

UJI KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) DARI LIMBAH PLASTIK

Sumartono¹, Husin Ibrahim², Sarjianto³

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Medan, 20155
E-mail: sssumart@yahoo.com

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Medan, 20155
E-mail: husinibrahim@yahoo.co.id

³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Medan, 20155
E-mail: sarjiantojava@yahoo.com

ABSTRAK

Limbah sampah plastik sangat sulit terurai. Ada beberapa solusi untuk menanggulangnya, 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 BBM dari berbagai jenis limbah plastik dengan metode pirolisis. Sampel menggunakan limbah plastik HDPE, LDPE, PVC, PP dan PS dengan masing-masing jumlah sampel 2 kg. Penelitian ini dapat menghasilkan BBM, dan yang paling banyak adalah HDPE yaitu 510 ml dengan waktu proses selama 1 jam untuk tiap 1 kg massa. Diikuti berurutan yaitu PP (315 ml), LDPE (240 ml), PETE (145 ml) dan PVC (35,0 ml). Heat Value yang dihasilkan hanya ada satu jenis limbah plastik yang mendekati dengan produk PT.Pertamina, yaitu BBM PETE dengan nilai kalor 10.418,6 kcal/kg, minyak diesel PT. Pertamina, (10.550 sampai 11.667 kcal/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 Kunci

Sampah, limbah plastik, bahan bakar minyak, nilai kalor.

1. 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.

2. 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 pengenal plastik [7] tersebut

- a. Berada atau terletak di bagian bawah
- b. Berbentuk segitiga.
- c. Di dalam segitiga tersebut terdapat angka.
- d. 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 chlorida* 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 (CO₂, H₂O, N₂). Berdasarkan fasa H₂O yang terbentuk sebagai hasil pembakaran, nilai kalor dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. LHV (*Low Heating Value*), yaitu nilai kalor bahan bakar jika H₂O yang dihasilkan sebagai produk pembakaran berada dalam fasa uap (gas).
2. HHV (*High Heating Value*), yaitu nilai kalor bahan bakar jika H₂O 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 H₂O dari fasa cair menjadi fasa gas.

2.7. Proses Pembuatan BBM dari limbah Plastik.

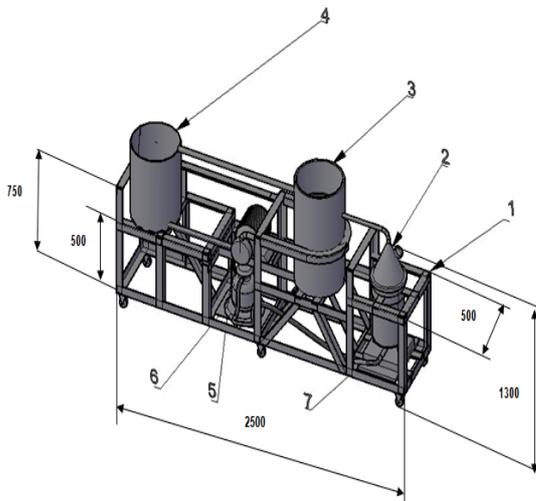
Proses pembuatan bahan bakar minyak (BBM) dari limbah plastik ini dengan cara destilasi, untuk melumerkan dan menguapkan limbah

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 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan akan mulai menguap menjadi fase gas yang terbentuk akan dikondensasikan melalui kondensor.

2.4. 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.

3. 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.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

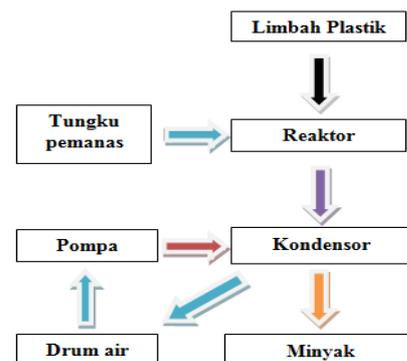
Hasil penelitian ini berupa alat pengolah /pemroses limbah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM) terlihat seperti pada gambar berikut ini:



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 flow chart berikut ini.





Gambar 3. Contoh Limbah Plastik HDPE

Bahan uji untuk penelitian seperti pada 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, pasang semua kelengkapannya dan hidupkan kompor pemanas yang berbahan bakar LPG, dan pastikan tidak ada kebocoran pada sambungan pipa.

Proses berlangsung selama kurang lebih 1,5 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 5.

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

No.	Waktu (menit ke)	Temperatur (°C)	Volume (ml)
1	0	30	0
2	5	35	0
3	10	40	0
4	20	55	0
5	30	67	0
6	35	74	0
7	40	110	0
8	45	140	20
9	50	145	30
10	60	170	50
11	65	180	100
12	75	198	110
13	80	203	130
14	85	210	150
15	95	215	170
16	100	210	160
17	110	200	100
18	120	195	60
Total			1.020

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

No .	Waktu (menit ke)	Temperatur (°C)	Volume (ml)
1	0	30	0
2	5	35	0
3	15	45	0
4	25	67	0
5	35	90	0
6	45	125	0
7	55	159	10
8	65	185	30
9	80	203	40
10	90	215	75
11	100	220	75
12	110	200	30
13	115	180	20
14	120	175	10
Total			290

Tabel 3. Hasil Percobaan Pembuatan Limbah Plastik Polyvinyl Chloride (PVC)

No	Waktu (menit ke)	Temperatur (°C)	Volume (ml)
1	0	30	0
2	10	40	0
3	15	50	0
4	20	65	0
5	25	75	0
6	30	95	0
7	40	115	0
8	50	140	0
9	55	150	0
10	60	160	0
11	65	175	5
12	70	190	10
13	75	200	25
14	80	190	20
15	85	185	10
Total			70

Tabel 4. Hasil Percobaan Pembuatan Limbah Plastik Polypropylene (PP)

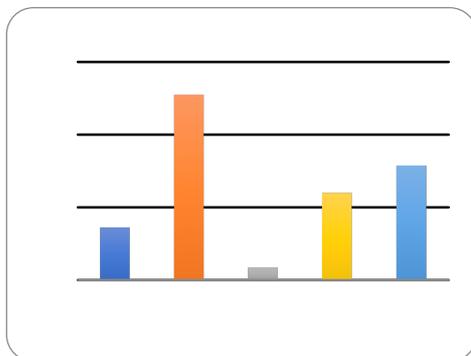
No.	Waktu (menit ke)	Temperatur (°C)	Volume (ml)
1	0	30	0
2	10	35	0
3	20	40	0
4	30	60	0
5	40	100	0
6	45	125	0
7	55	145	10
8	60	155	30
9	65	160	40
10	70	175	80
11	80	180	100
12	85	180	100
13	90	183	110
14	100	178	90
15	110	170	70
Total			630

Tabel 5. Percobaan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)*

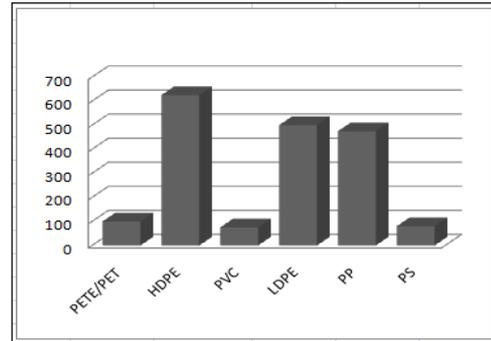
No.	Waktu (menit ke)	Temperatur r (°C)	Volume (ml)
1	0	30	0
2	10	40	0
3	15	45	0
4	20	55	0
5	30	85	0
6	40	100	0
7	50	120	0
8	60	140	0
9	70	155	10
10	80	170	30
11	85	180	40
12	90	190	100
13	95	195	120
14	110	190	100
15	115	180	50
16	120	175	30
Total			480

4.3. Analisis/pembahasan

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 sampai tabel 5 yaitu untuk limbah plastik HDPE 1 kg dapat menghasilkan BBM sebanyak 1020 ml/2 kg = 510 ml dengan waktu proses selama 1 jam. Diikuti secara berurutan yaitu. Diikuti berurutan yaitu PP (315 ml), LDPE (240 ml), PETE (145 ml) dan PVC (35,0 ml). Merujuk pada penelitian terdahulu (Sumartono, Penelitian DIPA tahun 2013) seperti grafik di bawah ini (Gambar 5) masih sesuai hasilnya yaitu plastik HDPE menghasilkan BBM yang paling tinggi. Lihat pada Gambar 4. Hasil Produk BBM (ml) pada penelitian di bawah ini



Gambar 4. Grafik Hasil Produk BBM (ml)



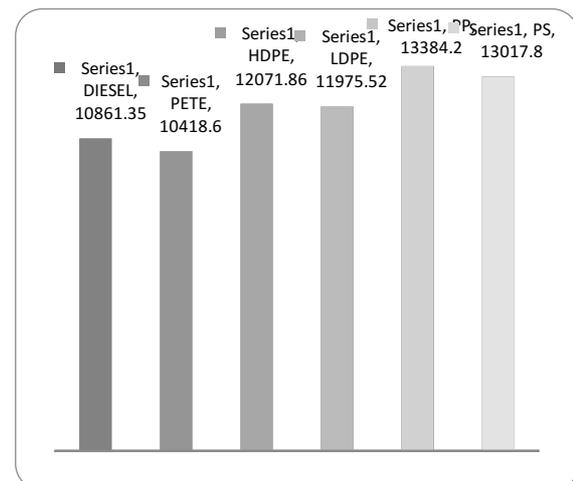
(sumber:Sumartono, Penelitian DIPA Thn 2013)

Gambar 5. Grafik Hasil Produk BBM (ml)



Gambar 6. BBM yang dihasilkan berurutan : (PETE, PP,HDPE, PVC dan LDPE)

Hasil BBM dari limbah plastik ini kemudian diuji nilai kalornya (*heating value*) dengan alat *Bomb Calorimetry*. Alat pengujian nilai kalor ini merk IKA C 200 buatan Germany. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Medan. Hasil Pengujian Nilai kalor masing-masing jenis plastik dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.



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

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. SIMPULAN

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 kg dapat menghasilkan BBM sebanyak 510 ml dengan waktu proses selama 1 jam. Diikuti secara berurutan yaitu PP (315 ml), LDPE (240 ml), PETE (145 ml) dan PVC (35,0 ml)

Heat Value (nilai kalor) bahan bakar limbah plastik yang dihasilkan ternyata hanya ada satu jenis limbah plastik yang mendekati dengan produk standar PT.Pertamina, yaitu limbah plastik PETE dengan nilai kalor 10.418,6 kcal/kg sedangkan minyak diesel yang dihasilkan PT. Pertamina, nilai kalornya 10.550 sampai 11.667 kcal/kg, Jenis plastik lainnya lebih tinggi. Yaitu : HDPE =12071,86 kcal/kg = 12,07186 Mcal/kg = 50,5 MJ/kg. bandingkan dengan PS=41,4 MJ/kg PE=46.3 MJ/kg dan PP=46.4 MJ/kg [10] 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 Calorimeter ini mempunyai massa 0,8 gram). Juga kecenderungan 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] Charles A.Harper, Plastics Materials and Processes, A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION, 2003, (page 10 – 13)
- [7] 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).
- [8] The Book of Plastic Repair,edisi ke 10, 2016, [www: Polyvance.com](http://www.Polyvance.com), (page 3) ,(page 3)((((wwwwwwwww.polyvance.com
- [9] 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)
- [10] 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
- [11] 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
- [12] Pahlevi, M.R., 2012, Sampah Plastik (<file:///I:/Artikel%20plastic%20to%20oil/twit-sampah-plastik.html>)