

PENGARUH VARIASI SUDUT KONDENSOR (0° , 15° , DAN 30°) MENGGUNAKAN KONFIGURASI ALIRAN *COUNTER FLOW* DENGAN DEBIT AIR PENDINGIN 12 LPM TERHADAP HASIL PIROLISIS PLASTIK LDPE

Ahmad Abdu Rozak

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Email : Abdurozak1@gmail.com

INTISARI

Penggunaan produk plastik banyak digunakan sebagai kemasan makanan dan minuman. Semakin meningkatnya penggunaan produk plastik juga akan berdampak pada jumlah sampah yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan menggunakan alat pirolisis dengan bahan baku sampah plastik jenis LDPE (*low density polyethylene*) sebanyak 1 kg. Pengujian dilakukan pada suhu 300°C - 350°C , menggunakan aliran *counter flow* tiap percobaan menggunakan debit air pendingin yang sama yaitu 12 LPM. Sudut kondensor yang digunakan bervariasi yaitu 0° , 15° , dan 30° . Pada penelitian menghasilkan minyak plastik total 550 ml pada sudut 0° , percobaan dengan sudut 15° menghasilkan minyak plastik sebanyak 615 ml, dan percobaan dengan sudut 30° menghasilkan minyak plastik sebanyak 635 ml. Perpindahan kalor tertinggi 1286,28 Watt pada sudut 0° , sedangkan pada percobaan 15° terjadi perpindahan kalor tertinggi 1457,22 Watt dan pada percobaan 30° terjadi perpindahan kalor tertinggi 1552,73 Watt

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

1. PENDAHULUAN

Saat ini, penggunaan produk plastik cukup banyak digunakan sebagai kemasan makanan dan minuman. Produk yang serbaguna, kuat dan relatif murah menjadikan salah satu pilihan utamanya. Karena kemudahan tersebut tanpa disadari penggunaan produk plastik akan terus meningkat. Semakin meningkatnya penggunaan produk plastik juga akan berdampak pada jumlah sampah yang di hasilkan pula.

Sebenarnya sampah plastik juga bisa didaur ulang menjadi barang yang dapat dijual lagi. Sampah plastik mudah dibentuk sehingga bisa dijadikan sebagai bahan untuk kerajinan tangan. Akan tetapi tidak semua sampah plastik bisa dijadikan kerajinan. Oleh karena itu perlu adanya kajian mendalam dalam pengolahan sampah plastik agar dapat menghasilkan barang daur ulang yang lebih bermanfaat.

Ada beberapa metode untuk pengolahan sampah plastik yang bisa digunakan untuk mengurangi jumlah plastik, salah satu metode yang digunakan yaitu pirolisis. Pirolisis salah satu alat yang dapat mengolah sampah plastik, seperti : kantong kresek, botol minuman, ban bekas motor atau mobil. Dari pengolahan tersebut akan menghasilkan minyak mentah yang dapat digunakan untuk bahan bakar minyak (BBM). Pirolisis merupakan proses pengolahan sampah yang dapat mengurangi berat dan volume sampah (Qonita dan Herumurti, 2015).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pemanfaatan limbah sampah salah satunya limbah plastik dengan menggunakan metode pirolisis sudah banyak diteliti oleh peneliti pendahulu. Alat dan variabel yang digunakan dalam penelitiannya juga bervariasi dan beragam pada setiap penelitian.

Penelitian sebelumnya yang menjadi bahan pertimbangan yaitu penelitian (Landi dan Arijanto, 2017). Penelitian ini dilakukan dengan bahan baku sampah plastik LDPE. Metode penelitian ini dilakukan pada temperatur 350 °C, 500 °C, dan 700 °C dan waktu reaksi selama 0-60 menit. Dari hasil penelitian di dapatkan volume 140 ml, 210 ml, dan 365 ml. Densitas yang dihasilkan yaitu 0,7291 gr/ml, 0,7563 gr/ml, dan 0,7336 gr/ml. Nilai kalor yang dihasilkan adalah 36,290 J/gr, 28,517 J/gr, dan 40,124 J/gr. Hasil densitas dan nilai kalor yang dihasilkan mendekati densitas dan nilai kalor pada minyak tanah dan bensin. Suhu optimum diantara tiga variasi suhu yang dilakukan yaitu pada suhu 700 °C. Perancangan alat disesuaikan dengan fungsi, karakteristik dan lingkungan dimana proses berlangsung.

Penelitian (Pani dkk, 2017) proses pirolisis menggunakan plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dilakukan pada suhu reaktor 250 °C dan 300 °C. Jumlah minyak plastik tertinggi didapatkan pada suhu reaktor 300 °C dan terendah pada suhu reaktor 250 °C dengan masing-masing sebesar 260 ml dan 240 ml. Jumlah briket arang yang digunakan dalam proses pirolisis 250 °C adalah sebanyak 3 kg. Jumlah briket arang yang digunakan diawal pembakaran adalah 2 kg dan dilakukan penambahan sebanyak 1 kg setelah proses pirolisis berjalan 30 menit pada suhu 250° C. Sedangkan dalam proses pirolisis 300 °C briket arang yang digunakan adalah sebanyak 4 kg dengan 2 kg diawal pembakaran dan dilakukan penambahan briket sebanyak dua kali sebanyak masing-masing 1 kg pada saat proses pirolisis berjalan 25 menit pada suhu reaktor 250° C dan 70 menit pada suhu reaktor 270°C. Jumlah padatan atau arang sisa pembakaran plastik LDPE pada suhu reaktor 300 °C adalah seberat 720 gram, sedangkan jumlah padatan atau arang sisa pembakaran pada suhu reaktor 250 °C adalah seberat 800 gram.

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 (Wijaya, 2017) pada percobaan pirolisis menggunakan plastik LDPE sebanyak 1 kg dengan debit air pendingin 18 LPM dan sudut kondensor 0° dan suhu pirolisis 300 °C-350 °C menghasilkan minyak plastik total 540 ml, percobaan dengan sudut 15° menghasilkan minyak plastik sebanyak 590 ml, dan percobaan dengan sudut 30° menghasilkan minyak plastik sebanyak 520 ml. Persentase hasil minyak tertinggi didapat pada percobaan dengan sudut 15° dengan 45,1% minyak dan 15,4% abu. Sedangkan pada percobaan 0° mendapatkan 41,4% minyak dan 17,3% abu dan pada percobaan 30° mendapatkan 39,2% minyak dan 22,3% abu.

3. METODE PENELITIAN

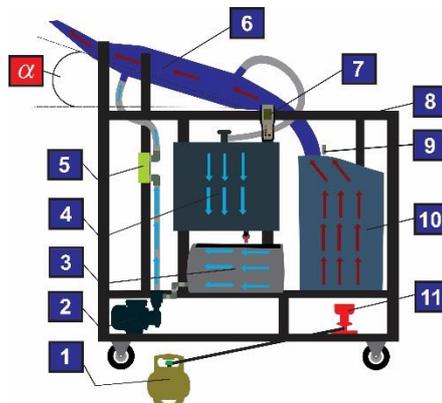
Penelitian menggunakan bahan plastik jenis LDPE yang telah dipotong-potong dengan dimensi 5x5 cm yang sudah dicuci dan dikeringkan.



Gambar 1. Bahan baku plastik jenis LDPE

Dalam penelitian bahan yang digunakan adalah plastik jenis LDPE yang telah dipotong-potong. Proses pembakaran menggunakan kompor berbahan bakar gas LPG dengan suhu pembakaran sebesar 300°C-350°C selama 100 menit. Air pendingin pada kondensor menggunakan debit sebesar 12 LPM selama proses pirolisis. 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*.

Instalasi peralatan untuk proses pirolisis dirancang seperti tampak pada Gambar 2.



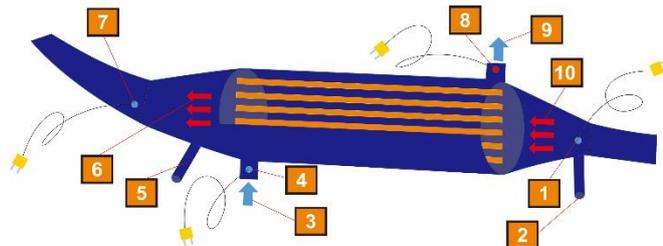
Gambar 2. Sketsa alat pirolisis

Keterangan gambar :

1. Gas LPG
2. Pompa air
3. Penampung air
4. Radiator
5. *Flow meter*
6. Kondensor
7. *Thermometer*
8. Kerangka
9. Regulator
10. Reaktor
11. Kompor

Simbol α adalah sudut kemiringan kondensor yang terdiri dari 3 variasi sudut yaitu sudut 0°, 15° dan 30° 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 air 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.

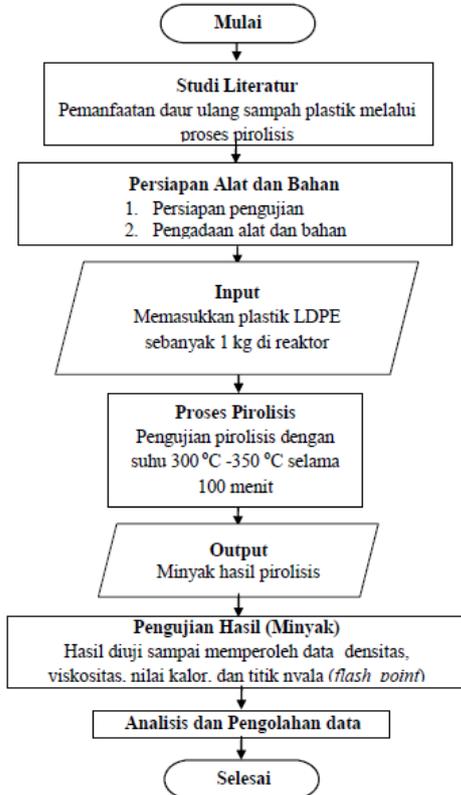


Gambar 3. Sketsa alat kondensor

Keterangan gambar :

1. T1
2. Lubang keluar minyak
3. Lubang masuk air
4. T2
5. Lubang keluar minyak
6. Aliran asap keluar
7. T4
8. T3
9. Lubang keluar air
10. Aliran asap masuk

3.1 PROSES PENELITIAN

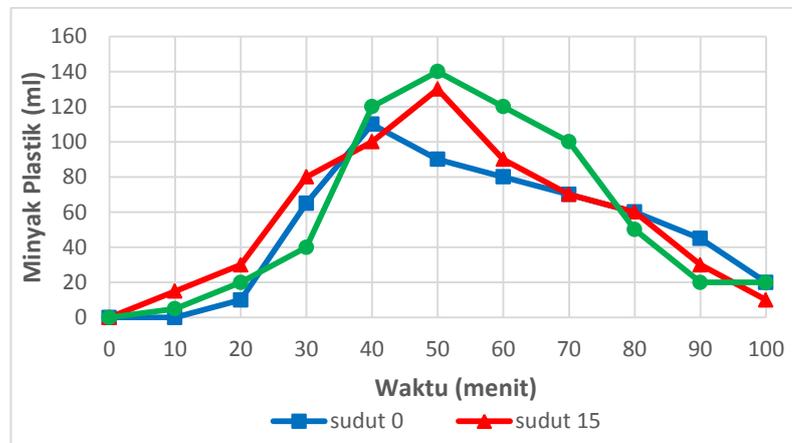


Gambar 4. Diagram alir penelitian

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 30, hasilnya yaitu 50 ml. Puncak produksi minyak terjadi di menit 50 dengan minyak 130 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° menghasilkan minyak yang konstan dan paling optimal dari ketiga variasi sudut. Hal ini menunjukkan bahwa minyak yang telah terkondensasi langsung mengalir keluar dari kondensor ke penampungan minyak.

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 *counter flow*:

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

Dimana :

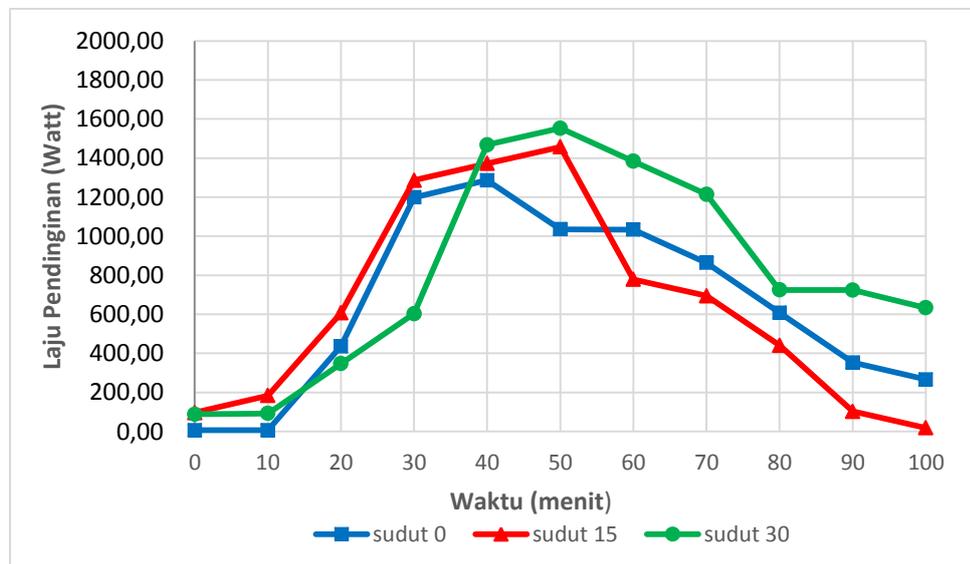
q = perpindahan kalor

m = Laju masa fluida (kg/s) untuk debit 12 liter / menit = 0,2 kg/s

c = Kalor jenis air (4180 kg/J °C)

T₂ = Suhu masuk fluida pendingin

T₃ = Suhu keluar fluida pendingin



Gambar 6. Grafik Korelasi Waktu terhadap Nilai Laju Pendinginan

Dengan teori rumus yang telah ada maka didapatkan Gambar grafik 3 di atas yang menunjukkan bahwa nilai laju perpindahan panas tertinggi dari ketiga sudut terjadi pada percobaan dengan sudut 30° yang mencapai titik tertinggi perpindahan kalor 1552,73 Watt. Sedangkan percobaan dengan sudut 0° mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi sebesar 1286,28 Watt. Percobaan dengan sudut 15°

mempunyai titik perpindahan kalor tertinggi 1457,22 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

Sudut Kondensor	Plastik (Kg)	Minyak (gr)	Abu (gr)	Persentase Minyak (%)	Persentase Abu (%)	Persentase Gas (%)
0°	1000	391	130,9	39,1	13,09	39,41
15°	1000	444	118,7	44,4	11,87	35,43
30°	1000	479	104,5	47,9	10,45	35,55

Inilah korelasi yang terjadi seperti pada sudut 0° minyak yang dihasilkan mencapai 39,1 % dari 1 kg plastik yang dibakar hanya tersisa abu sebanyak 13,09 % dari plastik. Pada sudut 15° minyak yang dihasilkan mencapai 44,4 % sisa abu sebanyak 11,87% dan pada sudut 30° minyak yang dihasilkan sebanyak 47,9 % dan sisa abu lebih sedikit yaitu 10,45 % dari bahan plastik yang dibakar. Kesimpulan yang didapat dari percobaan pirolisis dengan debit 12 LPM menggunakan aliran *counter flow* dan variasi sudut yang lebih maksimal dilakukan pada sudut 30°.

4.4. Korelasi Hasil Minyak terhadap Bahan Bakar yang Terpakai

Data yang dapat diambil yaitu dengan cara mengukur dahulu hasil minyak yang didapatkan dan bahan bakar yang dipakai selama percobaan.

Tabel 2. Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar yang Terpakai dengan Penelitian (Wijaya, 2017)

Sudut (°)	Penelitian				Penelitian Wijaya			
	Hasil Minyak		Bahan Bakar Terpakai (gr)	Efisiensi Bahan Bakar (%)	Hasil Minyak		Bahan Bakar Terpakai (gr)	Efisiensi Bahan Bakar (%)
	Volume (ml)	Massa (gr)			Volume (ml)	Massa (gr)		
0	550	391	1350	27,05	540	414	1440	26,43
15	615	444	1340	30,95	690	451	1430	28,21
30	635	479	1340	33,39	520	392	1470	25,20

Tabel 2. diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pengisolasian pada reaktor dapat meningkatkan efisiensi pemakaian bahan bakar.

4.5. Karakteristik Hasil Minyak

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

Tabel 3. Karakteristik minyak plastik

No	Parameter	Karakteristik Hasil Uji Minyak	
		Hasil Penelitian	Penelitian Wijaya
1	Densitas	0,762 gr/ml	0,774 gr/ml
2	Viskositas	3,2-3,4 mm ² /s	3-3,2 mm ² /s
3	Nilai kalor	11.000,29 Cal/gr	10.727,59 Cal/gr
4	Flash point	31-34 °C	33-37 °C

Jika dibandingkan dengan penelitian hasil uji karakteristik minyak (Wijaya, 2017) maka terdapat perbedaan dari karakteristik minyak hasil pirolisis namun tidak jauh berbeda karena bahan baku yang dipakai sama yaitu plastik jenis LDPE.

4.6. Perbandingan Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Tabel 4. Perbandingan Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Peneliti	Bahan	Suhu	Waktu	Hasil
Hasil Penelitian	1 kg LDPE	300-350°C	100 menit	550 ml 615 ml 635 ml
Wijaya, 2017	1 kg LDPE	300-350°C	100 menit	540 ml 590 ml 520 ml
Andriyanto, 2017	1 kg LDPE	300-350°C	100 menit	600 ml 560 ml 500 ml
Santoso, 2010	1 kg LDPE	450°C	-	400 ml
Kadir, 2012	1 kg PP,PET,HDPE	400-415°C	-	447 ml 484 ml 403 ml

Pada Tabel 4. menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan dari percobaan dengan bahan plastik LDPE 1 kg dan variasi sudut kemiringan kondensor 0°, 15°, dan 30° dengan waktu percobaan selama 100 menit, pada sudut 0°, menghasilkan minyak sebanyak 550 ml, pada sudut 15° menghasilkan minyak sebanyak 615 ml, dan pada sudut 30° menghasilkan minyak sebanyak 635 ml

5. KESIMPULAN

1. Pada percobaan pirolisis plastik LDPE sebanyak 1 kg dengan debit air pendingin 12 LPM dan sudut kondensor 0° dan suhu pirolisis 300 °C-350 °C menghasilkan minyak plastik total 550 ml, percobaan dengan sudut 15° menghasilkan minyak plastik sebanyak 615 ml, dan percobaan dengan sudut 30° menghasilkan minyak plastik sebanyak 635 ml.
2. Pada percobaan sudut 0° terjadi perpindahan kalor tertinggi pada 1286,28 Watt, sedangkan pada percobaan 15° terjadi perpindahan kalor tertinggi 1457,22 Watt dan pada percobaan 30° terjadi perpindahan kalor tertinggi 1552,73 Watt.
3. Persentase hasil minyak tertinggi didapat pada percobaan dengan sudut 0° dengan 39,1 % minyak dan 13,09 % abu. Sedangkan pada percobaan 15° mendapatkan 44,4 % minyak dan 11,87 % abu dan pada percobaan 30° mendapatkan 47,9 % minyak dan 10,45 % abu.
4. Hasil efisiensi bahan bakar dari ketiga percobaan dan hasilnya pada sudut 0° 27,05%. Sedangkan pada sudut 15° 30,95% dan pada percobaan sudut 30° 33,39%.
5. Karakteristik minyak plastik LDPE dari hasil pirolisis setelah dilakukan pengujian didapatkan nilai densitas sebesar 0,762 gr/ml, nilai viskositas sebesar 3,2-3,4 mm²/s, nilai kalor sebesar 11.000,29 Cal/gr, dan *flashpoint* sebesar 31-34 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, Muhammad. 2107. *Pengaruh Variasi Sudut Orientasi Kondensor (0° , 15° , 30°) Terhadap Hasil Proses Pirolisis Plastik LDPE Pada Debit Air Pendingin 6 LPM.*
- Cengel, Yunus A. 2003. *Heat Transfer a Practical Approach*. New York: McGraw Hill.
- Endang K, dkk. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.
- Gaurav, et al. 2014. *Conversion Of LDPE Plastic Waste Into Liquid Fuel By Thermal Degradation*. Amerika: *Journal of Mechanical And Production Engineering*. Vol. 2, No.4:104-107.
- Haryadi, Sigit. 2015. *Pengaruh Arah Aliran Air Pendingin pada Kondensor terhadap hasil Pengembunan proses pirolisis Limbah Plastik*.
- Iswadi, Didik, dkk. 2017. *Pemanfaatan Sampah Plastik LDPE Dan PET Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Proses Pirolisis*. Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM, Vol. 1, No. 2Landi, Taufan, dan Arijanto. 2017. *Perancangan dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis LDPE (LOW DENSITY POLYETHYLENE) Menjadi Bahan Bakar Alternatif*. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 5, No. 1.
- Liestiono, Ratih Puspita., dkk. 2017. *Karakteristik Minyak Dan Gas Hasil Proses Dekomposisi Termal Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE)*. Jurnal OFFSHORE. Vol. 1, No. 2:1-9.
- Pani, Soelarso., dkk. 2017. *Pembuatan Biofuel Dengan Proses Pirolisis Berbahan Baku Plastik LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) Pada Suhu 250°C Dan 300°C* . Jurnal ENGINE. Vol. 1, No. 1:32-38.
- Rachmawati, Qonita dan Welly Herumurti. 2015. *Pengolahan Sampah secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik*. JURNAL TEKNIK ITS, Vol. 4, No. 1.
- Santoso, Joko. 2010. *Uji Sifat Minyak Pirolisis Dan Uji Performasi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis Dari Sampah Plastik*.
- Wijaya, Danang Hari. 2017. *Pengaruh Variasi Sudut Orientasi Kondensor (0° , 15° , 30°) Terhadap Hasil Proses Pirolisis Plastik LDPE Pada Debit Air Pendingin 18 LPM.*