

# PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK DARI LIMBAH PLASTIK HDPE dan PETE 1 KG

Sumartono

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Medan, 20155

E-mail: [sssumart@yahoo.com](mailto:sssumart@yahoo.com)

## Abstrak

*Limbah sampah plastik sangat sulit terurai. Ada beberapa solusi untuk menanggulanginya, antara lain dapat diolah menjadi bentuk butiran, butiran ini sebagai bahan baku daur ulang untuk pembuatan bahan lain. Selain itu limbah plastik dapat diolah menjadi bahan bakar minyak (BBM). Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan produk BBM dari berbagai jenis limbah plastik dengan metode pirolisis. Sampel limbah plastik HDPE, dan PETE dengan masing-masing jumlah sampel 1 kg sampai 1,5 kg (menghasilkan 450 ml dan 220 ml BBM). Heat Value yang dihasilkan hanya ada satu jenis limbah plastik yang mendekati dengan produk PT.Pertamina, yaitu BBM HDPE dengan nilai kalor 11420 kkal/kg, minyak diesel PT. Pertamina, (10.550 sampai 11.667 kkal/kg). Jenis plastik lainnya lebih tinggi. Disarankan alat pengolah limbah plastik harus ditingkatkan lagi kapasitasnya dan dapat berfungsi terus menerus tanpa menghentikan proses pembakaran, perlu dilengkapi dengan alat pencacah limbah plastik dan alat pembilasnya agar kapasitasnya meningkat dan efisien.*

**Kata-Kata Kunci :** Sampah, Limbah Plastik, Bahan Bakar Minyak, Nilai Kalor

## I. PENDAHULUAN

Kota Medan pada Tahun 2016 menghasilkan sampah sebanyak 1595ton/hari [1]. Dari tempat pembuangan akhir (TPA) sampah kota Medan diperoleh data bahwa sampah plastik yang ada didominasi oleh limbah sampah jenis PETE berupa botol/gelas bekas air mineral /minuman yang tembus pandang, HDPE berupa botol bekas shampo, botol bekas minyak pelumas sepeda motor/mobil, pipa-pipa bekas instalasi air, kantong plastik rumah tangga dan lainnya. Biasanya limbah plastik ini diambil dan dikumpul oleh pemulung dan dijual ke tempat penampungan barang bekas yang ada di beberapa tempat di Kota Medan. Kemudian limbah plastik ini dicacah kecil-kecil untuk diproses menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM), selanjutnya diuji nilai kalor masing-masing dari jenis BBM yang dihasilkan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Sejarah Plastik

Plastik adalah polimer; rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang (beberapa jenis komersial juga berdasar silikon).[9]

Seluruh plastik terbuat dari karbon. Plastik buatan menggunakan karbon dari turunan minyak bumi, namun biopolimer atau bioplastik menggunakan karbon sebagai hasil turunan dari material alami. Karbon sangat penting karena memiliki keunikan yaitu dapat bergabung antar sesamanya dengan berbagai cara. Karbon dapat membentuk ikatan tunggal, ikatan rangkap dan ikatan triple dengan dirinya sendiri (sharing elektron antara dua atom). Plastik merupakan material baru secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa

penggunaannya dari Jumlah besar pameran plastik yang tersedia memiliki berbagai macam karakteristik, membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi di industri dan perumahan yang sangat luas [3]. Berdasarkan [11] asumsi 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/hari (Fahlevi, 2012)

### 2.2. Jenis plastik

Plastik dapat digolongkan berdasarkan sifat fisiknya [3] adalah:

1. *Termoplastik*. Merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang/dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), akrilonitril butadiene stiren (ABS), polikarbonat (PC).
2. *Termoset*. Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida.

### 2.3. Arti Simbol pada Kemasan Plastik

Plastik merupakan material yang sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Plastik telah banyak digunakan untuk membuat produk atau barang-barang yang berguna bagi kehidupan manusia. Sejak abad ke-20, penggunaan plastik telah berkembang secara luar biasa. Pada kemasan yang terbuat dari plastik, biasanya ditemukan simbol atau logo daur ulang yang berbentuk segi tiga dengan kode-kode tertentu. Kode ini dikeluarkan oleh *The Society of Plastik Industry* pada tahun 1998 di Amerika Serikat dan diadopsi oleh lembaga-lembaga pengembangan sistem kode, seperti ISO (*International Organization for Standardization*). Secara umum tanda pengenalan plastik [7] tersebut.

- Berada atau terletak di bagian bawah
- Berbentuk segitiga.
- Di dalam segitiga tersebut terdapat angka.
- Serta nama jenis plastik di bawah segitiga.

Simbol daur ulang (*recycle*) menunjukkan jenis bahan resin yang digunakan untuk membuat materi. Simbol ini dibentuk berdasar atas Sistem internasional koding Plastik dan lazim digambarkan sebagai angka (dari 1 sampai 7) dilingkari dengan segitiga atau loop segitiga biasa.

#### 2.4. Bahan Bakar Minyak (BBM)

Bahan Bakar Minyak (BBM) adalah jenis bahan bakar (*fuel*) yang dihasilkan dari pengilangan (*refining*) minyak mentah (*crude oil*). Minyak mentah dari perut bumi diolah dalam pengilangan (*refinen*) terlebih dahulu untuk menghasilkan produk-produk minyak (*oil products*), yang termasuk di dalamnya adalah BBM. Selain menghasilkan BBM, pengilangan minyak mentah menghasilkan berbagai produk lain terdiri dari gas, hingga ke produk-produk seperti naphta, *Light Sulfur Wax Residue* (LSWR) dan aspal. Oleh karena itu BBM (bensin) harus memiliki *flash point* rendah dan *auto ignition* yang tinggi.

#### 2.5. Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya, di mana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pirolisis adalah kasus khusus termolisis. Pirolisis ekstrem, yang hanya meninggalkan karbon sebagai residu disebut karbonisasi. [9]

*Pirolisis* yang banyak digunakan dalam industri kimia, misalnya, untuk menghasilkan arang, karbon aktif, metanol dan bahan kimia lainnya dari kayu, untuk mengubah *ethylene dichloride* ke *vinil cholorida* untuk membuat PVC, memproduksi kokas dari batubara, mengubah biomassa menjadi gas sintesis, mengubah limbah menjadi bahan sekali pakai dengan aman, dan untuk pemecahan struktur hidrokarbon dari minyak dalam memproduksi struktur hidrokarbon yang lebih ringan yang seperti bensin.

#### 2.6 Nilai Kalor Bahan Bakar

Nilai kalor bahan bakar adalah suatu besaran yang menunjukkan nilai energi kalor yang dihasilkan dari suatu proses pembakaran setiap satuan massa bahan bakar.

Bahan bakar yang banyak digunakan umumnya berbentuk senyawa hidrokarbon. Reaksi umum yang terjadi dari suatu proses pembakaran adalah reaktan produk. Enthalpi pembakaran adalah selisih antara enthalpi dari produk dengan enthalpi dari reaktan ketika pembakaran sempurna berlangsung pada temperatur, dan tekanan tertentu (T,P). Pembakaran sempurna terjadi jika semua komponen bahan bakar (seperti C, H & N) terbakar semuanya dan membentuk ikatan dengan komponen komponen udara membentuk suatu senyawa baru (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

,N<sub>2</sub>). Berdasarkan fasa H<sub>2</sub>O yang terbentuk sebagai hasil pembakaran, nilai kalor dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

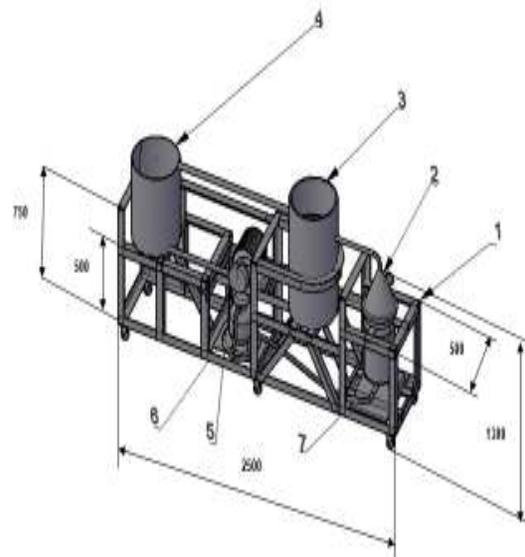
- LHV (*Low Heating Value*), yaitu nilai kalor bahan bakar jika H<sub>2</sub>O yang dihasilkan sebagai produk pembakaran berada dalam fasa uap (gas).
- HHV (*High Heating Value*), yaitu nilai kalor bahan bakar jika H<sub>2</sub>O yang dihasilkan sebagai produk pembakaran berada dalam fasa cair. Nilai LHV selalu lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai HHV. Hal ini dikarenakan kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran dengan LHV sebagian digunakan untuk mengubah H<sub>2</sub>O dari fasa cair menjadi fasa gas.

#### 2.7 Proses Pembuatan BBM dari limbah Plastik.

Proses pembuatan bahan bakar minyak (BBM) dari limbah plastik ini dengan cara destilasi, untuk melumerkan dan menguapkan limbah plastik menggunakan proses pirolisis pada reaktornya. Pertama bahan baku atau limbah plastik dibersihkan dan dicacah, kemudian dimasukkan ke dalam reaktor melalui lubang masukan. Pemanasan reaktor menggunakan tungku yang berbahan bakar gas *liquefied petroleum gas* (LPG). Lubang masukan ditutup dan dikunci kuat agar tidak ada kebocoran udara/gas, dan kemudian pasang instalasi saluran uap pipa dari reaktor ke kondesator. Lalu nyalakan api tungku untuk proses pemanasan. Waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan bahan bakar minyak ini ± 90 menit. Pada proses pemanasan, plastik akan melumer dan mencair pada suhu kurang lebih 100 °C dan akan mulai menguap menjadi fase gas yang terbentuk akan dikondensasikan melalui kondensator.

#### 2.8 Perancangan Alat Pengolah Limbah Plastik Menjadi BBM

Alat untuk mengolah limbah plastik menjadi BBM dirancang dengan bentuk seperti berikut:



Gambar 1. Rancangan Alat Pengolah Limbah Plastik

Keterangan :

1. Rangka
2. Tabung reaktor
3. Tabung kondensor
4. Drum penampung air
5. Tabung *liquefied petroleum gas* (LPG)
6. Pompa
7. Tungku pemanas.

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi yang diterapkan pada penelitian ini adalah pertama mencari/mengumpulkan limbah plastik sesuai dengan jenis plastik yang ada di pemulung dengan cara membeli, kemudian sesuai dengan jenisnya, plastik ini dipotong kecil-kecil untuk memudahkan memasukkan ke corong masuk reaktor. Selanjutnya setelah rancangan mesin/alat pembuat BBM dari limbah plastik selesai dibuat, maka semua material yang diperlukan dapat disiapkan. Berikutnya material ini dibawa ke bengkel untuk di buat/dibangun sesuai dengan desain yang sudah ditetapkan. Jika alat sudah siap dan perlengkapan pendukung sudah ada, maka proses produksi BBM sudah dapat dilakukan, setelah hasil BBM diperoleh, pengujian berikutnya dapat dilakukan di laboratorium Teknik Energi untuk menguji nilai kalor dengan menggunakan Boom Calorimeter. Hasil pengukuran nilai kalori ini kemudian dibuat tabel untuk memudahkan mengambil kesimpulan. Berikutnya hasil BBM dari limbah plastik ini yang akhirnya akan diuji karakteristiknya untuk melihat performa bahan bakar ini apakah sudah memenuhi syarat sebagai bahan bakar motor/mobil.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hasil Penelitian**

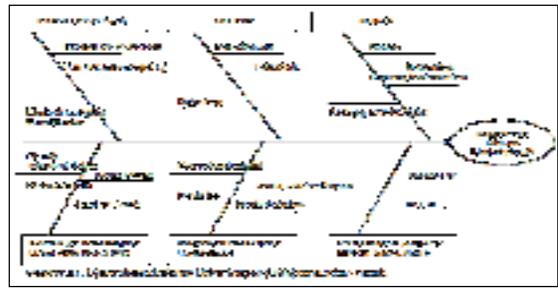
Hasil penelitian ini berupa alat pengolah /pemroses limbah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM) terlihat seperti pada Gambar 2 berikut ini:



**Gambar 2. Alat Pengolah Limbah Plastik Menjadi BBM**

**4.2. Proses pembuatan BBM dari limbah plastik.**

Proses pembuatan bahan bakar minyak (BBM) dari limbah plastik dapat dilihat pada penjelasan berikut ini.



**Gambar 3. Contoh Limbah Plastik HDPE**

Bahan uji untuk penelitian seperti Gambar 3. contoh limbah plastik HPPE di atas dibersihkan terlebih dahulu, kemudian dipotong kecil-kecil agar dapat dimasukkan ke dalam reaktor.

Masukkan bahan ini ke dalam reaktor, pasanglah semua kelengkapannya dan hidupkan kompor pemanas yang berbahan bakar LPG, dan pastikan tidak ada kebocoran pada sambungan pipa. Proses berlangsung selama kurang lebih 3 jam. Jika temperatur reaktor telah mencapai lebih dari 100 °C, maka katup dapat dibuka agar gas hasil pembakaran dapat dikondensasikan di dalam kondensor yang selanjutnya berubah menjadi cairan minyak (BBM) dan ditampung dengan botol yang sudah disiapkan. Tahapan proses pembuatan BBM dari alat pengolah limbah plastik ini hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 2.

**Tabel 1. Hasil Percobaan Pembuatan Limbah Plastik High Density Polyethylene (HDPE)**

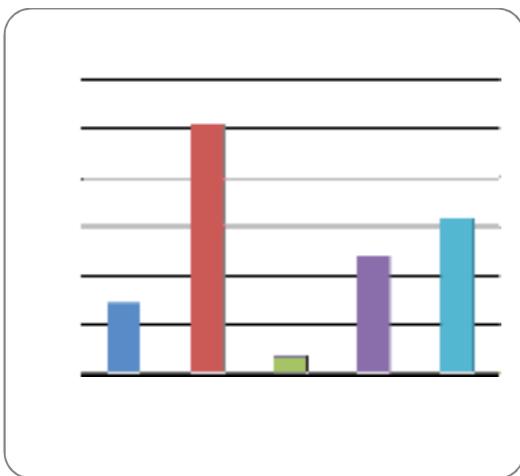
No.	Waktu (menit ke)	Temperatur (°C)	Volume (ml)
1	0	30	0
2	15	35	0
3	30	40	0
4	45	55	0
5	60	67	20
6	75	74	40
7	90	110	60
8	105	140	70
9	120	145	85
10	135	170	90
11	150	180	110
12	165	198	125
13	180	205	450
14	Total(Kumulatif)		450 ml

**Tabel 2. Hasil Percobaan Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (PETE)**

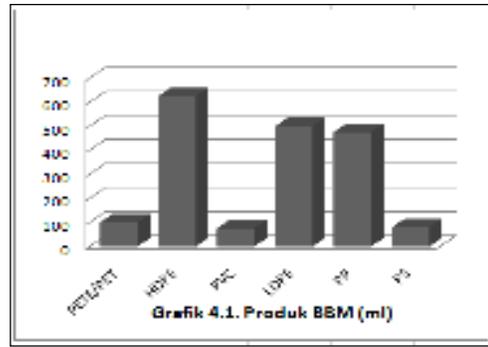
No.	Waktu (menit ke)	Temperatur (°C)	Volume (ml)
1	0	30	0
2	15	35	0
3	30	45	0
4	45	67	0
5	60	90	0
6	75	125	0
7	90	159	100
8	105	185	150
9	120	203	170
10	135	215	175
11	150	220	180
12	165	225	190
13	180	228	200
14			
Total (Kumulatif)			200 ml

**V. ANALISIS**

Hasil pengujian berbagai jenis limbah plastik yang telah dilakukan, ternyata jenis plastik yang menghasilkan bahan bakar minyak (BBM) paling banyak adalah jenis plastik HDPE seperti terlihat pada tabel 1 yaitu untuk limbah plastik HDPE 1,5 kg dapat menghasilkan BBM sebanyak 450 ml/1,5 kg = 300 ml dengan waktu proses selama 3 jam. Diikuti secara berurutan yaitu. Diikuti berurutan yaitu PETE (220 ml). Merujuk pada penelitian terdahulu (Sumartono, Penelitian DIPA tahun 2016) seperti grafik di bawah ini (Gambar 4) masih sesuai hasilnya yaitu plastik HDPE menghasilkan BBM yang paling tinggi. Berikutnya lihat pada Gambar 5. (Sumartono, Penelitian DIPA 2013). Hasil Produk BBM (ml) pada penelitian di bawah ini, terlihat jelas bahwa HDPE masih tetap yang tertinggi menghasilkan BBM.



**Gambar 4. Grafik Hasil Produk BBM (ml)**  
(Sumber :Sumartono, Penelitian DIPA Thn 2016)



**Gambar 5. Grafik Hasil Produk BBM (ml)**  
(sumber:Sumartono, Penelitian DIPA Thn 2013)



**Gambar 6. Hasil Pembuatan BBM dari Bahan PETE**



**Gambar 7. Hasil Pembuatan BBM dari Bahan HDPE**

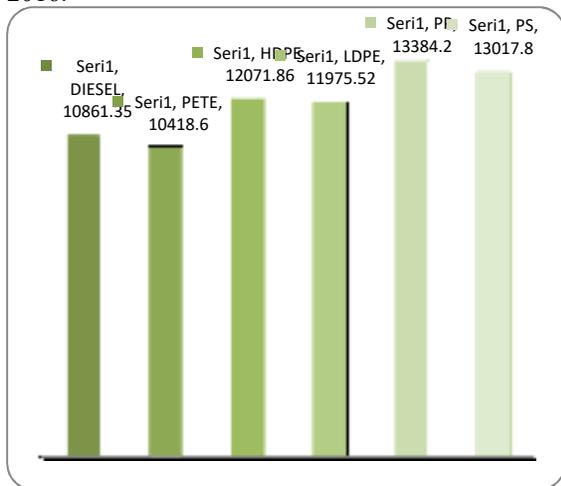
Hasil BBM dari limbah plastik ini kemudian diuji nilai kalornya (*heating value*) dengan alat *Bomb Calorimetry*.

Alat penguji nilai kalor ini merk IKA C 200 buatan Germany. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Medan. Hasilnya setelah dihitung dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Minyak (BBM) Limbah dan PETE HDPE**

No	Jenis Limbah Plastik	Parameter				Hasil Analisis (kJ/kg)	Hasil Analisis (kcal/kg)*	Keterangan
		Initial Temp (°C)	Delta Temp. (ΔT)	Heat Value Result (kJ/kg)	Nilai Rata-rata Heat Value (KJ/kg)			
1	PETE	24,1468	5,9612	51.739	52.514	62.294,454	14.878,7953	Ada air, sedikit ada abu
2	PETE	24,9647	6,4234	52.841		67.12453	16.032,418	Ada air, sedikit ada abu
3	PETE	24,866	6,3353	52.964		66.203885	15.812,5263	Ada sedikit air, dan debu
4	HDPE	24,1779	5,6769	48.895	47.814	59.3236	14.169,199	Ada air, sedikit ada abu
5	HDPE	24.545	5,5684	47.876		58.18978	13.898,39	Ada air, sedikit ada abu
6	HDPE	23,9239	5,8402	46.673		61.03009	14.576,786	Ada air, sedikit ada abu

Hasil Pengujian Nilai kalor masing-masing jenis plastik ini HDPE 47.814 kJ/kg atau **11.420** kkal/kg dan PETE 52.514 KJ/kg atau **12.542** kkal/kg dan dibandingkan dengan sumber referensi dibawah ini (Gambar 7 ). Sumber :Sumartono, Penelitian DIPA 2016.



(Sumber :Sumartono, Penelitian DIPA 2016)

Gambar 7. Grafik Nilai Kalor BBM Limbah Plastik (kcal/kg)

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan di atas, penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, rancangbangun alat pengolah limbah plastik dapat berfungsi dengan baik dan dapat menghasilkan bahan bakar minyak (BBM). Bahan limbah plastik yang menghasilkan BBM paling banyak adalah bahan limbah plastik HDPE. Plastik HDPE 1,5 kg dapat menghasilkan BBM sebanyak 450 ml dengan waktu proses selama 3 jam. Diikuti secara berurutan yaitu PETE 220 ml BBM dengan bahan limbah 1kg. Selama proses 3 jam HDPE dengan nilai kalor 11420 kkal/kg. mendekati atau sama dengan minyak diesel, dimana minyak diesel yang dihasilkan PT. Pertamina, nilai kalornya 10.550 sampai 11.667 kkal/kg. Jenis plastik lainnya lebih tinggi. Yaitu : PETE =12542 kkal/kg ini dapat terjadi kemungkinannya adalah akurasi timbangan elektronik yang mulai menurun, sehingga pengukuran massa bahan bakar tidak tepat (seharusnya massa bahan bakar yang direkomendasikan oleh pabrikan Bomb Calorymeteri ini mempunyai massa 0,8 gram). Juga kecendrungan Bomb Calorimetry ini untuk pengujian bahan bakar cair hasilnya selalu lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengujian bahan bakar padat misalnya cangkang sawit atau batu bara.

## 5.2. Saran

Untuk rancangan alat pengolah limbah plastik harus ditingkatkan lagi kapasitas atau volume bahan bakunya, jika memungkinkan alat tersebut dapat berfungsi terus menerus tanpa menghentikan proses pembakaran yaitu dengan membuat lubang pemasukan lainnya yang tidak berhubungan langsung dengan ruang bakar reaktor. Alat pengolah limbah ini sebaiknya dilengkapi secara terpisah dengan alat pencacah limbah plastik dan alat pembilasnya. Dengan demikian proses pembuatan BBM dari limbah plastik ini akan meningkat kapasitasnya dan prosesnya lebih efisien.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistika. 2017. Kota Medan dalam Angka
- [2] Harry Christian Hasibuan, Farel H. Napitupulu, Maret 2013, *Analisa Pemakaian bahan Bakar dengan Melakukan Pengujian Nilai Kalor Terhadap Performansi Ketel Uap Tipe pipa Air dengan kapasitas Uap 60 Ton/jam*, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Jurnal e-Dinamis, Volume 4, No.4, ISSN 2338-1035 [3] Jhon A.Schey, Introduction to Manufacturing Processes, Edisi ke 3, Mc Graw Hill, 2000, (p 531 –542)
- [4] Parr Instrument Company 211 Fifty-Third Street Moline, Illinois 61265 USA 309/762-7716 800/872-7720 Fax 309/762-9453 <http://www.parrinst.com>
- [5] Sumartono, 2013, *Pembuatan Bahan Bakar Minyak dari limbah Plastik*, penelitian DIPA Polmed, hal 24
- [6] Sumartono,2016 , *Uji karakteristik Bahan Bakar Dari Limbah plastik*, Penelitian DIPA Polmed,hal.5
- [7] Charles A.Harper, *Plastics Materials and Processes*, A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION, 2003, (page 10 – 13)
- [8] *Material Properties of Plastics, Laser Welding of Plastics, First Edition*. Rolf Klein. 2011 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Published 2011 by Wiley-VCH Verlag GmbH, (page 2).
- [9] *The Book of Plastic Repair*,edisi ke 10, 2016, www: Polyvance.com, (page 3), (page 3)(www.polyvance.com)
- [10] Muhamad Rijani ,C. Rangkuti, *Konversi Plastik Polipropilena Menjadi Bahan Bakar Minyak*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti, Seminar Nasional Cendekiawan 2015, ISSN: 2460-8696 (P 229)
- [11] Das, S. dan Pande, S., 2007, *Pyrolysis and Catalytic Cracking of Municipal Plastic Waste for Recovery of Gasoline Range Hydrocarbons*, Thesis, Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela
- [12] 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
- [13] Pahlevi, M.R., 2012, *Sampah Plastik* (file:///I:/Artikel%20plastic%20to%20o il/twit-sampah-plastik.html)