

# PIROLISIS LIMBAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK MENGUNAKAN PEMANAS INDUKSI DI DESA BINAAN PULAU SEMAMBU, INDERALAYA, KAB. OGAN ILIR

Bambang Yudono<sup>1</sup>, Hasanudin<sup>2</sup>, Sarno<sup>3</sup>, Risfidian Mohadi<sup>4</sup>, Octavianus Cakra Satya<sup>5</sup>  
[1,2,4] Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya  
[3] Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya  
[5] Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya  
Email: yudonob@gmail.com

## ABSTRAK

Kegiatan PkM pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak melalui proses pirolisis sampah plastik menggunakan pemanas induksi telah dilakukan di desa Pulau Semambu. Kegiatan diikuti oleh ibu-ibu PKK dan Pemuda Karang Taruna desa Pulau Semambu. Kegiatan ini merupakan hasil desiminasi penelitian yang telah dilakukan di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya. Sampel yang digunakan adalah jenis *Low Density Polyethylene*, *Polypropylene*, dan *Polyethylene Terephthalate* (LDPE, PP, dan PET) yang diperoleh dari limbah domestik. Masing-masing plastik memperoleh distilat sebanyak 190,56 mL atau sebesar 38,11% pada plastik LDPE; sebanyak 327,39 mL atau sebesar 65,49% pada plastik PP; sebanyak 43,26 mL atau sebesar 8,65% pada plastik PET; dan sebanyak 160 mL atau sebesar 32% pada residu LDPE pada suhu 40-130°C, Sedangkan pada distilat residu LDPE pada temperatur 160-190°C berada pada fraksi kerosene (minyak tanah), dengan jumlah hidrokarbon C<sub>11</sub>-C<sub>13</sub> menghasilkan distilat sebanyak 84 ml atau sebesar 16,8%. Densitas rata-rata minyak pirolisis plastik LDPE; PP; dan PET berturut-turut sebesar 0,738 gr/mL; 0,740 gr/mL; dan 0,764 gr/mL. Hasil analisis GC menunjukkan bahwa minyak hasil pirolisis sampah plastik mengandung senyawa hidrokarbon yang sangat kompleks.

**Kata kunci:** *Sampah plastik, pirolisis, pemanas induksi*

## I. PENDAHULUAN

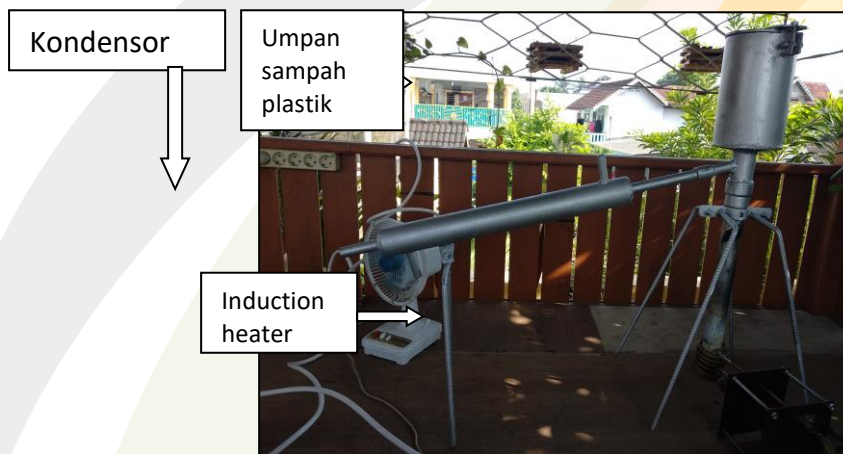
### 1. Latar Belakang

Peningkatan penggunaan plastik merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi industri dan jumlah populasi penduduk, karena plastik mempunyai keunggulan yaitu lebih elastis, tidak mudah rusak dan tahan air. Plastik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari merupakan jenis plastik seperti *Low Density Polyethylene* (LDPE), karena plastik LDPE mempunyai sifat mekanik yang sangat baik. Selain kelebihan, plastik mempunyai kekurangan diantaranya tidak ramah lingkungan karena sifatnya dan tahan terhadap biodegradabilitas sehingga tidak mudah terurai dan membutuhkan waktu yang cukup lama. (Kyaw *et al*, 2012). Sehingga sampah plastik semakin lama semakin meningkat, saat ini Indonesia menempati urutan ke 2 tingkat dunia penghasil sampah plastik setelah Negara Tiongkok. Jika diperhatikan masalah sampah plastik di Indonesia telah memasuki keadaan darurat yang harus segera diatasi.

Pengolahan plastik yang dapat dilakukan dengan mendaur ulang sampah plastik dimana, sampah plastik diolah dan dirubah menjadi bahan plastik yang baru. Namun proses daur ulang ini hanya akan merubah sampah plastik menjadi bentuk yang baru bukan menanggulangi banyaknya sampah plastik, karena ketika produk daur ulang plastik sudah kehilangan fungsinya maka akan kembali lagi menjadi sampah plastik. Metode lain yang dapat digunakan untuk pengolahan plastik adalah metode pirolisis (Ramadhan & Ali, 2012).

Proses pirolisis sampah plastik LDPE merupakan proses dekomposisi senyawa organik yang terdapat dalam plastik melalui proses pemanasan dengan sedikit atau tanpa melibatkan oksigen. Pada proses pirolisis senyawa hidrokarbon rantai panjang yang terdapat pada plastik dapat diubah menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek dan dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif. Untuk mempercepat proses pirolisis dapat digunakan beberapa jenis katalis diantaranya; katalis alam seperti Bentonit tanah liat, Dolomit dan katalis sintesis, seng oksid. (Kyaw *et al*, 2015).

Yudono dkk (2017) telah melakukan penelitian dengan seperangkat alat pirolisis seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat pirolisis sampah plastic dengan pemanas induksi

Rangkaian alat pirolisis yang memiliki beberapa bagian antara lain: Reaktor pirolisis dengan pemanas induksi merupakan suatu alat atau proses dimana terjadinya suatu reaksi berlangsung, kondensor berfungsi mengubah uap menjadi cair yang dihasilkan oleh reaktor dan akan dikondensasi sehingga uap menjadi zat cair berupa hasil minyak pirolisis.

## 2. Tujuan Dan Manfaat Kegiatan

### 2.1 Tujuan Kegiatan

Tujuan yang ingin dicapai dalam kegiatan adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan kepada masyarakat di Desa Binaan Pulau Semambu tentang cara mengatasi sampah plastik.
2. Memberikan keterampilan kepada masyarakat di Desa Binaan Pulau Semambu cara mengelola sampah plastik dan pengolahan sampah plastik menjadi BBM dengan metode pirolisis
3. Membuka lapangan kerja baru bagi para masyarakat di desa Pulau Semambu.
4. Publikasi di Jurnal LPPM Universitas Sriwijaya

## 2.2 Manfaat Kegiatan

Dari kegiatan ini diharapkan mempunyai manfaat sebagai berikut

1. Bagi masyarakat, kesuksesan/keberhasilan program ini merupakan peluang besar bagi mereka untuk mengembangkan usaha industri di tingkat desa sehingga pendapatan masyarakat bertambah.
2. Bagi pemerintah keberhasilan program ini dapat mengurangi jumlah pengangguran, karena ciri khas *industry kecil* biasanya menyerap tenaga kerja yang cukup banyak.
3. Mengatasi masalah pencemaran limbah plastik, sehingga dapat memperbaiki kualitas lingkungan
4. Bagi perguruan Tinggi, sebagai motivasi untuk selalu mengembangkan IPTEKS sesuai dengan dinamika dan kebutuhan masyarakat sehingga terjadi “*Link and Match*”

## II. METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Sebelum menjelaskan metode secara detail bagaimana tahapan kegiatan ini perlu dikemukakan terlebih dahulu bagaimana kerangka pemecahan permasalahan yang ada. Dalam rangka meningkatkan pendapatan masyarakat Desa Binaan Pulau Semambu, maka perlu dicarikan alternatif suatu teknologi yang tepat guna, sehingga potensi sumber yang ada dan bisa dimanfaatkan secara optimal.

Berdasarkan pemikiran tersebut maka kerangka pemecahan masalah yang tepat adalah dengan memberikan pengetahuan dan ketrampilan tentang cara pengolahan sampah plastik menjadi BBM . Melalui teknologi yang sederhana dan tersedianya bahan baku serta sumberdaya manusia yang memadai, teknologi ini layak untuk diterapkan

Produk BBM dari sampah plastik yang dihasilkan oleh masyarakat Dusun Kelurahan Pulau Semambu sebelum digunakan akan diuji di Laboratorium Penelitian Jurusan Kimia FMIPA UNSRI. Uji tersebut meliputi Uji GC-MS di Lab. Kimia analisa jurusan Kimia FMIPA UNSRI untuk mengetahui komponen penyusun BBM. Hal-hal tersebut untuk menjaga kualitas produk agar selalu memenuhi standar, sehingga nantinya produk ini dapat diimplementasikan secara tepat.

Kegiatan ini akan dimonitoring secara berkala, pembinaan akan dilakukan dengan cara pendampingan. Untuk meningkatkan keberhasilan dan memudahkan koordinasi, akan dibentuk 4 kelompok kerja masyarakat atau kelompok usaha bersama (KUB). Tiap KUB beranggotakan 10 orang yang dipimpin oleh salah satu dari mereka yang mereka pilih sendiri.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pelaksanaan kegiatan PkM di Desa Pulau Semambu

Kegiatan pengabdian masyarakat pengolahan sampah plastik dengan metode pirolisis menggunakan pemanas induksi dimulai dengan penjelasan permasalahan sampah plastik di Indonesia dan di desa Pulau Semambu pada khususnya. Permasalahan sampah plastic di Indonesia telah memasuki yang berbahaya, karena saat ini telah memasuki peringkat ke 2 setelah negara Tiongkok (Gao, 2010). Kegiatan ini diikuti oleh Ibu-ibu dan Pemuda Karang Taruna Pulau Semambu.



Gambar 2. Kegiatan penyuluhan pengolahan sampah plastic

Selanjutnya dilakukan demonstrasi pengolahan sampah plastic dengan menggunakan alat pirolisis sampah plastic dengan system pemanas induksi dengan pembangkit daya DC 90 A. Alat ini hasil rancangan Bambang Yudono (2018). Alat ini mampu menghasilkan panas mencapai  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  dalam waktu kurang lebih 5 menit. Proses pirolisis ini termasuk katagori fast pirolisi



Gambar 3 Demonstrasi proses pirolisis sampah plastik

### 3.2 Analisis produk

Produk minyak cair yang dihasilkan ditunjukkan seperti pada Gambar 4. Proses pirolisis telah dilakukan dengan menggunakan berbagai macam sampah plastik dari LDPE, PP, dan PET, hasilnya ditunjukkan dalam Table 1. Dari bahan baku sampah plastik seberat 1 kg dihasilkan bahan bakar minyak (BBM) masing-masing sebaesar 462,51; 657,35; dan 56,05 gram. Jadi dapat disimpulkan bahwa LDPE dan PP merupakan sampah plastik yang potensial untuk dijadikan BBM.





Gambar 4. Produk distilat hasil distilasi sederhana

Tabel 1. Produk minyak hasil pirolisis per 1 kg bahan baku

No	Jenis Plastik	$\bar{T}$ Dinding ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\bar{T}$ Pirolisis ( $^{\circ}\text{C}$ )	Waktu (menit)	Volume (mL)	Massa (gr)
1	LDPE	300,00	114,77	505,00	625,33	462,51
2	PP	320,37	123,97	566,67	890,33	657,35
3	PET	315,54	138,13	272,33	73,33	56,05

Dari Tabel 1 terlihat temperatur yang digunakan masih tergolong rendah hanya mencapai  $320,37^{\circ}\text{C}$  dan waktu yang digunakan selama 566,67 menit. Proses tersebut digolongkan sebagai proses pirolisis lambat (*slow pyrolysis*). Untuk proses pirolisis yang cepat (*fast pyrolysis*) temperature yang digunakan yaitu diatas  $550^{\circ}\text{C}$ . Untuk fast pyrolysis system pemanasnya akan diganti dengan sistem induksi, dimana temperature akan mencapai diatas  $550^{\circ}\text{C}$  dalam waktu kurang dari 5 menit. Untuk proses pirolisis sampah plastik seberat 1 kg akan dihasilkan BBM sebanyak kurang lebih 1 liter dengan pemakaian listrik sebesar 1 kwh. Biaya listrik 1 kwh sebesar Rp 1.380, harga BBM yang dihasilkan sebesarkurang lebih Rp 6.000,-. Proses pirolisis dengan system pemanas induksi mempunyai beberapa keuntungan

1. Proses pirolisis lebih cepat
2. Dapat digunakan untuk segala jenis plastik, karena dapat mencapai temperature lebih dari  $550^{\circ}\text{C}$
3. Prosesnya pirolisisnya lebih bersih, karena system pemanasnya menggunakan listrik
4. Efisiensi hasil pirolisisnya lebih tinggi dibandingkan *slow pyrolysis*
5. Biaya untuk membangun reaktornya lebih murah

### 3.3 Kromatogram Hasil Analisis Menggunakan GC Pada Sampel Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik LDPE.

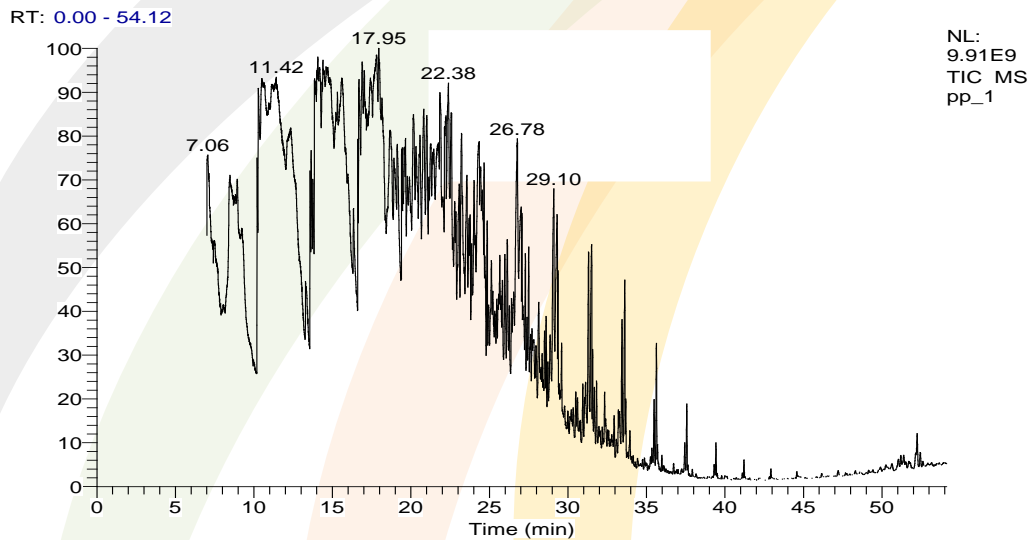
Kromatografi gas spektroskopi massa (GC-MS) adalah metode yang menentukan campuran bahan. Kromatografi gas dapat memisahkan komponen campuran dan spektroskopi masa mencirikan masing-masing komponen yang dihasilkan. Dengan mengetahui waktu retensi suatu senyawa tersebut.

Tabel 2. Fraksi Rantai Hidrokarbon Berdasarkan Temperturnya

Kisaran Temperatur	Fraksi Rantai C yang Teridentifikasi
<100 °C	<C <sub>10</sub>
100 - 150	C <sub>11</sub> – C <sub>14</sub>
150 - 200	C <sub>15</sub> – C <sub>17</sub>
200 - 250	C <sub>18</sub> – C <sub>21</sub>
250 – 300	>C <sub>22</sub>

Sumber : (Yudono, dkk, 2010).

Berikut tampilan kromatogram komponen minyak hasil pirolisis dan perubahan kelimpahan minyak. Seperti terlihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Kromatogram Minyak Hasil Pirolisis Pada Suhu 80-93 °C

Tabel 3. Kromatogram Minyak Hasil Pirolisis Pada Suhu 80-93 °C

Temperatur	Waktu Retensi	Jumlah Puncak
80-93 °C	7.06 - 11.24	28
	17.95 - 22.38	32
	26.78 - 29.10	21

Setelah dilakukan analisa pada hasil pirolisis sampah plastik LDPE dengan merujuk GC untuk masing-masing pengulangan di dapatkan hasil sebagai berikut: Berdasarkan Gambar 5. Kromatogram analisis GC jumlah puncak terbanyak pada waktu retensi 17,95-22,38 sebanyak

32 puncak menunjukkan jumlah rantai karbon berkisar antara C<sub>11</sub> sampai C<sub>15</sub>, sedangkan pada gambar 12. Jumlah pada waktu retensi 29,10-50,4 sebanyak 65 puncak dan menunjukkan jumlah rantai karbon C<sub>15</sub>-C<sub>22</sub> dan pada gambar 13. Jumlah puncak sebanyak 95 pada waktu retensi 11,44-22,37 menunjukkan rantai karbon C<sub>11</sub>-C<sub>14</sub> sedangkan pada gambar 14. Puncak terbanyak pada waktu retensi 22,41-29,32 menunjukkan rantai karbon C<sub>11</sub> sampai dengan C<sub>15</sub>.

Bedasarkan data kromatogram dapat disimpulkan pengukuran menggunakan analisis GC bahwa jumlah puncak dan waktu retensi menunjukkan rantai karbon berkisar antara C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub>, dari hasil data tersebut dapat diidentifikasi bahwa senyawa yang terbentuk berupa kerosin (minyak tanah) yang memiliki rantai karbon dari C<sub>11</sub> sampai C<sub>15</sub>.

Berdasarkan hasil analisis setiap fraksi, ternyata minyak hasil pirolisis sampah plastic mengandung senyawa-senyawa hidrokarbon yang kompleks. Sehingga minyak tersebut masih perlu diproses lebih lanjut menggunakan proses destilasi fraksinasi yang lebih mampu memisahkan setiap fraksinya secara sempurna.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### *Kesimpulan*

Dari hasil kegiatan PkM di desa Pulau Semambu pengolahan sampah dengan menggunakan pemanas induksi dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Masyarakat lebih menyadari bahwa untuk mengatasi masalah sampah plastic dapat dilakukan dengan proses pirolisis
2. Pengolahan sampah plastic dengan metode pirolisis menggunakan pemanas induksi dapat berjalan cepat dan efisien
3. Hasil analisis GC menunjukkan bahwa minyak hasil pirolisis masih mengandung senyawa-senyawa hidrokarbon yang sangat kompleks

##### *Saran*

1. Masih perlu discale up peralatan pirolisis, mengingat potensi sampah plastik yang dapat diolah cukup besar
2. Perlu dilakukan destilasi fraksinasi terhadap minyak hasil pirolisis sampah plastik untuk menghasilkan senyawa-senyawa hidrokarbon dengan fraksi yang lebih sempurna.
3. Perlu dilakukan pengujian spesifikasi minyak hasil pirolisis sampah plastik
4. Perlu dilakukan pengujian untuk bahan bakar mesin motor

#### DAFTAR PUSTAKA

- [ 1 ] Adnan, Mochamad. 1997. *Teknik Kromatografi untuk Analisis Bahan Makanan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [ 2 ] Andrady, A.L., 2011. *Microplastiks in the marine environment*. Mar. Pollut. Bull., 62, 1596–1605.



- [ 3 ] Aprian, R dan Munawar, A. 2011. *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis*. Jawa Timur: Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- [ 4 ] Bachriansyah, S. 1997. *Identifikasi Plastik*. Makalah Pelatihan Pengemasan Industri Makan dan Minuman. Departemen Perindustrian dan Perdagangan: Bogor.
- [ 5 ] Balthasar Kambuaya . 2012. *Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi Gas Rumah Kaca Sektor pengelolaan Limbah*. Jakarta : KLH.
- [ 6 ] Besler, S and Williams, T.P. 1996. “*The influence of Temperature and Heating*”. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 89: 333–339.
- [ 7 ] Bhattacharya, P., et al. 2009. “*Wood/Plastik co-Pyrolysis in an Auger Reactor: Chemical and Physical Analysis of The Products Fuel*”. 88: 1251–1260.
- [ 8 ] Bridgwater, AV. 1999. *Thermal Conversion of Biomass and Waste: the Status*. Thermal Science.
- [ 9 ] Budiyanoro, C. 2010. *Thermoplastik dalam Industri*. Surakarta: Teknik Media.
- [10] Chaurasia, A.S. and Babu, B.V. 2004. “*Influence of Product Yield, Density, Heating Conditions and Conversion on Pyrolysis of Biomass*”, *Communicated to Energy Conversion and Management*, Pilani: India.
- [11] Chaurasia, A.S. and Babu, B.V. 2005. *Modeling & Simulation of Pyrolysis of Biomass: Effect of Thermal Conductivity, Reactor Temperatur and Particle Size on Product Concentrations*. Pilani: India.
- [12] Cozzani V., Nicolella C., Rovatti M. and Tognotti L., 1997. *Influence of gas-phase reactions on the product yields obtained in the pyrolysis of polyethylene*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 36: 342-348.
- [13] Czernik, Stefan. 2002. *Review of Fast Pyrolysis of Biomass*. Di dalam: Presentasi “25 Years of Research Excellence 1977-2002” by National Renewable Energy Laboratory; United States of America, 2008.
- [14] D.A. Himawanto, Indarto, H. Saptoadi and T.A. Rohmat, “*Thermogravimetric Analysis and Global Kinetics of Segregated MSW Pyrolysis.*” *Modern Applied Science*, vol. 6, no. 1, pp. 120-130, 2012.
- [15] Darmadji, Purnama. 2002. *Optimasi pemurnian asap cair dengan metoda redistilasi volum XIII*. Buletin Kimia. Bogor. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan FA TETA IPB.
- [16] Encinar, J. M., et al. 2009. “*Jerusalem Artichoke Pyrolysis : Energetic Evaluation*”. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 85: 294–300.
- [17] El-Sheikh AH, Newman AP, Al-Daffae H, Phull S, Cresswell N (2004). *Characterization of activated carbon prepared from a single cultivar of Jordanian olive stone by chemical and physicochemical techniques*. *J Anal Appl Pyrol* 71:151–164.
- [18] Evans, R., 2004. “*Options for Renewable Hydrogen Technologies*”, *Energy & Agricultural Carbon Utilization*. 86: 304–309.
- Gary L. Borman, Kenneth W. Ragland, 1998. *Combustion Engineering, International Edition*, McGraw-Hill: Singapore.
- [19] Giancoli, D.C., 1997. *Fisika Edisi Empat*. Jakarta: Erlangga.
- [20] Hambali, E. 2007. *Teknologi bioenergi*. Jakarta: P.T. Agromedia Pustaka.
- [21] Harizul, Rivai. 1995. *Asas Pemeriksaan Kimia*. Jakarta : UI Press.
- [22] Hegberg, B. A., Brenniman, G.R., Hallenbeck, W.H., (1992). *Mixed Plastiks Recycling Technology*. Noyes Data Corp. New Jersey.





- [23] Islam M.N., 2004, *The Fuel Properties of Pyrolysis Liquid Derived from Urban Solid Wastes in Bangladesh*. Bangladesh.
- [24] Kumar S., et al. 2011. "A Review on Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel, Resources, Conservation and Recycling". Vol. 55 893–910.
- [25] Lindsay, S. 1992. *High performance liquid chromatography*. second edition, John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore
- [26] Mabbod F., Shah J., Jan M. R., 2010. *Catalytic Conversion of Waste Low Density Polyethylene into Valuable Products*, *J.Cem.Soc.Pak.*, Vol: 32, No5
- [27] Mulyadi E., 2004. *Termal Dekomposisi Sampah Plastik*, Jurnal Rekayasa Terencanaan, ISSN 1829-913x, Vol-1.
- [28] Mustofa K., D., dkk. 2013. "Polytech: Conversion Machine of Plastik Into Oil Fuel With Continuous System And Reservoir Wet-Steam Oil With 20 Kg Capacities Proceedings of AISC". City Taiwan.
- [29] Nawawi, Harun, 1955. *Minyak Bumi, dan Hasil Minyak Bumi, Penggalian, Pengerjaan, dan Pemakaiannya*. Penerbit Buku Teknik: Jakarta.
- [30] Ozlem, O., Sedat, H. Beis and Mete K. O., 2004a, *Pyrolysis of Walnut Shell in a Well-Swept Fixed-Bed Reactor*, *Energy Sources*, 26, 771-782.
- [31] Peters, J.H., Barry, M., Fraser, N., and Collin, E.S., 1995. *The Coprolysis of Poly (Vinyl Chloride) with Cellulose Derived Materials as A Models for Municipal Solid Waste Derived Chars, Fuel*.
- [32] Raquez J.M., Bourgeois A., Jacobs H., Degée P., Alexandre M., Dubois P., 2011. *Oxidative degradations of oxodegradable LDPE enhanced with thermoplastic pea starch: thermo-mechanical properties, morphology, and UV-ageing studies. J. Appl. Polym. Sci.* 122: 489–496.
- [33] Rucker, G 1988. *Instrumentelle pharmazeutische Analytik : lehrbuch zu spektroskop, chromatograph.u. elektrochem. Analysemethoden/von G. Rucker. M. Neugebauer; G.G. Wilems . Stuttgart : Wiss. Verl – Ges., Germany*
- [34] Sarker M., Rashid M.M. and Rahman M.S., 2012. *Thermal Conversion of Polymer Wastes (LDPE) into Hydrocarbon Diesel Fuel without Cracking Catalysts, Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.*, 11(2) (2012), pp. 36-44.
- [35] Sahwan. F.I. dkk. 2005. *Sistem Pengelolaan Limbah Plastik Di Indonesia*. Jurnal Teknik Lingkungan. P3TL-BPPTL. 6.(10:311-318
- [36] Sivakumar P., Anbarasu K., 2012, *Catalytic Pyrolysis Of Dairy Industrial Waste LDPE Film Into Fuel*, *International Journal of Chemistry Research*, Vol 3 352-55
- [37] Sumarni dan Purwanti Ani. 2008. *Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)*. Tugas Akhir. AKPRIND.
- [38] Sunarsih, S. dkk. 2012. *Pengaruh Suhu, Waktu Dan Kadar Air Pada Pembuatan Asap Cair Dari limbah Padat Pati Aren (Studi kasus pada Sentra Industri Sohun Duku Bendo, Klaten)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Terapan, IST AKPRIND.
- [39] Snyder, L. R and Kirkland J.J 1979. *Introduktion to modern liquid chromatography*. second edition. John Wiley & Sons. Inc New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore
- [40] Tasrif. 1989. *Kromatografi Gas dan Maintenance*. Bandung: Puslitbang Kimia Terapan, LIPI.
- [41] Tchobanoglous, G., Teisen H., Eliassen, R, 1977, *Integrated Solid Waste Manajemen*, Mc.Graw Hill : Kogakusha, Ltd



- [42] Tim Kimia Analitik. 2014. *Penuntun Praktikum Kimia Analitik II*. Jambi: Universitas Jambi.
- [43] Triyadi, S, Harahap, A. 2006. *Tempat Sampah, Perilaku Manusia, Dan Pembangunan Berkelanjutan*. Jurnal Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung Edisi Khusus Agustus 2006 (1); 15.
- [44] Tsuge, Y. Sugira and T. Nagaya, 1980. Structural Characterization of Polyolefins by Pyrolysis-Hydrogenation Glass Capillary Gas Chromatography, *JAAP*, 15:187.
- [45] Wahyudi, 2001. *Pemanfaatan Blotong Menjadi Bahan Bakar Cair Dan Arang Dengan Proses Pirolisis*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN Veteran.
- [46] Yasid, E. 2005. *Kimia Fisika Untuk Paramedis*. Yogyakarta : Andi.
- [47] Yeliana., Adnyana, B.I.W., Wibawa, N.P. 2004. *Bahan Bakar dan Teknik Pembakaran Bahan Bakar*. Program Studi Teknik Mesin. Denpasar: Universitas Udayana
- [48] Zheng Y., Yanful E.K., Bassi A.S., 2005, A review of plastik waste biodegradation. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 25: 243–250.