

PROSES PEMECAHAN LIMBAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR CAIR DENGAN PEMANFAATAN LEMPUNG SEBAGAI KATALIS

Selvi Jikwa

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Jl. Raya Sentani, Padang Bulan, Jayapura 99351

Email : selvijikwa@gmail.com

Abstrak

Produksi plastik di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Sejalan dengan itu, keberadaan plastik-plastik bekas sudah tidak terpakai tentu menjadi masalah sendiri untuk ditangani, mengakibatkan limbah plastik-plastik bekas yang tidak terpakai di lingkungan semakin meningkat. Masalah ini semakin besar di karenakan plastik bekas tidak dapat terurai dengan mudah apabila hanya dibiarkan begitu saja. Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk mengubah limbah plastik bekas menjadi sesuatu yang lebih berguna dan bermanfaat. Salah satunya adalah mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar cair dengan cara memanfaatkan lempung sebagai katalis pada proses pemecahan plastik. Adapun jenis plastik yang bisa digunakan menjadi bahan bakar minyak adalah plastik polyethylene (PE)atau polypropylene (PP), polypropylene carbonate (PPC), polyethylene terephthalate (PET), density polyethylene (DPE), dan low density polyethylene (LDPE) tetapi yang lebih mudah untuk diproses adalah plastik polypropylene (PP) sehingga pada proses pemurniannya tidak begitu sulit. Dengan demikian tidak membutuhkan katalis lain selain Katalis Lempung alami untuk memperoleh hasil berupa bahan bakar cair dan gas yang maksimal. Peleburan atau proses pengolahan plastik bekas dengan katalis lempung dilakukan dengan memanaskannya menggunakan cara sederhana didalam wadah berupa kaleng cat dengan ukuran 100 gr pada suhu diatas 50^oc-80^oc dan menggunakan metode sirkulasi air sebagai pendingin dengan suhu antara 15-20^oc yang berlangsung selama 1-2 jam. Gas yang dihasilkan dari pemanasan di dinginkan untuk memperoleh bahan bakar cair. Dalam penelitian ini cairan yang di peroleh adalah 100 ml jika volume sampahnya adalah 100 gr, sehingga volume bahan bakar cair yang diperoleh adalah sebesar 0,06 liter dan efektivitasnya sebesar 0,4 %. Selanjutnya dapat disimpulkan bahwa bahan plastik bekas jenis polypropylene adalah bahan yang mudah untuk di proses menjadi bahan bakar cair.

Kata kunci: Plastik Polypropylene, Katalis Lempung, Proses Pemanasan.

1. PENDAHULUAN

Dalam setiap aktivitas kehidupan manusia sehari-hari tentu akan menghasilkan limbah padat berupa sampah. Sampah ini jika tidak ditangani dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia itu sendiri (Laurent dkk, 2014), sehingga perlu dikelola secara baik dan berkelanjutan.

Lokasi yang dijadikan sebagai tempat pengambilan sampel yaitu di Kampus USTJ dalam upaya untuk mengurangi jumlah

sampah yang terus meningkat dari waktu ke waktu, khususnya limbah plastik. Timbunan sampah plastik yang sulit terdegradasi secara hayati, lambat laun dapat merusak dan mencemari lingkungan. Sifatnya yang tidak ramah lingkungan dan jumlahnya yang semakin lama semakin banyak, membuat masalah ini menjadi semakin serius (Lembaran Publikasi LEMIGAS, 1997/1998). Berdasarkan densitasnya ada dua jenis polietilena, yaitu *High Density Polyethylene (HDPE)* dan *Low Density Polyethylene*

(LDPE). HDPE banyak digunakan sebagai mangkuk plastik, tutup dan mainan plastik, sedangkan LDPE banyak digunakan sebagai plastik pengemas, kantung sampah, dan botol plastik. (<http://www.chem-istry.org?sect=artikel>, 2007, dalam Ayomi Andini). Sebenarnya jenis-jenis bahan plastik dapat dikelompokkan menjadi : PET (*polyethylene terephthalate*), HDPE (*High-density Poly Ethylene*), PVC (*Polyvinyl Chloride*), LDPE (*Low-density Polyethylene*), PP (*Poly Propylene*), PS (*Poly Styrene*) dan *Poly Carbonate*. Plastik jenis PP yang banyak digunakan sebagai kemasan gelas air mineral dan kedapatannya di lingkungan sangat melimpah sehingga peneliti tertarik untuk menjadikannya sebagai sampel pada penelitian ini.

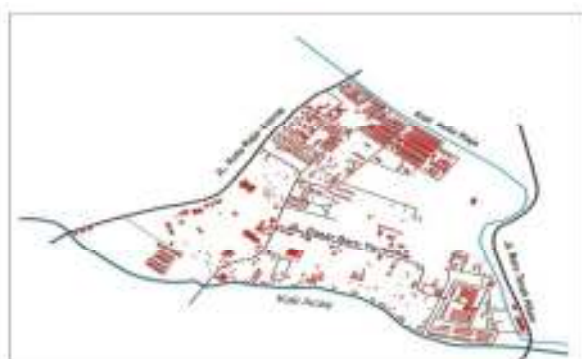
Proses pemecahan plastik merupakan salah satu cara untuk meminimalisir limbah polimer tersebut. Metode pirolisis adalah proses penguraian senyawa kimia yang bermolekul besar atau polimer menjadi molekul yang lebih sederhana dengan menggunakan suhu yang relatif tinggi tanpa kehadiran udara atau dengan udara terbatas (Lembaran Publikasi LEMIGAS 1997/1998). Katalis umumnya diartikan sebagai bahan yang dapat mempercepat proses reaksi kimia dan banyak digunakan industri dan umumnya digunakan katalis heterogen. Pemilihan pengemban harus memperhatikan sifat-sifat pengemban itu sendiri, seperti stabilitas termal

yang tinggi, memiliki rongga-rongga yang memungkinkan terjadi adsorpsi, mempunyai kemampuan untuk mengikat logam sebagai katalis serta mempunyai luas permukaan yang besar (Setyawan, 2002). Lempung bisa digunakan untuk penjernihan minyak dan juga sebagai alternatif untuk mengatasi masalah logam berat (<http://ppsdms.org>, 2009). Hal tersebut sangat baik untuk menjadikan 'Lempung Sebagai Katalis Pada Proses Pemecahan Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair'.

Penelitian ini bermaksud untuk memberikan alternatif penanganan masalah lingkungan dari limbah plastik menjadi bahan bakar yang dapat diterapkan di Kota Jayapura. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pemanfaatan dan peranan lempung alam, volume dan efektivitas bahan bakar cair yang dihasilkan dari limbah plastik dengan lempung alam Sungai Tami serta kualitas bahan bakar cair limbah plastik.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang membahas mengenai proses pemecahan limbah plastik menjadi bahan bakar berupa bensin dengan menggunakan lempung sebagai katalis. Lokasi yang dijadikan objek penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat beberapa tahapan diantaranya:

1. Studi Pendahuluan, yaitu studi yang dilakukan untuk memahami teori pemecahan limbah plastik, metode pirolisis serta penelitian-penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan sebelumnya.
2. Pengumpulan Data Primer, terdiri atas:
 - Pemilihan jenis plastik polypropylene,
 - Katalis lempung sungai tami,
 - Proses pemecahan limbah plastik menjadi bahan bakar.
3. Pengumpulan Data Sekunder, yaitu pengumpulan data penunjang penelitian berdasarkan literatur-literatur maupun laporan-laporan.
4. Melakukan perencanaan alat pemecahan limbah plastik untuk dilakukan uji coba bakar dan efektifitasnya
 - Sampel plastik sebanyak 100 gram
 - Sampel lempung sebanyak 100 gram
 - Analisa Pengamatan

Analisa data akan dilakukan dengan mengetahui berat plastik awal (gr), berat produk cair awal (gr), dan volume produk cair

(ml). Analisa ini digunakan untuk mengetahui berat bahan bakar gas/cair yang dihasilkan. Menghitung volume tabung :

Sehingga, diperoleh rumus presentase sebagai berikut :

Rumus Silinder $Volume = \pi \times r^2 \times t$
Berat Bahan Baku = Plastik + Lempung
Produktivitas Cairan = Berat Bahan Baku – (Berat Cairan + Berat Padatan)
Presentase = $\frac{\text{Berat Produk Cair} \times 100 \%}{\text{Berat Plastik Awal}}$

5. Kesimpulan dan Rekomendasi
Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian ini, sedangkan rekomendasi merupakan hasil atau luaran yang dihasilkan dari penelitian ini berdasarkan penilaian di lokasi studi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah plastik yang dibuang sembarangan sulit untuk diuraikan oleh alam, baik oleh curah hujan, dan panas matahari maupun mikroba tanah. Hal ini dikarenakan plastik yang umum digunakan termasuk zat yang bersifat non-biodegradable (sulit diuraikan oleh mikroba) sehingga sukar sekali terurai. Selain itu, apabila masuk ke badan air plastik dapat menyumbat aliran sehingga menjadi pemicu terjadinya banjir dan bila dibakar akan menimbulkan asap yang membahayakan. Untuk mengatasi hal tersebut maka diadakan program daur ulang sampah plastik, tetapi program tersebut dirasakan semakin tidak efektif mengingat jumlah sampah plastik semakin meningkat.

Oleh sebab itu diperlukan *alternative* lain untuk mengubah limbah plastik menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat dan bernilai, misalnya menjadi bahan bakar cair dan gas.

1. Limbah Plastik

Penelitian pada proses pemecahan plastik ini jumlah plastik yang digunakan adalah sebanyak 100 gr plastik dengan diperoleh hasil bahan bakar cair adalah sebanyak 100 ml bensin.

Jenis plastik yang digunakan bisa semua jenis plastik namun yang digunakan dalam proses pemecahan plastik ini adalah jenis plastik Polypropylene berupa gelas plastik aqua, vit, qualala dan jenis minuman gelas lainnya. Salah satu cara untuk mengatasi limbah plastik yang makin meningkat dikaji melalui proses pemecahan plastik. Plastik tersebut kemudian dicacah dalam ukuran kecil agar memudahkan saat proses pemanasan.



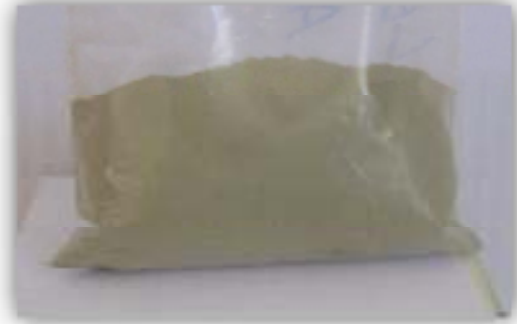
Gambar 3. Jenis dan Cacahan Plastik

2. Katalis Lempung Alam Sungai Tami

Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah Lempung Alami yang langsung didapat di alam. Pengambilan lempung dilakukan pada daerah yang banyak terdapat pelapukan batuan dan menghasilkan lempung dalam jumlah yang cukup banyak agar mudah untuk mendapatkannya.

Jumlah Lempung yang digunakan adalah sebanyak 50 gr yang masih akan diayak lagi dalam ukuran yang lebih kecil dan

halus. Penghalusan lempung bertujuan untuk pengecilan ukuran lempung dan penyeragaman. Jenis Lempung yang digunakan adalah lempung alam dari Sungai Tami yang berwarna biru krem bersifat liat, lengket dan licin. Sifat dari lempung yang demikian akan sangat mendukung dalam proses perubahan wujud, karena lempung adalah katalis alam yang sangat baik untuk memurnikan minyak berupa bensin.



Gambar 4. Lempung Alam Sungai Tami

3. Proses Pirolysis Pemecahan Plastik

Proses pemanasan limbah plastik menjadi bahan bakar minyak berupa bensin dilakukan setelah semua bahan yang akan digunakan telah dipersiapkan untuk diproses. Plastik dan lempung dicampurkan menjadi satu lalu dipanaskan, berat plastik yang digunakan dalam pemecahan plastik sebanyak 100 gr dan lempung 50 gr, dengan demikian komposisi yang dipakai adalah 2:1. Hal ini dikarenakan wadah yang digunakan hanya cukup menampung dalam jumlah yang sedikit. Namun jika menginginkan dalam jumlah yang banyak dapat di buat wadah yang berukuran besar.

Proses yang berlangsung di dalam wadah pemanas tersebut adalah pelelehan plastik untuk memecahkan ikatan hidrokarbon yang terdapat pada plastik tersebut. Hasil yang diperoleh setelah proses pemanasan yaitu

berat/volume cairnya adalah sebanyak 100 ml. Proses pemanasan ini dapat berlangsung selama 1 jam dengan temperatur jaga/titik didih berkisar antara 50-85 °C dan suhu pendingin berkisar antara 15-20 °C. Pemanas dan pendingin yang dirancang tersebut bertujuan untuk melelehkan plastik pada suhu yang ada dengan menggunakan tungku api dan disertai dengan pendingin, agar uap panas yang mengalir pada saat proses pemanasan dapat berubah wujud dari wujud gas menjadi wujud cair dengan baik dan dapat menghasilkan bahan bakar yang diharapkan yaitu bensin. Pada proses perubahan plastik menjadi bahan bakar berupa bensin ini dipakai/dirancang hanya satu buah kondensor, dimana kondensor yang digunakan adalah kondensor lurus, sehingga tekanan uapnya masih terbawa. Berikut adalah proses pemanasan dan penyulingannya.



Gambar 5. Proses Pirolysis dan Penyulingan Plastik

4. Proses Pemisahan Campuran

Proses pemisahan campuran berlangsung setelah proses pemanasan dan penyulingan selesai dilakukan. Hasil dari proses pemanasan dan penyulingan yang telah mengubah uap panas menjadi wujud cair kemudian ditampung ke dalam sebuah wadah berupa botol yang telah tersedia. Selanjutnya jika pemanasan selesai cairan berupa bensin jika pemanasan selesai cairan berupa bensin yang tertampung di dalam botol kemudian

dipisahkan menggunakan peralatan laboratorium berupa pipet tetes dan bola aspiratif untuk memisahkan antara campuran senyawa air dan minyak bensin. Agar hasil yang diperoleh adalah minyak bensin murni tanpa campuran senyawa air dan campuran lainnya. Berikut adalah hasil proses pemisahan campuran senyawa air dan bensin (gasoline).



Gambar 6. Proses Pemisahan Campuran

5. Volume Bahan Bakar Cair

Perhitungan volume bahan bakar cair hasil pemecahan plastik dilakukan dengan cara memisahkan campuran senyawa air dan minyak terlebih dahulu untuk mengetahui volume dari bahan bakar itu sendiri. Sehingga perhitungan volumenya juga dapat dilakukan dengan baik.

Analisa data akan dilakukan dengan mengetahui berat plastik awal (gr), berat produk cair awal (gr), dan volume produk cair (ml). Analisa ini digunakan untuk mengetahui berat bahan bakar gas/cair yang dihasilkan. Dengan demikian volume bahan bakar yang dihasilkan adalah sebesar 60 ml = 0,06 liter dan persentasenya sebesar 0,4% setiap sekali pemanasannya. Sehingga pengamatan pada proses pemecahan plastik ini 15% berubah menjadi gas, 40% menjadi padatan dan 40% mencair dan menjadi bahan bakar yang serupa dengan bensin (gasoline).

Perhitungan volume bahan bakar cair ini dilakukan agar penulis mengetahui persentase dan perbandingan yang terjadi pada proses perubahan plastik menjadi bahan bakar berupa bensin, yang di peroleh dari bahan sebelum dan sesudah berubah sampai dihasilkannya minyak. Sehingga dapat diketahui berapa banyak volume bahan bakar yang diperoleh dengan jumlah plastik dan lempung yang dikomposisikan sama banyak yaitu dengan perbandingan 2 : 1.

1. Menghitung volume kapasitas wadah / boiler (v_w) :

Diketahui :

Tinggi wadah = 11 cm

Diameter wadah = 9 cm

Maka,

$$\begin{aligned}V_w &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 4,5^2 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} \\ &= 699,435 \text{ cm}^3 \\ &= 6,99 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2. Menghitung volume tinggi pipa penguapan awal (t_p) :

Diketahui :

Tinggi pipa = 65 cm

Diameter pipa = 2 cm

Maka,

$$\begin{aligned}t_p &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 1^2 \text{ cm} \times 65 \text{ cm} \\ &= 204,1 \text{ cm}^3 \\ &= 2,041 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3. Menghitung volume panjang pipa kondensor (p_k) :

Diketahui :

Panjang pipa = 60 cm

Diameter pipa = 4,5 cm

Maka,

$$\begin{aligned}P_k &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 2,25^2 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \\ &= 953,775 \text{ cm}^3 \\ &= 9,538 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4. Menghitung volume panjang selang cair

(p_s):

Diketahui :

Panjang selang = 80 cm

Diameter selang = 1,5 cm

Maka,

$$\begin{aligned} P_s &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 0,75^2 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} \\ &= 141,3 \text{ cm}^3 \\ &= 1,413 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

5. Menghitung berat bahan baku (b_b):

Diketahui :

Berat plastik = 100 gr

Berat Lempung = 50 gr

Maka,

$$\begin{aligned} b_b &= \text{berat plastik} + \text{berat lempung} \\ &= 100 \text{ gr} + 50 \text{ gr} \\ &= 150 \text{ gr} \end{aligned}$$

6. Menghitung produktivitas cairan bahan bakar (P_c):

Diketahui :

Berat plastik kosong (b_k) = 10 gr

Berat bahan baku (b_b) = 150 gr

Berat cairan (b_c) = 70 gr – 10 gr \longrightarrow 60 gr

Berat padatan (b_p) = 40 gr – 10 gr \longrightarrow 30 gr

Maka,

$$\begin{aligned} P_c &= b_b - (b_c + b_p) \\ &= 150 - (60 + 30) \\ &= 60 \text{ gr} \longrightarrow 60 \text{ ml} \\ &= 0,06 \text{ ltr} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Efisiensi (\%) &= \frac{P_c}{B_b} \times 100 \% \\ &= \frac{60 \text{ gram}}{150 \text{ gram}} \times 100 \% \\ &= 0,4 \% \end{aligned}$$

6. Kualitas Bahan Bakar

Kualitas bahan bakar yang dihasilkan dari proses pemecahan plastik dapat dikatakan memiliki kualitas yang cukup baik, karena pada saat pemanasan terjadi kontak dan nyala api pada wadah pemanasnya. Selain itu saat di dilakukan uji bakar diatas besi tersebut terjadi nyala api. Tidak hanya demikian berdasarkan hasil informasi yang diperoleh pada peneliti pemula sebelumnya berkesimpulan bahwa kualitas nyala api yang baik adalah api dari proses pemecahan plastik. Kualitas bahan bakar sangat dipengaruhi dari jarak jauh dekatnya pipa penyulingan yang digunakan.



Gambar 7. Kualitas Bahan Bakar Limbah Cair

7. Desain Alat Penelitian Pada Proses Pemecahan Plastik

Desain alat penelitian pada proses pemecahan plastik ini dilakukan dengan maksud agar mempermudah peneliti dalam mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak berupa bensin. Desain penelitian ini dilakukan dengan desain sederhana, yang menggunakan cara sirkulasi air kedalam pipa

yang telah disediakan agar proses pendinginnya dapat berlangsung dengan baik. Penelitian ini dilakukan dalam skala kecil karena wadah yang digunakan kecil, tetapi jika menginginkan hasilnya dalam jumlah yang besar dapat membuat wadah dalam skala yang lebih besar. Adapun desain alat pemecahan plastik sederhana adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Alat Penelitian Pemecahan Plastik

Untuk lebih mengetahui arti dan fungsi dari pada desain penelitian, maka berikut adalah keterangan gambar desainnya.

Keterangan Gambar Alat Penelitian Sederhana :

1. Tungku pemanasan untuk memanaskan potongan plastik sampai meleleh.
2. Wadah pemanas limbah plastik tempat mengisi plastik dan katalis.
3. Pipa besi ½ inci pembawa uap panas dari wadah pemanas.
4. Sambungan pipa besi ½ inci untuk sambungan pipa besi ke pipa paralon.
5. Sambungan pipa paralon ½ inci berfungsi menahan agar air pendingin tidak terbuang dari pipa paralon.
6. Pipa paralon ½ inci sebagai tempat sirkulasi air/pendingin agar proses pencairannya dapat berlangsung dengan cepat.
7. Selang kecil yang mengalirkan pendingin secara sirkulasi.
8. Pompa aquarium untuk memompa air naik ke dalam pipa paralon tempat sirkulasi pendingin.
9. Wadah berisi air dan pendingin berupa baskom, ember, dan lain-lain.
10. Kawat penahan pipa besi ½ inci dari pendingin.
11. Sambungan dari pipa besi ke selang agar uap yang berubah wujud menjadi cair tidak terbuang/tertumpah.
12. Selang ¼ meter penghantar cairan hasil pemanasan sehingga yang diperoleh hanya wujud cairnya.
13. Botol sebagai wadah untuk menampung cairan yang dihasilkan dari proses awal pemanasan hingga selesai.

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan lempung alam dari Sungai Tami, Kota Jayapura sebagai katalis karena dengan adanya katalis lempung dari alam akan sangat membantu dalam hal mempercepat proses pemecahan polimer sekaligus perubahan wujud dari uap menjadi cair. Sehingga dapat diperoleh bahan bakar cair dalam jumlah yang cukup besar dibandingkan jika tidak menggunakan katalis lempung. Plastik yang digunakan pada proses *cracking* ini adalah jenis plastik Polypropylene yaitu gelas plastik aqua, vit, qualala, dan lainnya. Pemilihan jenis plastik ini dilakukan karena ikatan karbonnya masih ringan dan mudah untuk di *cracking* dibandingkan botol minuman ikatan karbonnya lebih besar dan sangat sulit di pecahkan. Volume bahan bakar cair yang dihasilkan limbah plastik dengan komposisi perbandingan 2:1 adalah sebanyak 0,06 liter dengan efektifitasnya sebesar 0,4 %, dan serta padatan sebesar 40 gr dari 150 gr berat total bahan baku plastik dan lempung. Kualitas bahan bakar cair yang dihasilkan dari limbah plastik pada penelitian ini memiliki kualitas yang mendekati bensin. Hal ini dilihat dari bau, warna dan penguapannya. Namun belum dapat dikategorikan bensin karena belum diketahui nilai oktan dari bahan bakar cair tersebut sehingga perlu dikembangkan lagi. Saat dilakukan uji bakar pada besi apinya langsung menyembur dan menyala besar, begitu juga pada wadah Pemanasnya uap panas yang keluar karena adanya ruang yang celah pun menyala hampir beberapa kali. Kualitas dari bahan bakar ini juga sangat dipengaruhi oleh panjang pendeknya pipa penyulingan dan kondensor yang dipakai dalam penelitian.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Laurent, A., Bakas, I., Clavreul, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., Hauschild, M. Z., Chistensen, T. H. (2014). :Review Of LCA Studies Of Solid Waste Management Systems – Part I: Lessons Learned And Perspectives, *Waste Management*, **34**, 573–588. (<http://www.chem-is-try.org?sect=artikel>, 2007, dalam Ayomi Andini). Sifat-sifat-polymer-polypropylene (diakses tanggal 12 Oktober 2013)
- Anggoro, Dwi Didi. (2008). Penelitian Riset Intensif Dasar: *Simulasi dan Model Pengaruh Sifat Keasaman Zeolit HY dan ZSM-5 pada Reaksi Perengkahan Katalitik Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair*. Lemlit UNDIP: Semarang. (<http://www.wikipedia.net>, 2007/Lempung-material-berpori-besar (diakses tanggal 14 Oktober 2013).
- Darwanta. (2002). *Sintesis dan Karakterisasi Lempung Terpillar-Al Serta Aplikasinya sebagai Katalis Hidrorengkah Fraksi Berat Minyak Bumi*. Tesis pada Jurusan Kimia Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta. (<http://www.wikipedia.net>, 2007. Katalis (diakses tanggal 14 Oktober 2014)
- Dimara, Ana F. (2008). *Cracking Katalitik Limbah Plastik LDPE dengan Katalis Lempung Asal Sota Merauke*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Cenderawasih: Jayapura. (<http://id.wikipedia.org/struktur-molekul-hidrokarbon>. (diakses tanggal 02 Desember
- Hasanah, Uswatun. (2008). *Cracking Katalitik Limbah Plastik LDPE dengan Katalis Lempung Asal Koya*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Cenderawasih. (<http://airlangga25.wordpress.com/2009/11/18/distilasi-3/>).2013. (diakses tanggal 02 Desember 2013)
- Lembaran Publikasi LEMIGAS, 1997/1998. *Metode Pirolisis plastik*.
- Manos, G., et al. (2001). *Catalytic Cracking of Polyethylene over Clay Catalyst Comparison with an Ultrastable Y Zeolite*, Ind. Eng. Chem. Res., 40, 2220 – 2225.
- Weitkamp, P.J., and Puppe, L. (1999). *Catalysis and Zeolite: Fundamental and Application*. Springer: New York.
- (<http://id.m.wikipedia.org/wiki/Bahan-bakar> (diakses tanggal 20 November 2013)
- (<http://nayhndy.wordpress.com/2011/01/18/bahan-bakar> (diakses tanggal 20 November 2013)