

# PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR DENGAN ALAT PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK *FIXED-BED* REAKTOR, DUA KONDENSOR TAHUN 2016

Raden Segara Wasesa<sup>1)</sup>, Nur Hilal<sup>2)</sup>, Budi Triyantoro<sup>3)</sup>

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang  
Jl.Raya Baturaden KM 12 Purwokerto, Indonesia

## Abstrak

*Aktivitas manusia sehari-hari menghasilkan berbagai macam sampah dan salah satunya adalah sampah plastik. Penelitian ini bertujuan meneliti cara pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar dengan alat pengolah sampah. Metode penelitian eksperimen dengan desain pra-eksperimen rancangan analisis kualitatif. Analisis data menggunakan analisis univariat yaitu deskripsi hasil akhir alat pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Alat pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar dibuat menggunakan bahan dasar stainless steel dengan prinsip pembakaran pirolisis. Komponen alat yaitu reaktor, kondensor satu dan dua, outlet minyak satu dan dua, termometer suhu, regulator gas serta kompor. Alat pengolah sampah plastik mampu menghasilkan 1.100 ml minyak bening dengan residu padatan sebanyak 178 gr dalam waktu uji coba 180 menit, suhu pirolisis 200°C-250°C, suhu tungku pembakaran 438 °C dan memerlukan bahan bakar gas LPG 2 Kg. Simpulan dari penelitian ini adalah alat pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar dapat menghasilkan bahan bakar cair. Disarankan penelitian desain alat yang lebih efektif agar hasil pengolahan sampah plastik mejadi bahan bakar yang lebih baik.*

**Kata kunci** : Pengolah sampah plastik, Fixed-Bed Reaktor

## Abstract

*Human activity produces a wide variety of everyday junk and one of them is a waste of plastic. This research aims to examine how the processing of plastic waste into fuel with waste processing tool. The method research of experimentation with the design of pre-qualitative analysis of the design of experiments. Data analysis using univariate analysis, namely the description of the final results of the tool for processing plastic waste into fuel oil. Tools for processing plastic waste into fuel is made using stainless steel base material with the principle of combustion pyrolysis. Components tools namely, reactors one and two, the condenser outlet oil one and two, the thermometer temperature, gas regulator and burner. Tools for processing plastic waste is capable of producing a clear oil with 1,100 ml solid residue as much as 178 gr within 180 minutes, testing the temperature of pyrolysis temperature of 250°C -200°C furnace 438 °C and require fuel gas LPG 2 Kg. Summary of this research tool is the processing of plastic waste into fuel may produce liquid fuels. Disarankan design research tools more effectively so that the results of the processing of plastic waste became a better fuel.*

**Keywords** : Plastic waste processing, Fixed-Bed Reactor

## I. PENDAHULUAN

Kesehatan adalah keadaan sehat, baik secara fisik, mental, spiritual, maupun sosial yang memungkinkan setiap orang untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomis (UU RI No. 36 Tahun 2009 tentang kesehatan).

<sup>1)</sup> Email : segarawasesa73@gmail.com

<sup>2)</sup> Email : inung.nh@gmail.com

<sup>3)</sup> Email : mustshabira@yahoo.co.id

kegiatan yang dilakukan secara terpadu dan terintegrasi untuk memelihara sehingga meningkatkan derajat kesehatan masyarakat dalam bentuk pencegahan penyakit, peningkatan kesehatan, pengobatan penyakit, dan pemulihan kesehatan oleh pemerintah dan atau masyarakat. (UU RI No. 36 Tahun 2009 tentang kesehatan).

Berdasarkan ketentuan Undang – undang Dasar Negara Republik Indonesia tahun 1945 menegaskan bahwa setiap orang berhak hidup sejahtera lahir dan batin, bertempat tinggal, dan mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat serta berhak memperoleh pelayanan kesehatan. Ketentuan ini membawa konsekuensi bahwa pemerintah wajib memberikan pelayanan publik dalam pengelolaan sampah terutama dibidang kesehatan.

Sampah adalah sesuatu yang tidak berguna lagi, dibuang oleh pemiliknya atau pemakai semula (TANJUNG). Sampah pada UU No 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, disebutkan sampah adalah sisa kegiatan sehari - hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik atau anorganik bersifat dapat terurai atau tidak dapat terurai yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang kelingkungan.

Aktivitas manusia sehari - hari menghasilkan berbagai macam sampah. Salah satunya adalah sampah plastik. Plastik adalah suatu material organik sintetik atau material organik semi sintetik yang berasal dari minyak bumi dan gas alam (Sarker, 2013). Direktur Pengelolaan Sampah Kementerian LHK Sudirman mengatakan total sampah di Indonesia mencapai 64 juta ton per tahun. "Sebanyak 14 persennya plastik," (TEMPO.CO, Jakarta). Oleh, karena itu untuk mengatasi masalah sampah tersebut diperlukan pengelolaan dan pengendalian. Salah satu permasalahan yang dapat terjadi akibat pengelolaan sampah yang tidak baik adalah terjadinya suatu bencana akibat sampah plastik. Sampah yang menumpuk didalam TPA tidak hanya sampah plastik saja, terdapat sampah organik yang menumpuk lalu membusuk dan mengeluarkan licid sehingga, apabila terdapat beban diatas tumpukan sampah plastik akan terjadi pergeseran karena licin yang ditimbulkan licid sampah organik, hal ini menimbulkan sampah dapat longsor. Seperti bencana yang terjadi pada tanggal 21 Februari 2005, banyak jiwa melayang dan dua kampung tertimbun kemudian tergulung oleh longSORan sampah yang berasal dari Tempat Pembuangan Akhir Leuwigajah (TEMPO.CO, Jakarta).

Proses daur ulang limbah plastik melibatkan proses mengumpulkan, pemisahan dan pemrosesan yang bertujuan untuk mengembalikannya kembali ke masyarakat

dalam bentuk produk yang sama ataupun produk yang baru, baik dari jenis atau fungsinya. (Lardinois dan Van de Klundert, 1995). Sampah plastik dalam pengolahan masih banyak menimbulkan masalah. Plastik yang ditimbun, akan membutuhkan waktu yang lama agar plastik dapat terurai oleh tanah secara sempurna dan Jika dibakar, sampah plastik akan menghasilkan asap beracun yang berbahaya bagi kesehatan. Untuk mengatasi masalah tersebut, sampah plastik dapat didaur ulang menjadi bentuk lain yang memiliki fungsi berbeda dari fungsi semula. (Boustead, 1997). Semakin berkembangnya teknologi, pengelolaan sampah plastik dapat dilakukan melalui proses pirolisis. Pirolisis merupakan teknik daur ulang limbah tersier atau teknik yang mampu mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar, monomer, atau bahan berharga lainnya melalui proses degradasi termal dan katalitik (J. Scheirs and W. Kaminsky, 2006).

## II. BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian yang digunakan yaitu Pra Eksperimen (*pre- eksperimental*) dengan rancangan penelitian analisis kualitatif. Metode yang dilakukan pada pembuatan alat pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar, melalui beberapa tahap yaitu, identifikasi masalah, studi pustaka dan wawancara, desain alat, pembuatan alat, pengujian alat, impletansi dan evaluasi.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Alat pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar memiliki beberapa bagian antara lain : Reaktor adalah suatu alat atau proses tempat dimana terjadinya suatu reaksi berlangsungnya. Tabung reaktor pada penelitian ini memiliki ukuran berdiameter 0,4 m, tinggi 0,5 m dan tebal stainless steel 12 mm dilengkapi dengan selang reaktor berdiameter 76,2 mm, panjang 0,4 m, dan tebal stainless steel 12 mm. Pada uji coba alat, reaktor pengolahan sampah plastik menggunakan suhu pembakaran 200°C - 250°C selama 180 menit dengan suhu tungku pembakaran 438°C.

Kondensor adalah peralatan yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi cair. Terdapat dua kondensor pada uji coba alat, kondensor pertama memiliki diameter 76,2

mm, panjang 0,4 m, ketebalan stainless steel 4 mm, dilengkapi dengan selang kondensor dengan diameter 25,4 mm, panjang 0,4 m, ketebalan stainless steel 4 mm dan Pada kondensor kedua memiliki diameter 76,2 mm, panjang 0,04 m, ketebalan stainless steel 4 mm, dilengkapi dengan selang kondensor berdiameter 12,7 mm, panjang 0,4 m dengan ketebalan stainless steel 4 mm. Air yang masuk kedalam dua kondensor melewati pipa yang berdiameter 12,7 mm. Fungsi kondensor pada alat yaitu memproses uap yang dihasilkan oleh reaktor dan akan di kondensasi sehingga uap berubah menjadi zat cair berupa minyak pirolisis.

Tabung outlet minyak adalah tempat keluarnya minyak hasil kondensasi pada kondensor. Terdapat dua outlet minyak yang berfungsi untuk menampung dan mengeluarkan minyak yang dihasilkan dari proses kondensasi satu dan dua. Tabung outlet minyak pertama memiliki diameter 7,62 mm, panjang 0,2 m, ketebalan besi 4 mm dan outlet minyak kedua memiliki diameter 12,7 mm, panjang 0,2 m dan ketebalan besi 4 mm. *Termokopel digital* adalah *termometer* yang digunakan untuk mengukur suhu reaktor pada uji coba alat. *Thermometer* ini mengukur suhu panas yang dihasilkan oleh pembakaran sampah plastik pada reaktor. *Regulator gas* dan kompor digunakan untuk membakar sampah plastik yang berada didalam reaktor selama waktu yang ditentukan dan mengatur besar suhu yang dihasilkan.

Sampah plastik yang digunakan pada uji coba alat yaitu sampah plastik yang sudah dibersihkan, dikeringkan dan dicacah lalu dimasukkan kedalam reaktor melalui saluran inlet reaktor dan dipanaskan sampai mencair suhu diatas titik lelehnya, kemudian akan keluar uap polimer yang akan melewati pipa pendingin didalam Tabung kondensor yang menggunakan air sebagai pendingin dalam proses kondensasi yang menghasilkan bahan bakar cair.

Pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar menggunakan jenis sampah plastik LDPE (*low density polyethylene*) bening sebanyak 1 kg, menghasilkan 1.100 ml dan padatan berupa residu sebanyak 178 gram dengan waktu uji coba alat yaitu 180 menit, suhu pirolisis 200°C - 250°C, dan memerlukan bahan bakar gas LPG sebanyak 2 kg. Tungku pembakaran pada saat uji coba alat mencapai suhu 438°C. Panas yang dihasilkan saat

pembakaran membuat sampah plastik meleleh sehingga menghasilkan uap panas yang akan dikondensasi oleh tabung kondensor pada alat. Kondensor pertama pada alat pengolahan sampah plastik menghasilkan minyak pertamakali diwaktu 78 menit dengan suhu 170 °C melalui proses kondensasi uap berubah menjadi cair. Minyak yang dihasilkan selama uji coba alat ditampung kedalam *erlenmeyer* 500 ml sebagai wadah.

### **Pembahasan**

Reaktor adalah suatu alat atau proses tempat dimana terjadinya suatu reaksi berlangsung. Reaktor merupakan bagian alat yang penting dalam proses pembakaran sampah plastik, besar volume pada reaktor mempengaruhi berapa banyak sampah plastik yang dapat diolah, karena itu banyak sampah plastik yang diolah harus disesuaikan oleh besar volume reaktor yang digunakan karena dapat mengakibatkan kelebihan volume pada reaktor. Selain besar volume terdapat bagian penting dalam pembuatan reaktor yaitu bahan yang digunakan untuk membuat reaktor. Bahan membuat reaktor merupakan bagian penting karena, dapat mempengaruhi kualitas reaktor yang digunakan dalam hal ini kuat dan umur reaktor. Pada reaktor akan terjadi proses pembakaran yang memerlukan suhu tinggi, apabila reaktor tidak menggunakan bahan yang tahan terhadap suhu tinggi akan mengakibatkan kebocoran dan kerusakan, karena itu bahan yang digunakan sebaiknya terbuat dari logam yang tahan dengan suhu tinggi dan *korosi*. Bahan reaktor yang digunakan yaitu *stainless steel*. *Stainless steel* adalah material yang mengandung senyawa besi dan setidaknya 10,5% *kromium* untuk mencegah proses *korosi* (pengaratn logam). Reaktor yang digunakan pada uji coba alat dilengkapi dengan penutup reaktor berfungsi sebagai menutup mulut reaktor agar tidak ada oksigen yang masuk ketika proses pembakaran berlangsung dan pipa/selang reaktor yang berfungsi sebagai saluran uap yang dihasilkan pada proses pembakaran sampah plastik.

Kondensor adalah peralatan yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi cair. Kondensor merupakan bagian penting pada proses pengolahan sampah plastik. Uap yang dihasilkan oleh pembakaran sampah plastik akan melewati tabung kondensor melalui pipa kondensor. Uap yang dihasilkan memiliki

suhu tinggi yang akan didinginkan oleh air yang berada didalam tabung kondensor sehingga terjadi proses destilasi/kondensasi yaitu perubahan uap menjadi cair, dalam hal ini uap akan berubah menjadi minyak pirolisis. Panjang pipa dan tabung kondensor akan mempengaruhi lama proses kondensasi yang terjadi, apabila panjang kondensor tidak sesuai dengan waktu yang dibutuhkan pada saat proses kondensasi, dapat mengakibatkan proses kondensasi gagal sehingga tidak tercipta minyak. Selain pipa dan tabung kondensor terdapat air yang digunakan sebagai pendingin kondensor, air yang digunakan sebaiknya dalam keadaan dingin agar menghasilkan proses destilasi yang baik.

Tabung outlet minyak adalah bagian alat yang berfungsi sebagai penampung minyak yang dihasilkan pada proses kondensasi. Tabung outlet minyak dilengkapi dengan *stop kran* yang berfungsi sebagai pengatur keluarnya minyak dan uap pada uji coba alat. *Stop kran* pada penelitian ini menggunakan dua *stop kran* yang terdapat pada dua outlet minyak. Termokopel Digital adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan listrik. Termokopel yang sederhana dapat dipasang dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang 1 °C. Termokopel ini digunakan untuk mengukur suhu reaktor dimana dapat mengukur suhu rentang hingga 2.300 °C. Regulator gas dan kompor merupakan alat yang digunakan sebagai sumber panas yang dihasilkan pada proses pembakaran sampah plastik. Pada regulator gas terdapat pengatur besar api yang digunakan untuk mengkontrol panas yang dihasilkan saat proses pembakaran.

Pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar pada penelitian ini menggunakan jenis sampah plastik LDPE (*low density polyethylene*) bening sebanyak 1 kg, dengan suhu titik leleh yaitu 70°C, suhu ini akan mengakibatkan plastik meleleh dan berubah menjadi cairan yang dapat menghasilkan uap panas. Proses pengolahannya sampah plastik dibakar didalam reaktor selama 180 menit dengan suhu tungku pembakaran 438°C. Uap yang dihasilkan dalam proses pembakaran akan mengalir melalui pipa yang menyambungkan kedalam tabung kondensor,

pada tahap ini uap akan mengalami proses kondensasi didalam tabung kondensor pertama sehingga dapat menghasilkan minyak. Tabung kondensor pertama menghasilkan minyak pirolisis pertama kali diwaktu penelitian 78 menit dengan suhu 178°C. Uap yang telah dikondensasi pada kondensor pertama akan dialirkan pada kondensor kedua melalui pipa yang menghubungkan antara kondensor pertama dan kedua. Selama penelitian dilakukan suhu yang dikontrol ketika telah mencapai suhu 200°C - 250°C menggunakan besar api yang digunakan untuk membakar sampah plastik selama waktu penelitian 2 jam, bahan bakar yang dihasilkan pada kondensor pertama sebanyak 1.100 ml dan pada kondensor kedua tidak menghasilkan minyak pirolisis. Terdapat padatan hasil proses pengolahan sampah plastik berupa residu sebanyak 178 gram. Selama penelitian memerlukan bahan bakar gas LPG sebanyak 2 kg hasil ini diperoleh dari pengurangan berat awal tabung gas LPG 3 kg dengan berat akhir tabung gas LPG setelah penelitian.

Hasil penelitian ini berbeda dengan Abdul Syukur Alfauzi, 2014 yang menggunakan bahan baku plastik PET, HDPE, dengan satu kondensor menghasilkan bahan bakar sebagai berikut: Bahan PET berat bahan baku 2.000 gr, waktu penyulingan yang dibutuhkan 80 menit dengan suhu meleleh 400°C, bahan yang dibutuhkan untuk membakar dengan gas elpiji 2.000 ml, bahan bakar yang dihasilkan 1.560 ml. Bahan HDPE berat bahan baku 2.000 gr, waktu penyulingan 80 menit dengan suhu meleleh 425°C, bahan yang dibutuhkan untuk membakar dengan gas elpiji 2.200 ml, bahan bakar yang dihasilkan 1.350 ml.

Model alat pada penelitian ini dan penelitian sebelumnya memiliki perbedaan pada bagian kondensor alat. Penelitian ini menggunakan dua kondensor sedangkan penelitian sebelumnya menggunakan satu kondensor. Penggunaan dua kondensor berfungsi untuk memproses uap yang dihasilkan oleh proses pembakaran sampah plastik di reaktor dan uap yang sudah melalui proses kondensasi pada tabung kondensor pertama. Tujuan dirancangnya dua kondensor agar uap yang terkondensasi pada kondensor pertama dimungkinkan masih memiliki kandungan minyak sehingga, uap yang berasal dari kondensor pertama diproses kembali dengan menggunakan kondensor kedua agar menghasilkan bahan bakar cair yang lebih

maksimal. Tetapi, dalam pelaksanaan uji coba alat, kondensor kedua tidak menghasilkan bahan bakar cair dikarenakan, uap yang berasal dari kondensor pertama sudah terkondensasi seluruhnya sehingga pada kondensor kedua tidak menghasilkan minyak atau uap yang berasal dari kondensor pertama memiliki suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan uap yang berasal dari reaktor sehingga tidak terciptanya proses kondensasi pada kondensor kedua.

#### IV. KESIMPULAN

Alat pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar dibuat dengan bahan dasar alat yaitu *stainless steel*. Alat ini menggunakan prinsip pembakaran pirolisis dan uap yang dihasilkan akan di kondensasi oleh kondensor sehingga uap akan berubah menjadi cair yang berupa minyak. Komponen alat pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar yaitu reaktor, kondensor satu dan dua, outlet minyak satu dan dua, termometer suhu reaktor, regulator gas dan kompor.

Harga minyak pirolisis yang dihasilkan pada proses pengolahan sampah plastik sebanyak 1 kg dengan waktu pengolahan selama 2 jam sebesar Rp 24.000,00. Harga tersebut diperhitungkan biaya langsung tanpa memperhitungkan biaya penggunaan alat.

Alat pengolahan sampah plastik menjadi bahan menggunakan jenis sampah plastik LDPE (*low density polyethylene*) bening sebanyak 1 kg, sampah plastik yang akan diolah melalui beberapa tahap yaitu pengumpulan, pembersihan, pengeringan dan pencacahan sampah plastik.

Kondensor satu selama penelitian menghasilkan bahan bakar minyak sebanyak 1.100 ml dan pada kondensor kedua tidak menghasilkan bahan bakar minyak.

Alat pengolahan sampah plastik menghasilkan 1100 ml dan padatan berupa residu sebanyak 178 gr dengan waktu pengolahan sampah plastik yaitu 180 menit, suhu pirolisis 200°C - 250°C, dan memerlukan bahan bakar gas LPG sebanyak 2 kg. Tungku pembakaran pada saat uji coba alat mencapai suhu 438°C.

Kondensor kedua yang belum menghasilkan bahan bakar sebaiknya diteliti kembali apa penyebab uap tidak dapat dikondensasikan.

Sebaiknya selama penelitian pengolahan sampah plastik dicatat secara berkala agar data yang didapatkan lebih lengkap.

Selanjutnya dilakukan penelitian mengenai desain alat yang lebih efektif agar hasil pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

Budi Surono Untoro, 2013, *Berbagai Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*, Yogyakarta: Universitas Janabara Jurusan Teknik Mesin.

\_\_\_\_\_, 2012, *Harmful Low Density Waste Plastic Conversion Into Kerosene Grade Fuel*, Journal Of Environmental Protection, 3, 700 – 708, <http://palawa.ugm.ac.id>, (diakses pada tanggal 27 Januari 2016, Pukul 20:05 WIB).

\_\_\_\_\_, 2008, *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengolahan sampah*, Jakarta : Departemen Kesehatan.

\_\_\_\_\_, 2008, *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*, Jakarta : Departemen Kesehatan .

Ermawati Rahyani, 2012, *Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif*, Balai Besar Kiiia dan Kemasan, Kementrian Perindustrian.

Juliastuti S.R, Hendrianie Nuniek, Arief Febrianto, Dinar Ramadhika Diki, 2015, *Pengolahan Limbah Plastik Kemasan LDPE (Low Density Polyethylene) dengan Menggunakan Metode Pirolisis Microwave*, Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November, Jurusan Teknik Kimia, FTI.

Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor 14496 K/14/DMJ/2008, *Standard An Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Bakar Yang Dipasarkan Dalam Negeri*.

Lio Ban, Agus. (2012). Automotive Tips and Sharing. [www.saft7.com](http://www.saft7.com) (diakses pada

- tanggal 20 Januari 2016, Pukul 19:15 WIB).
- Murtadho Djuli dan Sa'id E. Gumbira, 1998. *Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Padat*, Jakarta: PT. Mediyatama Sarana Perkarsa
- Mustofa K D, Zainuri Fuad, 2014, *Pirolisis Sampah Plastik Hingga Suhu 900 °C Sebagai Upaya Menghasilkan Bahan Bakar Ramah Lingkungan*, Jakarta L Jurusan Teknik Mesin Politeknik Jakarta.
- Nawawi Harun, 1995. *Minyak – Bumi Dan Hasil Minyak – Bumi Penggalian Pengerjaan Dan Pemakaiannya*. Yogyakarta: Universitas Veteran Yogyakarta.
- Nugroho Cahyo Dharma, 2008. *Studi Pengelolaan Sampah Medisdi Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Sruweng Kabupaten Kebumen Tahun 2015*, KTI, Purwokerto: Polekkes Kemenkes Semarang Jurusan Kesehatan Lingkungan.
- Pratama Nugroho Nosal Kajian, 2013. *Eksperimental Karakteristik dan Aplikasi Minyak Hasil Pirolisis Limbah Plastik Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Motor Diesel dan Kompor Minyak Bertekanan*, program studi S2 teknik mesin jurusan teknik mesin dan industri fakultas teknik universitas gajah mada
- PS Tim Penulis, 2008. *Penanganan dan Pengolahan Sampah*, Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rakhman Alief, 2013. *Prinsip Kerja Kondensor*. <http://www.scribd.com> (diakses pada tanggal 23 Februari 2016, Pukul 13:10 WIB).
- Ramlan djamaluddin dan maisye marlyn kuhu, 2014. *Penulisan Penelitian Eksplanatif*. Purwokerto: UPT. Percetakan dan penerbitan UNSOED Grendeng.
- Ramadhan P Aprian, Ali Munawar, 2012, *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis*, Jawa Timur : Universitas Pembangunan Nasional.
- Riyanti Arum, 2008. *Studi Komparasi Penyusutan Volume Sampah Organik Pasar Bumiayu Pada Pengomposan Menggunakan Inokulum Ragi Tempe Cair "Ganefati" Antara Metode Aerob Dan Anaerob di Kecamatan Bumiayu Kabupaten Brebes tahun*, KTI, Purwokerto: Polekkes Kemenkes Semarang Jurusan Kesehatan Lingkungan 2008.
- Sumarni, Purwanti Ani, 2008, *Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)*, Yogyakarta : Institut Sain Dan Teknologi AKPRIND, Jurusan Teknik Mesin.
- Syukur Alfauzi Abdul, Tjahjono Bambang, 2014, *Uji Experiment Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif*, Semarang : Politeknik Negeri Semarang, Teknik Mesin.
- TEMPO.CO, Jakarta. 2005 *Bencana Akibat Sampah Plastik*. <https://metro.tempo.co/read/news/2016/02/21/083746810/menteri-ferry-kantong-plastik-adalah-bencana>, (diakses pada tanggal 29 Januari 2016, Pukul 22:26 WIB).
- Wibowo Adityo Suryo Aji, 2011. *Studi Sifat Minyak Pirolisis Campuran Sampah Biomasa Dan Campuran Plastik Polypropylene (PP)*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Yuriandala Yebi, 2015. *Pirolisis Sampah Plastik Polistirena (Styrofoam) Dan Sampah Plastik Berlapisan Aluminium Foil Untuk Menghasilkan Bahan Bakar*, Tesis, fakultasteknik program studi magister teknik sistem universitas gajah mada Yogyakarta.