yaitu 108 ml. Puncak produksi minyak terjadi di menit 40 dengan minyak 104 ml. Setelah menit 50 hasil minyak kemudian terus menurun sampai menit 100.

Pada sudut 30° kenaikan yang paling signifikan yaitu pada menit 30 sampai menit 40. Percobaan dengan sudut 30°, hasilnya bertambah 77 ml yaitu dari 36 ml naik sampai 113 ml. Percobaan dengan sudut 30° menghasilkan minyak relatif banyak pada awal percobaan

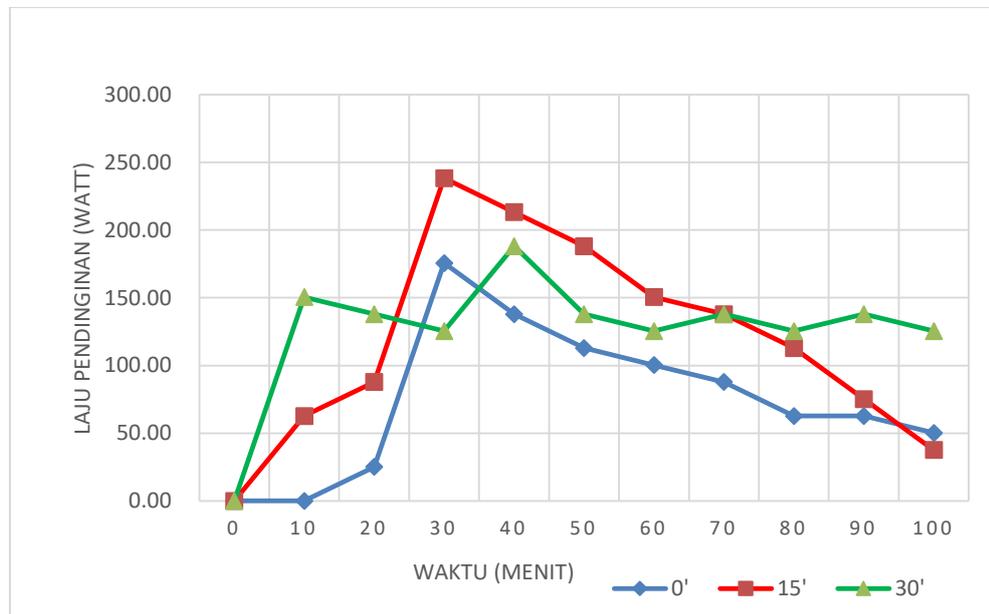
#### 4.2 Korelasi Waktu terhadap Laju Pendinginan

Nilai laju perpindahan kalor/panas yang terjadi di dalam kondensor akan dihitung berdasarkan hasil pengamatan dalam penelitian 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. Laju perpindahan panas *pararel flow*:

$$q = m.c ( T_2 - T_3 )$$

Dimana :

- q = perpindahan kalor
- m = Laju masa fluida (kg/s) untuk debit 12 liter / menit = 0,2 kg/s
- c = Kalor jenis air ( 4180 kg/J °C)
- T<sub>2</sub> = Suhu masuk fluida pendingin
- T<sub>3</sub> = Suhu keluar fluida pendingin



Gambar 6. Grafik Korelasi Waktu terhadap Nilai Laju Pendinginan

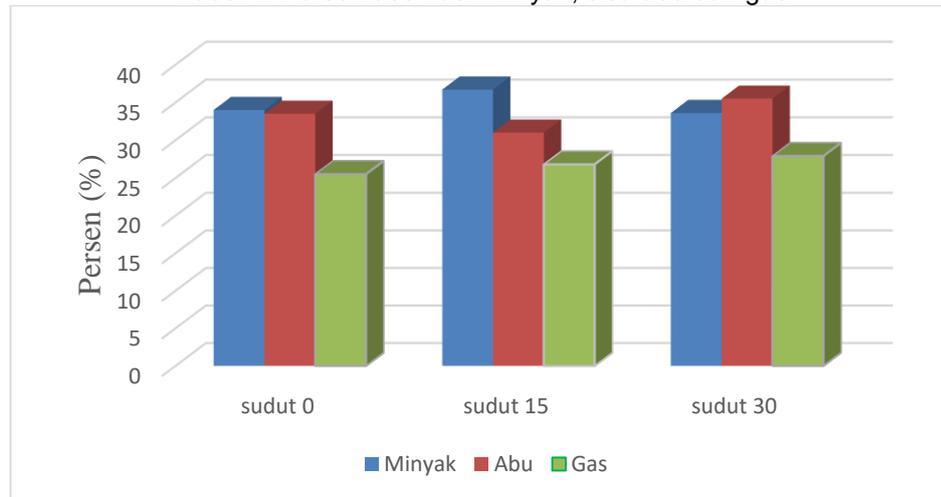
Dengan teori rumus yang telah ada maka didapatkan Gambar grafik 6 di atas yang menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi dari ketiga sudut terjadi pada percobaan dengan sudut 15° yang mencapai titik tertinggi perpindahan kalor 238,26 Watt. Sedangkan percobaan dengan sudut 0°

mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi sebesar 175,56 Watt. Percobaan dengan sudut 30° mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi 175,56 Watt. Perbedaan titik puncak perpindahan kalor ini dikarenakan sudut yang berbeda.

### 4.3 Korelasi Hasil Minyak dan Sisa Abu Terhadap Bahan Pada Sudut Pengujian

Data yang dapat diambil yaitu dengan cara mengukur dahulu hasil minyak yang didapatkan dan sisa plastik yang menjadi abu seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase hasil minyak, sisa abu dan gas



korelasi yang terjadi pada sudut 0° produksi minyak yang dihasilkan 25,3% dari bahan 1kg plastik alumunium foil dan menyisakan abu 33,5%, pada percobaan 15° produksi minyak yang dihasilkan 29,1% dan menyisakan abu sebanyak 35,5%, dan pada percobaan 30° produksi minyak yang dihasilkan 25,5% dengan menyisakan abu sebanyak 35,5%. Dilihat dari hasil percobaan yang dihasilkan dapat ditarik kesimpulan bahwa penelitian pirolisis dengan debit air pendingin 18 LPM menggunakan variasi sudut kemiringan kondensor, hasil yang maksimal didapat yaitu pada sudut kemiringan 15° dengan waktu pengujian 100 menit. Penelitian menghasilkan minyak paling banyak pada sudut 15° disebabkan karena asap mengalir dengan lancar dan ketika sudah menjadi minyak akan langsung mengalir turun ke penampung minyak. Serta nilai perpindahan kalor pada sudut 15° paling tinggi diantara sudut 0° dan 30°.

### 4.4 Karakteristik Hasil Minyak

Setelah dilakukan penelitian terhadap minyak hasil pirolisis plastik alumunium foil diperoleh beberapa karakteristik sebagai berikut:

Tabel 4.4 Karakteristik minyak plastik

No	Parameter	Nilai
1	Densitas	0,801 g/ml
2	Viskositas	4,4 mPa.s
3	Nilai kalor	10.057,89 Cal/g
4	flash point	45,7°C

Jika dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, maka terdapat perbedaan dari karakteristik minyak hasil pirolisis. Tabel perbedaan karakteristik penelitian para peneliti sebelumnya bisa diamati pada tabel berikut:

#### 4.5 Perbandingan Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Tabel 4.5 Perbedaan Karakteristik minyak plastik para peneliti terdahulu

No.	Densitas (g/ml)	Viskositas (mPa.s)	Nilai Kalor (Cal/g)	Flash Point (°C)	Sumber
1	0,801	4,4	10,057,8900	45,7	Hasil penelitian
2	0,78	1,5	-	46,50	Nurdianto <i>et al</i> (2016)
3	-	0,4	10,222,6000	-	Santoso (2010)
4	0,7499	0,7	-	-	Nugraha <i>et al</i> (2013)
5	0,803	4,4-6,0	9691,6888	35-37	Kusnaery (2017)

#### 4.6 Perbandingan Hasil Minyak Yang Diperoleh dengan Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah perbandingan minyak hasil pirolisis yang telah diperoleh dengan hasil minyak yang diperoleh dari penelitian-penelitian sebelumnya yang mencakup bahan, suhu, waktu, dan hasil. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan hasil minyak dengan hasil minyak penelitian lain

Peneliti	Bahan	Suhu	Waktu	Hasil
Sudut 0 Sudut 15 Sudut 30	1 kg plastik alumunium foil setiap pengujian dengan dimensi 5x5 cm	300-350	100 menit	353 ml 372 ml 352 ml
Kusnaery (2017) Sudut 0 Sudut 15 Sudut 30	1 kg plastik alumunium foil setiap pengujian dengan dimensi 8x8 cm	300-350	100 menit	208 ml 242 ml 220 ml

Peneliti	Bahan	Suhu	Waktu	Hasil
Chumsanti santaweesuk dan Adun Janyalertadun	5 kg PP, LDPE, HDPE	250-350	4-6 jam	16070 ml
Wasesa dkk	1 kg LDPE	200-250	100 menit	1100 ml
Kadir	500 gr PET, 500 g HDPE, 500 g PP	300-400	-	1334 ml
Nugraha dkk	Plastik Polipropilen	400-500	30 menit	500 ml
Nurdianto	1 kg botol plastik	200	-	250 ml
Santoso	Plastik PP dan LDPE	300-450	60 menit	-

Tabel 4.7 Menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan dari percobaan dengan bahan plastik alumunium foil 1 kg dan variasi sudut kemiringan kondensor 0°, 15°, dan 30° dengan waktu percobaan selama 100 menit, menghasilkan minyak dengan total 1,077 ml. Untuk perbedaan dengan penelitian serupa, ukuran dimensi bahan baku mempengaruhi hasil minyak.

## 5. KESIMPULAN

Setelah melakukan percobaan pirolisis plastik alumunium foil sebanyak 1 kg setiap kali percobaan dengan debit 18 LPM dan variasi kemiringan sudut kondensor 0°, 15°, dan 30° dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Persentase hasil minyak tertinggi didapat pada percobaan dengan sudut 15° dengan 29,1% minyak dan 35,5% abu. Sedangkan pada percobaan 0° mendapatkan 25,3% minyak dan 33,5% abu dan pada percobaan 30° mendapatkan 25,5% minyak dan 35,5% abu.
2. Nilai perpindahan kalor tertinggi didapat pada percobaan sudut kemiringan kondensor 15° dengan nilai laju perpindahan kalor sebesar 238.26 Watt. Sedangkan pada percobaan sudut 0° mendapatkan nilai perpindahan kalor sebesar 175.56 Watt, sedangkan sudut kemiringan kondensor 30° dengan nilai perpindahan kalor sebesar 188.10 Watt.
3. Pada penelitian pirolisis dengan variasi sudut kondensor 0° menghasilkan minyak plastik alumunium foil total sebanyak 353 ml, percobaan sudut kondensor 15° menghasilkan minyak plastik alumunium foil sebanyak 372 ml, dan pada percobaan dengan sudut kemiringan kondensor 30° menghasilkan minyak plastik alumunium foil sebanyak 352 ml.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, Muhamad. 2017. *Pengaruh Variasi Sudut Orientasi Kondensor (0°, 15°, dan 30°) terhadap Hasil Proses Pirolisis Plastik LDPE Pada Debit Air Pendingin 6 LPM*. Yogyakarta: Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Cengel, Yunus A. 2003. *Heat Transfer a Practical Approach*. New York: McGraw Hill.
- Dickson (2017) <http://ilmupengetahuanumum.com/jenis-jenis-plastik-arti-kode-daur-ulang-plastik/> (diakses pada 8 November 2017)
- Ermawati, Rahyani. 2011. *Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif Converting Of Plastic Waste As A Source Of Energy Alternative*. Jurnal Riset Industri. Vol. V, No,3,2011, Hal. 257-263.
- Fatimah, Is. dan Nugraha, Jaka. 2005. *Identifikasi Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Jati Menggunakan Principal Component Analysis*. Jurnal Ilmu Dasar. Vol. 6 No.1, 2005 : 41-47.
- Goyal, H.B, dkk. 2006. *Bio-Fuels From Thermodynamical Conversion Of Renewable Resources*. Indian Institute of Petroleum, Dehradun 248005, India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12 (2008) 504-517.
- Haryadi, Sigit. 2015. "Pengaruh Arah Aliran Air Pendingin pada Kondensor terhadap hasil Pengembunan proses pirolisis Limbah Plastik"
- Kadir. 2012. *Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Sumber Bahan Bakar Cair*. Kendari :Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Haluoleo. Vol. 3, No 2, Mei 2012.
- Kanika Mathur dkk (2016) "Extraction of Pyrolysis oil from Waste Plastics"
- Kusnaery, Andriansyah. 2017. *Pengaruh Variasi Sudut Kondensor (0°, 15°, dan 30°) terhadap Hasil Proses Pirolisis Plastik Aluminium Foil Pada Debit Air Pendingin 12 LPM*. Yogyakarta: Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Nugraha, Mahendra Fajri, dkk. 2013. *Pembuatan Fuel Dari Liquid Hasil Pirolisis Plastik Polipropilen Melalui Proses Reforming Dengan Katalis NiO/TiO<sub>2</sub>*. Surabaya: Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Vol. 2, No. 2, 2013.
- Nurdianto, Purnomo, dkk. 2016. *Pengujian Bahan Bakar Biofuel Hasil Pirolisis Botol Plastik Pada Sepeda Motor*. Mesin Otomotif Politeknik Negeri Tanah Laut. Jurnal Elemen. Vol. 3, No 1, Desember 2016.

- Rana, AryaJayeng. 2015. *Pengaruh Viskositas Berbagai Minyak Sawit Untuk Oli Peredam Shock Absorber Sepeda Motor*. Skripsi. Teknik Mesin Universitas Andalas Padang.
- Ricki Rafli dkk (2017) *Penerapan Teknologi Pirolisis Untuk Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak di Kabupaten Bantul*
- Santaweesuk, Chumsanti. dan Janyalertadun, Adun. 2017. *The Production Of Fuel Oil By Conventional Slow Pyrolysis Using Plastic Waste From a Municipal Landfill*. International Journal Of Environmental Science and Development, Vol. 8, No. 3, March 2017.
- Santoso, Joko. 2010. *Uji Sifat Minyak Pirolisis Dan Uji Performasi Kemplor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis Dari Sampah Plastik*. Skripsi. Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Syamsiro, M et al. 2016. *Studi Pirolisis Sampah Ban untuk Produksi Bahan Bakar Minyak Alternatif bagi Industri Kecil dan Menengah*. Yogyakarta: Jurnal Riset Daerah. Vol.15, No.3:2511-2522.
- Wasesa, Raden Segara, dkk. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Dengan Alat Pengolahan Sampah Plastik Fixed-Bed Reaktor Dua Kondensor*. Journal Kesehatan Lingkungan Masyarakat. Vol. 35 Hal. 152-277 September 2016.