

PLL 01

Pengolahan Limbah Plastik *Polypropylene*  
Sebagai Bahan Bakar Minyak (BBM) Dengan Proses *Pyrolysis*

**Erti Praputri, Mulyazmi, Ellyta Sari dan Munas Martynis**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

Jl. Gajah Mada No.19, Padang Indonesia

ertipraputri@yahoo.co.id

**Abstrak**

Permasalahan pengolahan limbah di kawasan perkotaan saat ini mulai naik ke permukaan, hal ini disebabkan perubahan yang cepat dalam hal tatanan kehidupan sosial, ekonomi, politik dan budaya. Disamping itu juga disebabkan tidak seimbangnya antara produksi sampah dengan pengelolaannya. Limbah sampah plastik merupakan salah satu dilema dalam pengelolaan limbah yang terbanyak. Salah satu cara untuk mengembangkan pengolahan sampah plastik adalah dengan mengubahnya menjadi bahan bakar. Ini dapat dilakukan karena plastik adalah hidrokarbon yang mengandung monomer, dalam kelompok polimer. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi karakteristik minyak hasil *pyrolysis* sampah plastik jenis *Polypropylene*. Penelitian dilakukan dengan metode percobaan dengan membakar 200 gr sampel dan waktu operasi selama 30, 45, 60 dan 75 menit masing-masing dengan temperatur 200 °C, kemudian asap dikondensasi sampai menghasilkan bahan bakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses konversi sampah plastik *Polypropylene* menjadi bahan bakar minyak pada temperatur 200°C mengandung senyawa dominan ikatan karbon C<sub>8</sub>-C<sub>11</sub> yang merupakan ikatan karbon penyusun bahan bakar minyak jenis bensin. Sifat fisik minyak yang dihasilkan memiliki densitas 0,72 gr/m<sup>3</sup> dan viskositas 0,5 cp dan waktu optimum untuk proses perengkahan sampah plastik menjadi bahan bakar yaitu 45 menit dengan perolehan minyak sebanyak 43 ml.

**Kata kunci** : Bahan Bakar Minyak, *Pyrolysis*, *Polypropylene*.

**1.0 PENDAHULUAN**

Permasalahan pengelolaan sampah di kota saat ini disebabkan oleh perubahan yang cepat dalam hal tatanan kehidupan sosial, ekonomi, politik, dan budaya. Permasalahan sampah timbul karena tidak seimbangnya antara produksi sampah dengan pengelolaannya.

Tingkat kuantitas sampah di kota Padang termasuk tinggi. Beberapa hal yang menyebabkannya yaitu layanan pengangkutan sampah yang masih kurang dan lokasi tempat sampah yang seringkali menyulitkan petugas Dinas Kebersihan dan Pertamanan untuk mengangkutnya. Akibatnya masih banyak sampah di jalan-jalan utama kota Padang yang menumpuk pada siang hari atau pada jam-jam sibuk sehingga sangat mengganggu keindahan dan keasrian kota.

Sampah merupakan limbah yang dihasilkan dari adanya aktifitas manusia. Volume sampah sebanding dengan tingkat konsumsi manusia terhadap barang atau material yang digunakan sehari-hari.

Sampai saat ini permasalahan sampah belum tertangani dengan baik terutama di perkotaan. Peningkatan produksi sampah telah menimbulkan masalah pada lingkungan

seiring dengan peningkatan jumlah penduduk perkotaan. Sementara, lahan tempat pembuangan akhir (TPA) sampah juga makin terbatas.

Jumlah perkiraan sampah plastik dibandingkan jenis sampah yang lain di Kota Padang berada pada urutan ketiga setelah sampah makanan dan sampah halaman yaitu sekitar 15% (Ruslinda, 2012). Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan sampah khususnya sampah plastik. Ada beberapa metode yang paling sering digunakan untuk mengolah sampah plastik yaitu *recycle*, *reduce*, *reuse* dan *landfill* bagi sampah plastik yang tidak dapat diolah lagi.

Beberapa metode yang disebut di atas kurang efektif dalam penanganan sampah plastik. *Landfill* contohnya, sampah plastik akan sangat sulit untuk di uraikan di dalam tanah hal ini bukannya menyelesaikan masalah, malahan akan menambah masalah berikutnya yaitu kerusakan unsur hara pada tanah. Dan apabila sampah plastik dimusnahkan dengan cara dibakar maka akan dapat mengakibatkan polusi di udara berupa gas buangan ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , dan  $\text{CO}$ ).

Pada umumnya sampah plastik memiliki komposisi 46% *polyethylene* (HDPE dan LDPE), 16% *Polypropylene* (PP), 16% *polystyrene* (PS), 7% *polyvinyl chloride* (PVC), 5% *polyethylene terephthalate* (PET), 5% *acrylonitrile-butadiene-styrene* (ABS), dan polimer-polimer lainnya.

Salah satu cara untuk memanfaatkan limbah plastik tersebut adalah dengan memanfaatkannya menjadi bahan bakar cair. Hal ini dapat dilakukan karena plastik merupakan bahan yang tersusun atas monomer-monomer yang membentuk polimer. Lebih dari 70% plastik yang dihasilkan saat ini adalah *polyethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), dan *polyvinyl chloride* (PVC), sehingga sebagian besar study baru pada daur ulang limbah plastik berurusan dengan keempat jenis polimer tersebut.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar cair, seperti: *pyrolysis*, *thermal cracking*, *catalic cracking*. Diantara ketiga metode tersebut metode *pyrolysis* adalah metode yang dianggap paling menjanjikan. *Pyrolysis* dapat dilakukan dengan atau tanpa katalis, dengan menggunakan katalis dapat menurunkan temperatur proses *pyrolysis*.

*Ignacio Javier* (2006), menyatakan bahwa temperature minimum untuk melakukan *pyrolysis PP* tanpa menggunakan *catalist* adalah pada 400 °C. Apabila proses dilakukan pada temperature 350 °C *pyrolysis* yang dilakukan tidak menghasilkan produk bahkan setelah satu jam proses reaksi. Pada temperature 400 °C setelah satu jam bereaksi mampu menghasilkan produk berupa 10% gas, 12% minyak fraksi ringan 35% minyak fraksi berat dan 43% yang tidak terdekomposisi. Proses *pyrolysis* dengan temperatur 500°C menghasilkan produk berupa 20.56 % gas, 62.21% minyak fraksi ringan, 17.24% minyak fraksi berat dan 0% yang tidak terdekomposisi.

*N.Miskolczi* (2009), menyatakan bahwa gas hasil proses *pyrolysis* plastik jenis *polypropylene* dengan menggunakan katalis maupun tanpa katalis ialah *methane* (4.2% dan 4.8%), *ethane* (11.4% dan 6.6%), *ethene* (7.3% dan 6.4%), *propene* (22.2% dan 30.1%), *propane* (25.9% dan 24.5%), *butane* (11.8% dan 9.5%), *butane* (9.4% dan 6.2%), *i-butane* (0 % dan 11.9%). Perbedaan yang dimiliki antara sampah berjenis PP dan HDPE ialah terdapat pada energy aktivasi untuk terdekomposisi yang dimiliki keduanya dimana energi aktifasi PP ialah 190-220 kJ/mol dan untuk HDPE ialah 280-320 kJ/mol.

*Sarker* (2012), melaporkan bahwa bahan bakar cair dapat diperoleh dengan memanfaatkan limbah plastik LDPE dan PP dengan menggunakan metode *thermal cracking* pada suhu di bawah 400°C. Limbah plastik *polyethylene* dapat menghasilkan bahan bakar cair dengan menggunakan metode *pyrolysis*. Suhu yang digunakannya mencapai 300°C untuk mendapatkan bahan bakar sebanyak 86,5% seperti yang dilaporkan oleh Osueke et

al, 2011. Metode lain yang menggunakan katalis atau tanpa katalis seperti penelitian yang dilakukan Bemis, 2013, menyatakan bahwa katalis mampu meningkatkan degradasi polimer dalam mengolah plastik menjadi bahan bakar cair.

## 2.0 METODOLOGI

Bahan yang digunakan: Sampah plastik botol minuman jenis *Polypropylene* yang berasal dari kawasan sekitar kecamatan Nanggalo, Padang.

**Parameter yang digunakan**, parameter tetap yaitu : Berat sampel 200 gram, Temperatur 200 °C, sedangkan parameter peubah : waktu operasi: 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 75 menit.

**Analisa yang digunakan** yaitu analisa densitas, viskositas, dan volume bahan bakar.

Alat-alat yang digunakan dalam proses *pyrolysis Polypropylene* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Alat-alat percobaan

No	Alat yang digunakan	No	Alat yang digunakan
1	1 set Reaktor <i>Pyrolysis</i>	7	Erlenmeyer
2	Timbangan	8	Viskometer
3	Termometer	9	Piknometer
4	Corong	10	Gelas Piala
5	Stopwatch	11	Gelas Ukur
6	Kompor	12	Kromatografi GC-MC

### Prosedur Kerja

#### Persiapan Bahan Baku

1. Sampah plastik dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel
2. Sampah plastik yang telah dibersihkan dikeringkan untuk menghilangkan kadar air dengan panas matahari.
3. Sampah plastik dipotong dalam ukuran tertentu lalu ditimbang.

#### Prosedur Utama

1. Plastik yang sudah dipotong-potong dimasukkan ke dalam reaktor sebanyak 200 gram.
2. Tutup reaktor ditutup dengan rapat.
3. Sumber panas dinyalakan sampai mencapai temperatur 200°C
4. Jalankan waktu operasi selama 30 menit, 45menit, 60 menit, dan 75 menit.
5. Uap hasil *pyrolysis* didinginkan menggunakan kondensor dan di tampung pada suatu wadah.
6. Setelah operasi selesai reaktor didinginkan terlebih dahulu sebelum tutup reaktor dibuka dan pastikan tekanan dalam reactor telah 0.
7. Char dan tar diambil dari dalam reaktor kemudian saring menggunakan kertas saring.
8. Dilakukan uji analisa produk terhadap densitas, viskositas, volume produk, dan senyawa yang terkandung.

### Analisa

#### Perhitungan Densitas

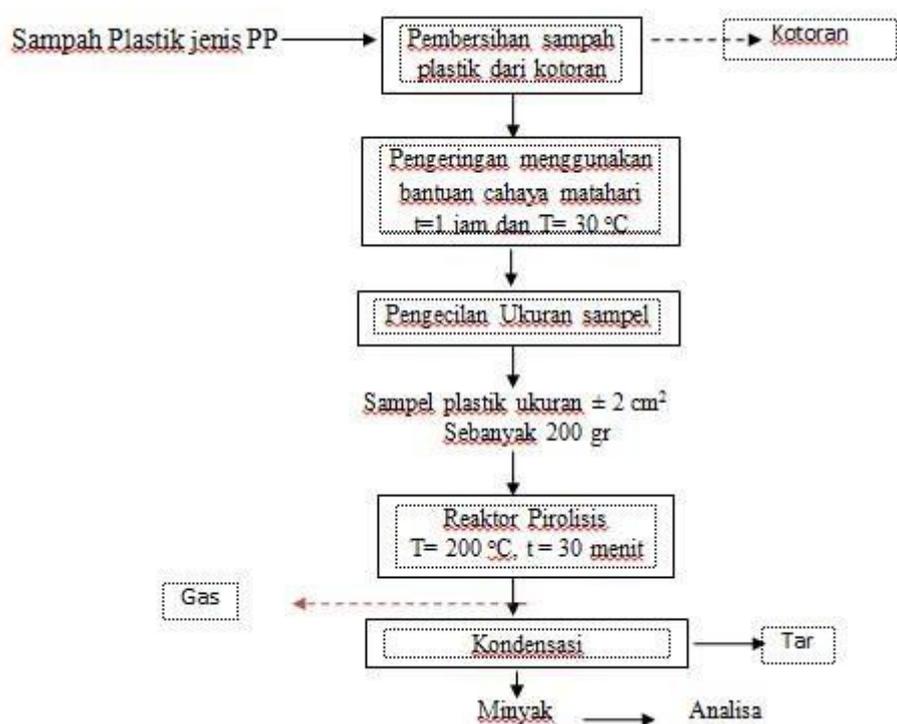
1. Timbang piknometer 25 ml kosong
2. Minyak dimasukkan ke dalam piknometer sampai penuh lalu ditutup
3. Permukaan piknometer dibersihkan dengan menggunakan tisu.
4. Piknometer yang telah diisi sampel ditimbang dengan menggunakan timbangan.
5. Dihitung densitas minyak dengan persamaan.

$$\rho = \frac{\text{berat pikno berisi minyak} - \text{berat pikno kosong}}{\text{Volume pikno}}$$

#### Perhitungan Viskositas

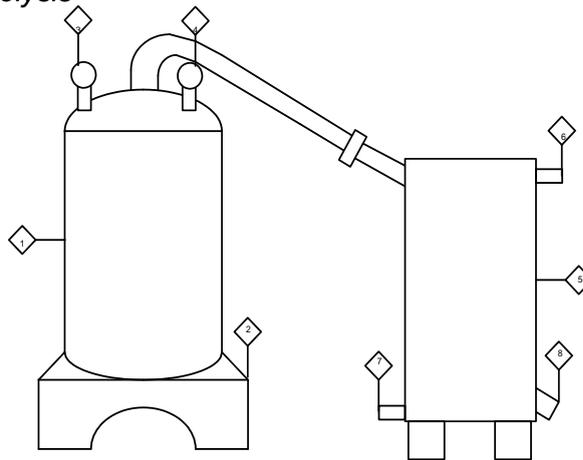
1. Alat *Viskometer Oswald* dan *Stopwatch* disiapkan
2. Sampel dimasukkan ke dalam *Viskometer Oswald* sampai mencapai batas atas.
3. Dihisap menggunakan bola hisap hingga mencapai batas garis atas.
4. Dihitung waktu yang diperlukan sampel untuk mencapai batas bawah.

### Blog Diagram Proses *pyrolysis Polypropylene*



Gambar 1. Blog Diagram Proses *Pyrolysis Polypropylene*

Rangkaian Reaktor *Pyrolysis*



**Gambar 2.** Rangkaian Reaktor *Pyrolysis*

Keterangan :

1. Reaktor
2. Tungku
3. Thermometer
4. Pressure Gauge
5. Kondensor
6. Aliran Air panasKeluar
7. Aliran air dinginMasuk
8. Aliran Kondensat

### 3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perengkahan sampah plastik pada penelitian ini menggunakan proses *pyrolysis* yaitu merupakan salah satu proses perengkahan dengan menggunakan temperatur tinggi tanpa adanya udara maupun udara yang terbatas. Pada penelitian ini proses *pyrolysis* menggunakan temperatur 200°C dengan sampel sampah plastik jenis *polypropylene* dengan massa sampel sebanyak 200 gr dan waktu pengoperasian diatur selama 30, 45, 60 dan 75 menit.

Untuk menganalisa minyak hasil proses *pyrolysis* ini dilakukan beberapa analisa diantaranya analisa sifat fisik dan kandungan unsur kimia yang terdapat dalam minyak hasil *pyrolysis*. Untuk analisa sifat fisik terdiri dari:

- Pengukuran densitas minyak
- Pengukuran viskositas minyak
- Pengamatan warna minyak yang dihasilkan

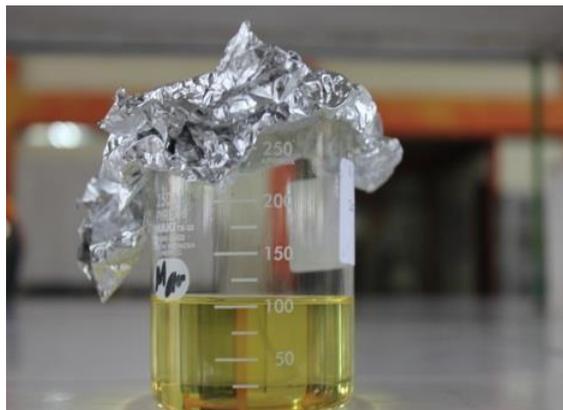
Analisa kandungan unsur kimia dalam minyak hasil proses *pyrolysis* ini menggunakan bantuan alat *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS) yang dilakukan di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Barat.

### 3.1 Karakteristik Minyak *Pyrolysis*

**Tabel 2.** Sifat fisik minyak hasil proses *Pyrolysis*

Komponen	Densitas (gr/m <sup>3</sup> )	Viskositas (cp)
Produk (minyak)	0,720	0,57
Produk Samping (Tar)	0,84	5,73

Hasil minyak *pyrolysis* yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki densitas dengan rata-rata (28°C) 0,720 gr/m<sup>3</sup> dan viskositas (28°C) 0,57 cp dengan warna kuning bening. Dari besaran densitas yang dihasilkan telah memenuhi syarat bensin komersil yang ditetapkan oleh Pertamina. Standart bensin komersial Pertamina sesuai keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi No. 3674 K/24/DJM/2006 memiliki densitas (60 °F) 0,715 – 0,780 gr/m<sup>3</sup>. Sedangkan viskositas umum yakni viskositas (60 °F) 0,5 cp. Minyak *Pyrolysis* hasil penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Minyak Hasil *Pyrolysis* Sampah plastik jenis PP pada temperatur 200°C

Pada penelitian ini hasil dari proses *pyrolysis* selain menghasilkan minyak, masih terdapat produk samping berupa tar dan char yang dapat dilihat pada Gambar 4.



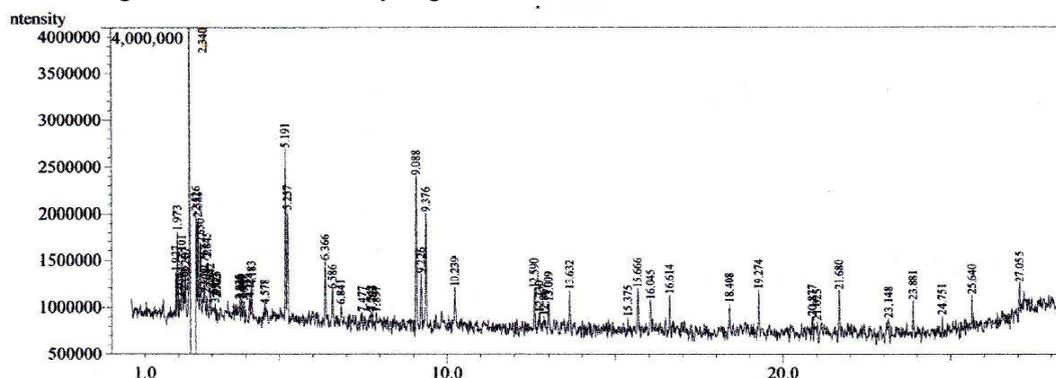
a. Tar                      b. Char

**Gambar 4.** Produk samping hasil *pyrolysis*

### 3.2 Analisa Kandungan Unsur Kimia Pada Minyak *pyrolysis*

Analisa ini dilakukan di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Barat dengan menggunakan GC-MS. Hasil analisa dapat dilihat pada Gambar 5 yang menunjukkan fraksi kandungan yang terdapat dalam minyak *pyrolysis*.

Kandungan unsur kimia dominan yang terdapat pada minyak *pyrolysis* dapat ditentukan dengan melihat *Peak* tertinggi serta tajam dan apabila tidak ada maka dapat ditentukan dengan melihat % area yang terbesar.



Gambar 5. Chromatogram minyak *pyrolysis*

Kandungan dominan yang terdapat pada minyak hasil proses *pyrolysis* dengan temperatur operasi 200°C dari hasil analisa menggunakan GC-MS ialah *cyclohexane, 1,2,3-trimethyl-(1.alpha, 2 beta, 3.alpha)-(CAS) 1,Trans-2,cis-3-Trimethyl Cyclohexena* dengan % area sebesar 15.65% dengan rumus kimia  $C_9H_{18}$ .

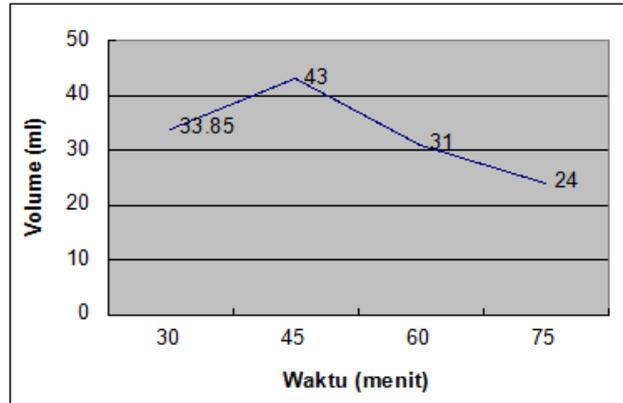
Fraksi kandungan yang terdapat dalam minyak *pyrolysis* berdasarkan 9 *peak* tertinggi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Fraksi kandungan minyak *pyrolysis* hasil analisa GC-MS

No	Waktu Retensi	% hight	Nama Senyawa	Rumus Senyawa	Berat Molekul
1	1.927	1.12	Cyclohexane, 1,2 dimethyl	$C_8H_{16}$	112.21
2	2.101	1.96	3- cyclohexene-1 carboxaldehyde	$C_7H_{10}O$	110
3	2.207	2.208	1,1,2 trimethyl cyclohexane	$C_9H_{18}$	126
4	2.340	22.42	<i>cyclohexane,1,2,3-trimethyl-(1.alpha, 2 bettha, 3.alpha)</i>	$C_9H_{18}$	126
5	2.526	4.67	3-methylcyclopenten-1-carboxylic acid	$C_7H_{10}O_2$	126
6	2.581	4.38	3,3,5 cyclohexene	$C_9H_{16}$	124
7	5.191	4.40	5-ethyl-6-methyl-3E-hepten	$C_{10}H_{18}O$	154.24
8	9.088	4	3-eicosene	$C_{20}H_{40}$	280
9	9.376	3.03	Cyclopentane,1,2 dipropyl	$C_{11}H_{22}$	154

Fraksi yang terkandung didalam minyak *pyrolysis* berdasarkan **Tabel 3**. memiliki rentang ikatan hidrokarbon  $C_8-C_{11}$ . Hasil ini dapat disimpulkan bahwa aminyak hasil proses *pyrolysis* dengan temperature operasi 200°C mendekati bahan bakar minyak jenis bensin yang tersusun dari rantai hidrokarbon  $C_7$  sampai dengan  $C_{11}$ . (Wikipedia.org)

### 3.1 Hubungan Waktu Operasi Terhadap Volume Minyak Yang Dihasilkan

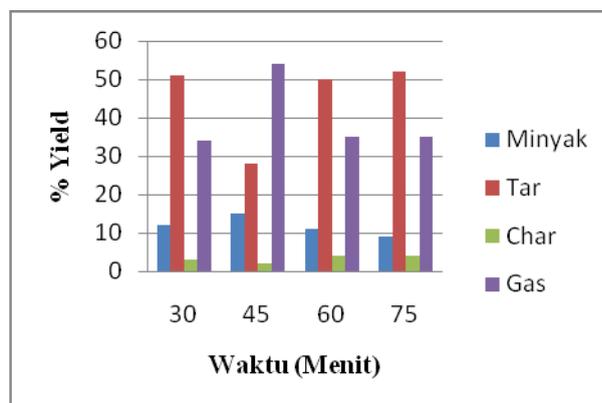


Gambar 6. Hubungan waktu operasi terhadap volume minyak

Gambar 6. menunjukkan hubungan antara waktu operasi terhadap volume minyak yang dihasilkan. Volume minyak yang diperoleh pada saat waktu operasi 30, 45, 60, 75 menit berturut-turut ialah sebesar 33.85, 43, 31, 24 ml. Pada proses *pyrolysis* dengan temperatur operasi 200°C dengan sistem *batch* maka didapatkan perolehan minyak tertinggi pada saat waktu operasi berjalan selama 45 menit dengan perolehan minyak sebesar 43 ml yang kemudian perolehan minyak paling sedikit ialah pada saat operasi berjalan 75 menit dengan perolehan minyak hanya sebesar 24 ml. Hal ini menunjukkan bahwasanya waktu optimum untuk mendegradasi sampah plastik menjadi minyak dengan kondisi temperatur operasi 200°C ialah selama 45 menit yang kemudian setelah 45 menit maka akan mengalami penurunan perolehan minyak hasil *pyrolysis*.

### 3.4 Hubungan Waktu Operasi Terhadap %yield

Pengaruh perbedaan waktu reaksi dengan produk hasil *pyrolysis* dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. Hubungan waktu operasi terhadap produk proses *pyrolysis*

Sampah plastik terdekomposisi dengan baik pada saat proses *pyrolysis* berlangsung selama 45 menit hal ini ditandai dengan sedikitnya % yield char yang dihasilkan. Char yang dihasilkan pada saat operasi berlangsung 45 menit yaitu 2%, sedangkan untuk produk

berupa minyak, tar maupun gas memiliki % yield yang cukup besar yaitu sebesar 15%, 28% dan 54%. Persen yield yang dihasilkan pada proses *pyrolysis* saat operasi berlangsung selama 30 menit ialah 12 % minyak, 51 % tar, 3% char dan 34% gas, sedangkan untuk % yield yang dihasilkan pada saat 60 menit ialah 11% minyak, 50% tar, 4% char dan 35% gas.

Rendahnya perolehan minyak yang dihasilkan pada proses *pyrolysis* ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya tidak terkondensasinya gas secara sempurna pada proses kondensasi yang dikarenakan banyaknya *losses* gas yang terjadi di area sekitar tutup reactor

#### 4.0 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan sifat fisik maupun kandungan kimia minyak hasil proses *pyrolysis* dapat didekatkan dengan bahan bakar minyak jenis bensin.
2. Minyak *pyrolysis* memiliki densitas (28°C) 0,72 gr/m<sup>3</sup> dan viskositas 0,57 cp.
3. Kandungan yang terdapat pada minyak *pyrolysis* memiliki fraksi ikatan atom C dari C<sub>8</sub>-C<sub>11</sub>.
4. Perolehan minyak *pyrolysis* dari sampel jenis PP dengan temperature operasi 200 °C terbanyak diperoleh pada waktu operasi 45 menit.
5. Waktu dekomposisi sampah plastik terbaik diperoleh pada waktu 45 menit.
6. Perolehan minyak terbanyak pada proses *pyrolysis* dengan temperatur 200°C adalah sebesar 15% dari sampel atau 43 ml.
7. Proses dekomposisi sampah plastik menjadi bahan bakar dapat dilakukan dengan temperature < 400°C hanya saja perolehan minyak tidak sebanyak proses dengan menggunakan temperatur diatas 400°C.

#### Daftar Pustaka

- Boy Macklin Pareira, 2009, *Daur Ulang Limbah Plastik*. Available <http://www.ecoreccycle.vic.gov.au>
- N. Miskolczi, A. Angyal, L. Bartha, I. Valkai, "Fuels by Pyrolysis of Waste Plastics from Agricultural and Packaging Sectors in A Pilot Scale Reactor." *Journal Fuel Processing Technology*, (90) 2009 : hal. 1032 –1040.
- Osueke, Engr. C. O.. 2011. *Conversion of Waste Plastics (Polyethylene) To Fuel By Means of Pyrolysis*. *International Journal Of Advanced Engineering Sciences And Technologies*, Vol. 4. No. 1, pp 021 – 024.
- P, Aprian Ramadhan. 2012. *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pyrolysis*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran": Jawa Timur.
- Pranata, J., 2008, *Pemanfaatan Sampah Kota Sebagai Bahan Bakar Pada Turbin Gas Yang Tidak Terpakai Di PT Arun NGL Menggunakan Proses Gasifikasi*, Aceh.
- Purwanti Ani dan Sumarni, 2008, *Kinetika Reaksi Pyrolysis Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)*. AKPRIND. Yogyakarta
- Ruslinda, Yenni. 2012. *Satuan Timbulan Dan Komposisi Sampah Institusi Kota Padang*. Universitas Andalas: Padang.
- Sarker, M., Rashid, M. M., and Rahman, M. S. 2012. *Composition Of Hydrocarbon Type Fuels Formed In Thermal Decomposition Of Municipal Solid Waste Plastics And Calcium Carbonate*. *Eur. Chem. Bull*, Vol. 1. No. 3- 4, pp. 114-123.
- Surono, Untoro Budi. 2013. *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. *Jurnal Teknik* 3 (1) 2013 : hal 32- 40

Santoso, Joko. 2010. *Uji Sifat Minyak Pyrolysis Dan Uji Performasi Kompok Berbahan Bakar Minyak Pyrolysis Dari Sampah Plastik*. Skripsi Teknik Mesin. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.