

## Metode Pyrolisis Upaya Untuk Mengkonversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair Alternatif

### *Pyrolysis Method to Convert Plastik Waste into Alternative Liquid Fuels*

#### Renilaili

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bina Darma  
email: renilaili@mail.binadarma.ac.id

---

---

#### Abstrak

Air minum kemasan banyak tersedia untuk memenuhi kebutuhan akan air minum yang sehat, sebagai sumber air mineral yang sangat dibutuhkan oleh tubuh dalam kondisi apapun, tetapi pada umumnya orang kurang disiplin memperhatikan lingkungan karena setelah airnya habis, kemasannya dibuang secara sembarangan. Tentu saja hal ini menimbulkan masalah berupa dampak limbah padat kemasan bekas, oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkonversi kemasan plastik bekas yang menjadi limbah dan pencemaran bagi lingkungan untuk dirubah menjadi bahan bakar cair, dengan menggunakan metode pyrolisis. Hasil dari proses pyrolisis pada temperatur dari ( 150 – 250 °C ) selama 3 jam, dari bahan plastik 2 kg menghasilkan bahan bakar cair sebanyak 1431 ml ( lebih kurang 71,55 % ), diperkirakan bahan bakar cair yang didapat berupa bensin atau mendekati kerosine yang masih mempunyai nilai bakar cukup tinggi.

**Kata Kunci :** Bahan bakar cair, limbah plastik, polypropilene, pyrolisis

#### *Abstract:*

*Bottled water is widely available to meet the needs of healthy drinking water, as a source of mineral water that is needed by the body under any conditions, but in general people lack discipline to pay attention to the environment because after the water runs out, the packaging is disposed of carelessly. Of course this raises a problem in the form of the impact of used packaging solid waste, therefore the purpose of this study is to convert used plastic packaging into waste and pollution to the environment to be converted into liquid fuel, using the pyrolysis method. The results of the pyrolysis process at temperatures from (150 - 250 oC) for 3 hours, from 2 kg plastic material to produce 1431 ml of liquid fuel (approximately 71.55%), it is estimated that the liquid fuel obtained is in the form of gasoline or near the kerosine still has a fairly high fuel value.*

**Keywords:** *Liquid fuel, plastic waste, polypropylene, pyrolysis*

---

---

©Integrasi universitas Muhammadiyah palembang  
p-ISSN 2528-741X  
e-ISSN 2654-5551

## Pendahuluan

Air minum kemasan banyak tersedia untuk memenuhi kebutuhan akan air minum yang sehat, sebagai sumber air mineral yang sangat dibutuhkan oleh tubuh dalam kondisi apapun, tetapi pada umumnya orang kurang disiplin memperhatikan lingkungan karena setelah airnya habis kemasan dibuang sembarangan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189 ribu ton sampah/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik perhari (Fahlevi, 2012).



**Gambar 1.** Limbah botol plastik

Tentu saja hal ini menimbulkan masalah berupa dampak limbah padat kemasan bekas, disamping itu kemasan yang dibuang tadi menimbulkan kesan kota yang kurang nyaman dan menjadikan sampah dimana-mana. Kemasan air minum tersebut terbuat dari plastik jenis polipropilen, dan polyethilene. Polipropilen merupakan suatu polimer yang larut dalam bahan kimia tertentu, seperti Sodium Hidroksida dalam berbagai konsentrasi, disamping itu kemasan plastik kalau kita kumpulkan begitu saja sulit untuk terurai, tidak seperti bahan anorganik (seperti daun, kulit buah dan lain-lain sampah rumah tangga lainnya, yang kalau dikumpulkan disuatu tempat lama-lama akan terurai dengan sendirinya dan hancur menjadi tanah). Karena sulitnya terurai secara alami, maka sampah plastik haruslah di hancurkan dengan cara khusus agar tidak

mencemari lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkonversi kemasan plastik bekas, dengan menggunakan metode pyrolisis, sedangkan manfaat yang didapat dari hasil pyrolisis adalah berupa bahan bakar cair yang bisa dijadikan sebagai sumber bahan bakar alternative, karena masih mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi.

Endang, dkk (2016), menunjukkan bahwa minyak hasil pyrolisis terbanyak terdapat dari sampah plastik jenis polipropylene yang diperoleh pada suhu 400°C, sedangkan nilai densitas dari minyak hasil pyrolisis mendekati nilai densitas dari minyak tanah dan solar. Nilai viskositas dari minyak hasil pyrolisis plastik polypropilene, mendekati nilai viskositas dari bensin, sedangkan Nilai kalornya mendekati nilai kalor solar. Menurut Prasojo, dkk (2016) menyatakan bahwa bahan bakar cair hasil pyrolisis dari plastik polypropilene ini, belum bisa langsung dipakai untuk kendaraan sepeda motor karena nilai kalornya masih rendah, sehingga masih perlu didistilasi untuk meningkatkan nilai kalornya, supaya layak untuk dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor.

Menurut hasil produksi bahan bakar PERTAMINA, bahan bakar tersebut harus mempunyai \* *densitas, viskositas, melting point, boiling point, flash point serta nilai kalor* \* yang sesuai standart ketentuan dari masing masing jenis bahan bakar yang diproduksi, barulah bisa dipakai untuk jenis kendaran tertentu.

### *Pengertian Plastik*

Plastik adalah salah satu jenis makro molekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makro molekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen, ( Untoro, 2013 ).

Plastik adalah senyawa monomer, yaitu rantai karbon yang pendek, sedangkan apabila monomer ini banyak dan bergabung maka akan menjadi polimer. Plastik ada yang bersifat termoplastik dan

ada juga yang bersifat thermosetting. Plastik yang bersifat thermoplastik adalah jenis plastik yang mana polimernya nya linier dan membentuk rantai lurus yang sifatnya dapat melunak jika dipanaskan dan mengeras apabila didinginkan, sifat ini yang disebut bersifat reversibel oleh karena sifat itulah yang mengakibatkan banyaknya plastik yang bisa didaur ulang dan dapat dibentuk kembali sesuai dengan keinginan kita. Thermosetting adalah jenis plastik yang monomernya berbentuk tiga dimensi yang apabila sudah mengeras tidak bisa dilebur lagi menjadi bentuk lain dan sifat ini yang disebut irreversibel.

**Tabel 1.** Perkiraan Sampah di Indonesia

Komponen	Unit	Tahun					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002
Organik	%	74,6	75,38	75,18	74,99	74,60	74,22
Kertas	%	10,18	10,50	10,71	10,98	11,15	11,37
Kayu	%	0,98	0,39	0,20	0,02	0,02	0,02
Tekstil	%	1,57	1,20	1,13	1,06	1,00	0,93
Karet	%	0,35	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33
Plastik	%	7,86	8,11	8,30	8,50	8,69	8,88
Logam	%	2,04	1,89	1,89	1,90	1,90	1,90
Gelas	%	1,75	1,93	1,99	2,05	2,10	2,16
Batu	%	0,29	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Lainnya	%	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18

(Sumber : Sahwan, 2005)

Di satu sisi penemuan plastik ini mempunyai dampak positif yang luar biasa, karena plastik memiliki -keunggulan dibanding material lain. Tetapi di sisi lain, sampah plastik juga mempunyai dampak negatif yang cukup besar. Keunggulan plastik dibanding material lain diantaranya sebagai berikut:

1. Kuat dan ringan
2. Fleksibel
3. Tahan karat
4. Tidak mudah pecah
5. Mudah diberi warna
6. Mudah dibentuk
7. Merupakan isolator panas dan listrik yang baik.

Sedangkan plastik yang sudah menjadi sampah akan berdampak negatif terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia. Sampah plastik akan berdampak negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat terurai dengan cepat

dan dapat menurunkan kesuburan tanah. Sampah plastik yang dibuang sembarangan juga dapat menyumbat saluran drainase, selokan dan sungai sehingga bisa menyebabkan banjir. Sampah plastik yang dibakar bisa mengeluarkan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

Menurut Sumartono,(2013) sifat plastik ada 2 macam yaitu sifat Thermoplast dan sifat Thermoset. Sifat ini mempunyai perbedaan yang sangat mencolok karena berlawanan , ada yang bisa didaur ulang (sifat thermoplast ) dan sifat yang tidak bisa didaur ulang (thermoset).

Menurut Untoro,(2013) Pengetahuan sifat thermal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik. Sifat-sifat thermal yang penting adalah titik lebur, temperatur transisi dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi adalah temperatur di mana plastik mengalami perengganan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair, sedangkan Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan.

#### *Thermoplastik*

Thermoplastik merupakan jenis plastik yang bisa didaur ulang, dan dicetak lagi dengan pemanasan ulang, contohnya Polietylene (PE), polistyrene (PS), akrilonitril butadiene stiren (ABS) dan polycarbonat (PC).

#### *Thermosetting*

Thermosetting merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur ulang atau dicetak lagi, pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya, contoh Resin epoksi, resin melamin dan urea- formaldehide.

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut

dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Untuk Polimer thermosett, sifat nya tidak bisa didaur ulang.

*Jenis Plastik Secara Umum (Untoro, 2013)*

Beberapa jenis kemasan plastik yang dikenal adalah PE (*Polyetilene*), PP (*Polipropilene*), PET (*Polyetilenetherephthalate*), PVC (*Polyvinilclorida*), dan PS (*Polystirene*).

#### *Polyethylene (PE)*

*Polyethylen* adalah polimer dari monomer etilen yang dibuat dengan proses polimerisasi adisi dari gas etilen yang diperoleh dari hasil samping industri minyak dan batu bara. Berdasarkan densitasnya, maka plastik polietilen dibedakan atas , Polietilen densitas rendah (LDPE= *Low Density Polyethylene*), ini dihasilkan dengan cara polimerisasi pada tekanan tinggi, mudah dikelim dan harganya murah. Dalam perdagangan dikenal dengan nama *alathon, dylan* dan *fortiflex*, selanjutnya Polietilen densitas menengah (MDPE = *Medium Density Polyethylene*) ,MDPE lebih kaku dari LDPE dan titik lelehnya lebih tinggi dari LDPE, yaitu antara 115-135 °C, mempunyai densitas 0.927-0.940 g/cm<sup>3</sup> dan yangselanjutnya Polietilen Densitas Tinggi (HDPE = *High Density Polyethylene*),HDPE adalah termoplastik polietilena terbuat dari minyak bumi, dikenal karena kekuatan yang besar untuk rasio kepadatan, HDPE umumnya digunakan dalam produksi botol plastik, pipa tahan korosi, geomembranes, dan kayu plastik, ada lagi jenis lain yaitu *Linear-low-density polyethylene* (LLDPE), LLDPE yaitu koplimer etilen dengan sejumlah kecil butana, heksana atau oktana, sehingga mempunyai cabang pada rantai utama dengan interval (jarak) yang teratur. LLDPE lebih kuat daripada LDPE dan sifat *heat sealing*-nya juga lebih baik.

#### *Polypropylene (PP)*

*Polypropylene* adalah polimer dari propilen dan termasuk jenis plastik olefin, Polipropilen mempunyai nama dagang *Bexophane, Dynafilm, Luparen, Escon, Olefane* dan *Profax*. Ada tiga tipe umumnya polipropilen yaitu: homopolimer, random copolymer dan impact copolymer atau kopolimer blok.

#### *Polyethyleneterephalate*

(PET) *Polyethyleneterephalate* (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik termoplast dari kelompok poliester yang merupakan hasil kondensasi polimer etilen glikol dan asam treptalat dandikenal dengan nama dagang *mylar*. Rumus kimia PET adalah (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>)<sub>n</sub> dan rumus bangun untuk PET. Polimer PET dihasilkan melalui reaksi polimerasi kondensasi dari monomernya. Reaksi ini terjadi sesaat setelah esterifikasi/transesterifikasi dengan etilen glikol sebagai produk samping (dan etilen glikol ini biasanya didaur ulang). Ada 3 (tiga) jenis plastik PET, yaitu : PET biasa tanpa laminasi, PET yang mengkerut jika kena panas, PET yang dilaminasi untuk kemasan vakum.

#### *Polyvinylchloride (PVC)*

*Polyvinylchloride* (IUPAC: Poli (kloroetanadiol)), biasa disingkat PVC, adalah polimer termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia, setelah polietilena dan polipropilena. PVC diproduksi dengan cara polimerisasi monomer vinil klorida (CH<sub>2</sub>=CHCl). Karena 57% massanya adalah klor, PVC adalah polimer yang menggunakan bahan baku minyak bumi terendah di antara polimer lainnya. Rumus kimia PVC adalah (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl)<sub>n</sub> dan rumus bangun untuk polimer ini. Nama-nama dagang PVC adalah *Elvax, Geon, Postalit, Irvinil, Kenron, Marvinol, Opalon, Rucoblend, Vinoflex*. Kemasan PVC dapat berupa kemasan kaku atau kemasan bentuk. Beberapa jenis PVC adalah *Plasticized Vinyl Chlorida, Vinyl Copolymer, Oriented Film*.

#### *Polystyrene (PS)*

*Polystyrene* merupakan salah satu polimer yang ditemukan pada sekitar tahun 1930, dibuat melalui proses polimerisasi adisi dengan cara suspensi. Stirena dapat diperoleh dari sumber alam yaitu petroleum. Stirena merupakan cairan yang tidak berwarna menyerupai minyak dengan bau seperti benzena dan memiliki rumus kimia  $C_6H_5CH=CH_2$  atau ditulis sebagai  $C_8H_8$ .

**Tabel 2.** Temperatur Lebur dan Temperatur Transisi plastik

Jenis Bahan	Tm (°C)	Tg (°C)	Temp. Kerja Maks (°C)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS		110	85
PS		90	70
PMMA		100	85
PC		150	246
PVC		90	71

(Sumber : Budiyantoro, 2010)

#### Bahan bakar

Bahan bakar akan menghasilkan energi panas. Setiap bahan bakar memiliki karakteristik dan nilai pembakaran yang berbeda-beda. Karakteristik inilah yang menentukan sifat-sifat dalam proses pembakaran, sifat yang kurang menguntungkan dapat disempurnakan dengan jalan menambah bahan kimia kedalam bahan bakar tersebut. Sebagai contoh batubara nilai kalornya sangat bervariasi tergantung dengan kandungan karbonnya. Dengan alasan tersebut sekarang banyak metode yang digunakan untuk menaikkan nilai kalor bahan bakar dengan proses penambahan kandungan karbon atau dengan cara pengurangan unsur-unsur pengotornya. Untuk bahan bakar cair khususnya bensin atau solar ditambahkan bahan-bahan aditif dengan maksud untuk mengurangi atau mempengaruhi daya anti knocking atau daya letup dari bahan bakar, dan dalam hal ini menunjuk apa yang

dinamakan bilangan oktan (*Octane number*), atau angka cetan pada solar (*Cetane number*).

Proses pembakaran bahan bakar dalam motor bensin atau dalam mesin pembakaran sangat dipengaruhi oleh bilangan tersebut, (Kenneth, 2005).

#### Metode Pyrolisa

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pyrolisa, metode ini dilakukan dengan jalan memanaskan bahan baku plastik sampai mencapai titik didih plastik, dan pemanasan terus dilanjutkan sampai menghasilkan uap, uap yang didapatkan kemudian didinginkan melalui kondenser, dan uap yang terkondensasi selanjutnya akan mencair dan cairan yang didapatkan kemudian ditampung, kedalam alat penampung, yang dinamakan dengan kondensat.

Daur ulang (*recycle*) sampah plastik dapat dibedakan menjadi empat cara yaitu daur ulang primer, daur ulang sekunder, daur ulang tersier dan daur ulang quarter. Daur ulang primer adalah daur ulang limbah plastik menjadi produk yang memiliki kualitas yang hampir setara dengan produk aslinya. Daur ulang cara ini dapat dilakukan pada sampah plastik yang bersih, tidak terkontaminasi dengan material lain dan terdiri dari satu jenis plastik saja. Daur ulang sekunder adalah daur ulang yang menghasilkan produk yang sejenis dengan produk aslinya tetapi dengan kualitas di bawahnya. Daur ulang tersier adalah daur ulang sampah plastik menjadi bahan kimia atau menjadi bahan bakar. Daur ulang quarter adalah proses untuk mendapatkan energi yang terkandung di dalam sampah plastik (Kumar dkk., 2011).

#### Metode

Alat dan Bahan yang dipakai dalam penelitian terdiri dari sebagai berikut:

#### Bahan

1. Botol kemasan plastik bekas (senyawa plastik polypropilene) sebanyak 2 kg.
2. Thermocouple

### Alat

1. Kompor LPG
2. Tabung baja , pemanas plastik
3. Pipa aliran uap ke kondenser
4. Kondenser (sebagai pendingin untuk uap cairan plastik)
5. Penampung kondensat

Dalam penelitian ini plastik yang digunakan berupa plastik kemasan air minum yang berupa (botol dan gelas plastik), yang merupakan senyawa polypropilene sebanyak 2 kg, kemudian dipotong potong 1-2 cm, agar memperluas kontak dengan pemanas. Plastik yang merupakan senyawa polimer yang bersifat transparan dan fleksibel, juga mempunyai kekuatan bentuk dan kekuatan sobek yang baik.



**Gambar 3.** Rangkaian Alat Pyrolisa Di Lab Teknik Industri Universitas Bina Darma

Dengan temperatur yang tinggi akan menjadi lunak , mempunyai titik cair pada temperatur 110°C, berdasarkan sifat permiaabelitas nya yang rendah serta sifat-sifat mekanik yang baik polyethylen maupun polypropilene mempunyai ketebalan sampai 0,01 inchi, polyepropilene ini , mempunyai sifat Thermoplastik.

Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur tersusun secara berulang diikat oleh gaya tarik menarik yang kuat disebut *Ikatan Kovalen*, dimana setiap atom dari pasangan terikat menyumbangkan satu electron untuk membentuk sepasang electron yang dipakai bersama yang disebut dengan ikatan kovalene.

Dalam penelitian ini Reaktor bekerja selama lebih kurang 3 jam , dalam waktu 1 jam pertama akan terjadi pencairan plastik , yang selanjutnya akan mencair semua dan mendidih , pemanasan secara kontinyu plastik cair terus mendidih dan menguap , uap yang terjadi selanjutnya akan melalui pipa baja dan didinginkan dalam kondenser. Uap plastik yang sudah dingin dalam kondenser selanjutnya akan mengkondensat dan kondensat yang terbentuk ditampung.

**Tabel 3.** Nilai kalor dari berbagai jenis bahan bakar

Material	Nilai Kalor (MJ/kg)
Polyethylene	46,3
Polypropylene	46,4
Polyvinyl chloride	18,0
Polystyrene	41,4
Coal	24,3
Petrol	44,0
Diesel	43,0
Heavy fuel oil	41,9
Light fuel oil	41,9
LPG	46,1
Kerosene	43,4

(Sumber : Das dan Pande, 2007)

### Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dalam Laboratorium Teknik Industri , dengan waktu penelitian selama lebih kurang 3 jam. Proses pencairan terjadi selama lebih kurang 1 jam karena plastik mulai mencair , sesuai dengan titik didihnya yaitu pada temperatur 110°C, pendidihan terus berlangsung dan dilanjutkan dengan proses penguapan. Kondensat pertama baru terjadi pada temperature 150°C sebanyak 45 ml. Kondensat paling banyak terjadi pada temperature 205°C ,yaitu sebanyak 470 ml. Hasil penelitian bisa dilihat dari table berikut dibawah ini.

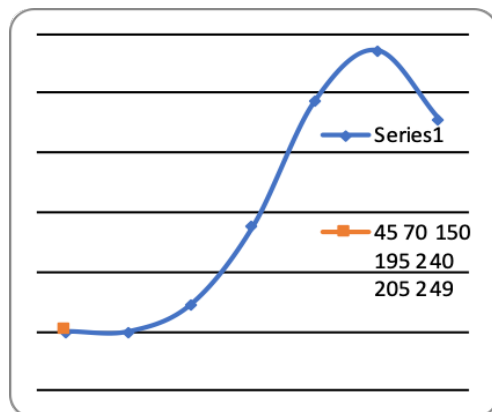


**Tabel 4.** Volume Kondensat terhadap temperatur

Temperatur (°C)	Kondensat (ml)
45	0
70	0
150	45
195	175
240	385
205	470
249	356

(Sumber: Lab Teknik Industri tahun 2017)

Hasil Pirolisis dari limbah plastik selama lebih kurang 3 jam akan menghasilkan kondensat sebanyak 1431 ml.

**Gambar 2.** Grafik Temperatur (°C) Vs Kondensat (ml)

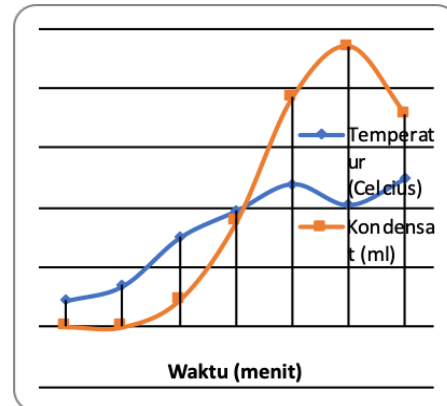
Dari grafik Temperatur terhadap kondensat dapat diketahui bahwa kondensat terbanyak didapat pada temperatur 200°C sampai dengan 250°C.

**Tabel 5.** Hasil Penelitian Limbah Plastik

No.	Waktu (menit)	Temperatur (°C)	Kondensat (ml)
1.	15	45	0
2.	30	70	0
3.	60	150	45
4.	90	195	175
5.	120	240	385
6.	180	205	470
7.	200	249	356
Total kondensat			= 1431 ml

(Sumber: Lab Teknik Industri tahun 2017)

Untuk lebih jelasnya hasil penelitian bisa kita lihat melalui grafik antara temperature , waktu dan hasil penelitan , disini terlihat bahwa waktu yang paling optimum terjadi pada sa't pendidihan yang berlangsung 180 menit ,dengan temperature 205oC dan menghasilkan kondensad sebanyak 470 ml.

**Gambar 3.** Grafik Hasil Pengamatan limbah Plastik terhadap temperatur dan kondensat jika ditinjau dari waktu pemanasan

### Simpulan

Dari Hasil penelitian bisa disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Dalam proses Pyrolisa yang berlangsung selama lebih kurang 3 jam, minyak plastik (kondensat )yang didapat sebanyak 1431 ml atau setara dengan 71,55% dari bahan baku plastik yang dipakai.
2. Kondisi Optimum pada sa't penelitian terjadi pada menit ke 180 dengan temperature 205°C dengan hasil kondensat sebanyak 470 ml.

### Daftar Pustaka

Budiyantoro C, 2010, *Thermoplastik dalam Industri*, Teknika Media, Surakarta.

S. dan Pande, S., 2007, *Pyrolysis and Catalytic Cracking of Municipal Plastik Waste for Recovery of Gasoline Range Hydrocarbons*, Thesis, Chemical Engineering Department National Institute

of Technology Rourkela.

Endang K., Mukhtar G., Abed N., F.X., Sugiyana A. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak*. Yogyakarta. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”, ISSN 1693-4393.

Fahlevi, M.R., 2012, *Sampah Plastik* (file://artikelplastik sampah plastik.html)

Kumar S., Panda, A.K., dan Singh, R.K., 2011, *A Review on Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel*, Resources, Conservation and Recycling Vol. 55. 893–910

Kuo, K. Kenneth, 2005, *Principles of Combustion*, second edition, John Wiley & Son, inc, USA. DIPA Polmed, hal 24.

Prasojo B., Taufiq A., Pratama W., Aditya. 2016. *Pengaruh Campuran Bahan Bakar Premium Dengan Plastik Polypropilene (PP) Hasil Piropilis Terhadap Nilai Kalor Bahan Bakar*. Jember. Seminar Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat. ISBN : 978-602-14917-3-7.

Sumartono, 2013, *Pembuatan Bahan Bakar Minyak dari limbah Plastik*, penelitian Jurnal Teknik Lingkungan BPPT 6 (1), halaman 311 – 318

Sahwan, F.L., Martono, D.H., Wahyono, S., Wisoyodharmo, L.A., 2005, *Sistem Pengolahan Limbah Plastik di Indonesia*, Jurnal Teknik Lingkungan BPPT 6 (1).

Untoro Budi Surono, *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*, Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra Yogyakarta Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 57 Yogyakarta 55231, JURNAL TEKNIK VOL.3 NO.1 / APRIL 2013, ISSN 2088 – 3676.