

## **Pirolisis Sampah Plastik PP (*Polypropylene*) menjadi Minyak Pirolisis sebagai Bahan Bakar Primer**

Dominggus G.H. Adoe <sup>1)</sup>, Wenseslaus Bunganaen<sup>1)</sup>, Ika F. Krisnawi <sup>2)</sup> Ferdyan A. Soekwanto <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jln. Adisucipto – Penfui Kupang NTT, 85222

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jln. Adisucipto – Penfui Kupang NTT, 85222  
Email: godliefmesin@gmail.com

### **ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik minyak pirolisis sampah plastik dan membandingkannya dengan karakteristik dari bensin. Hal yang diteliti meliputi sifat fisik dan kimia minyak pirolisis, Sifat fisik yang diteliti meliputi viskositas dan massa jenis, sedangkan sifat kimia adalah nilai kalor. Penelitian dilakukan menggunakan plastik *Polypropylene* (PP), reaktor yang digunakan adalah reaktor sederhana dengan temperatur reaktor diatur pada suhu 250°C dengan variasi waktu 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kalor minyak pirolisis yaitu 10.296 kal/gr – 11.670 kal/gr berbanding dengan nilai kalor bensin yaitu 8.356 kal/gr, massa jenis yaitu 0,7678 – 0,78023 kg/l berbanding dengan massa jenis bensin yaitu 0,68 Kg/l dan viskositas yaitu 0,65 cP – 0,78 cP berbanding dengan viskositas bensin yaitu 0,652 cp

*Kata Kunci: Pirolisis, Plastik PP, Minyak pirolisis, Bahan bakar*

### **ABSTRACT**

*The research was conducted in order to know characteristic of pyrolysis oil from plastic wastes and compared it with characteristic of gasoline. The study covered not only physical properties but also chemical property. Physical properties included viscosity and density while chemical property was calorific value. The types of plastic were Polypropylene (PP). were pyrolysed in the batch pyrolysis reactor where the temperature was controlled at 250°C with variation of time were an hour, 2 hours and 3 hours. The reactor batch used was a simple design reactor. The result of experiment pointed out that calorific value of pyrolysis oil were 10.296 kal/gr to 11.670 kal/gr compared with calorific value of gasoline were 8.356 kal/gr, density of pyrolysis oil were 0,7678 – 0,78023 kg/l compared with density of gasoline were 0,68 Kg/l and viscosity of pyrolysis oil were 0,65 cP – 0,78 cP compared with viscosity of gasoline were 0,652 cp*

*Keywords: Pyrolysis, PP Plastic, pyrolysis oil, fuel.*

### **PENDAHULUAN**

Peningkatan konsumsi energi dan peningkatan timbunan sampah merupakan dua permasalahan besar yang muncul seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Di Indonesia, konsumsi energi di berbagai sektor seperti transportasi, industri dan energi listrik untuk rumah tangga tercatat terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata - rata pertahun sebesar 5,2%, sebaliknya cadangan energi nasional yang semakin menipis menimbulkan kekhawatiran akan krisis energi di masa mendatang jika tidak ditemukan sumber-sumber energi yang baru.

Indonesia yang merupakan negara dengan konsumsi bahan bakar fosil tertinggi, konsumsi minyak bumi Indonesia tahun 2005 sekitar 1,6 juta barel per hari, sedangkan pada tahun 2006 mencapai 1,84 barel per hari, padahal negara-negara lain seperti Jepang dan Jerman pada tahun yang sama hanya mengonsumsi kurang dari 1 juta barel per hari (Zuhra et al, 2003).

Melepaskan gas-gas, antara lain karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), dan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) yang menyebabkan pencemaran udara (Damanhuri, E. 2009). Melihat dampak negatif yang begitu besar dari pemanfaatan energi fosil maka perlu dilakukan upaya penelitian terhadap bahan bakar alternatif

yang diharapkan bisa dipakai secara luas bagi masyarakat serta ramah lingkungan. Salah satu energi alternatif yaitu pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan bakar primer yang diharapkan dapat menjadi salah satu solusi permasalahan krisis energi.

Plastik memiliki sifat dapat diuraikan dalam tanah dengan waktu yang sangat lama sekitar kurang lebih 5 tahun sehingga keberadaannya hanya sebagai limbah dan menyebabkan masalah bagi lingkungan. Plastik berasal dari bahan polyethylene yang di bagi menjadi dua, yaitu High Density Polyethylene (HDPE) dan juga Low Density Polyethylene (LDPE). Plastik yang berasal dari bahan HDPE banyak di gunakan sebagai bahan botol minuman, sedangkan LDPE di gunakan sebagai kantong plastik.

## MATERI DAN METODE

### Pirolisis

Pirolisis adalah suatu proses dekomposisi suatu bahan secara termal tanpa oksigen. Proses dekomposisi pada pirolisis ini juga sering disebut dengan devolatilisasi. Produk utama yang dihasilkan dari pirolisis adalah arang (char), minyak dan gas. Arang yang terbentuk dapat digunakan untuk bahan bakar ataupun digunakan sebagai karbon aktif. Bio-oil yang dihasilkan dapat digunakan sebagai zat aditif atau campuran dalam bahan bakar. Sedangkan gas yang terbentuk dapat dibakar secara langsung (Sampath,S.S & Babu,B.B., 2005). Pirolisis dari biomasa akan menghasilkan zat baru seperti gas dan arang. Minyak akan terjadi pada proses kondensasi dari gas yang terbentuk, disebut juga bio-oil.

Pirolisis dapat dibedakan menjadi tiga tipe : *flash pyrolysis* (pirolisis sangat cepat), *fast pyrolysis* (pirolisis cepat) dan *slow pyrolysis* (pirolisis lambat). berdasarkan temperatur, laju pemanasan dan waktu tinggal.

### Plastik

Plastik adalah suatu material organik sintetik atau material organik semisintetik. Plastik berasal dari bahasa Yunani yaitu

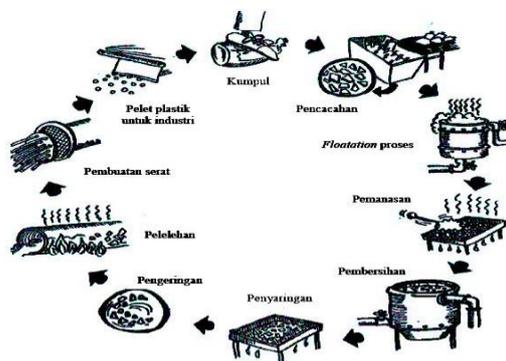
“*Platikos*” artinya kemudahan untuk dibentuk atau dicetak. Atau “*Platos*” artinya dicetak, karena sifat plastik yang mudah dicetak atau kekenyalannya dalam pembuatan yang membuatnya mudah dibuat. Ada dua macam tipe plastik yaitu *Thermoplastics* dan *Thermosetting Polymer*. *Thermoplastics* adalah jenis plastik yang tidak mengalami perubahan komposisi kimia ketika dipanaskan dan dapat dicetak kembali, misalnya *Polyethylene*, *polystrene*, *polyvinyl chloride* dan *polytetrafluoroethylene* (PTFE). *Thermosetting* dapat dicairkan dan dibentuk tetapi hanya sekali. Setelah menjadi padat mereka akan tetap padat. Material dasar plastik berasal dari gas alam dan minyak bumi. Plastik akan terurai ketika dipanaskan beberapa ratus derajat Celsius. Kebanyakan plastik tersusun atas polimer dan karbon, dan hidrogen dengan oksigen, nitrogen, *chlorin* atau sulfur. Plastik juga merupakan material yang berbasah dasar polimer, contohnya adalah *polypropylene* (PP), *polyvinyl chloride* (PVC), *high density polyethylene* (HDPE), *linier low density polyethylene* (LLDPE), *low density polyethylene* (LDPE), *polyester thermoplastics* (PETE), *polystrene* (PS), dan *phenolic*. (Caglar, A & Aydinli, B. 2009).

Di balik segala kelebihannya, limbah plastik menimbulkan masalah bagi lingkungan. Penyebabnya adalah sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dengan cepat dalam tanah. Untuk mengatasinya, para pakar lingkungan dan ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu telah melakukan berbagai penelitian dan tindakan. Salah satunya dengan cara mendaur ulang limbah plastik. Namun, cara ini tidak terlalu efektif karena hanya sekitar 4% yang dapat didaur ulang, sisanya menggenangi di tempat penampungan sampah. Mengolah sampah plastik kresek menjadi kantong kresek lagi atau produk plastik lower grade lainnya merupakan salah satu usaha untuk menanggulangi masalah sampah plastik, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1 (Macklin, B. P., 2009).

### Plastik Polypropylene (PP)

Polipropilena merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas

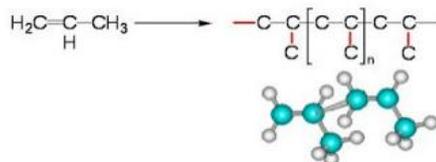
propilena. Polipropilena mempunyai Transisi gelas ( $T_g$ ) yang cukup tinggi ( $190^{\circ}\text{C}$ – $200^{\circ}\text{C}$ ), sedangkan titik kristalisasinya antara  $130^{\circ}\text{C}$ – $135^{\circ}\text{C}$ . Polipropilena mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (chemical resistance) yang tinggi, tetapi ketahanan pukulnya rendah (Mujiarto, 2005). Konduktivitas terhadap panas rendah ( $0,12 \text{ w/m}$ ), tegangan permukaan yang rendah, kekuatan benturan yang tinggi, tahan terhadap pelarut organik, bahan kimia anorganik, uap air, minyak, asam dan basa, isolator yang baik tetapi dapat dirusak oleh asam nitrat pekat, dan mudah terbakar oleh nyala yang lambat merupakan sifat yang dimiliki oleh plastik polipropilena



Gambar 1. *Life-cycle* botol plastik (Macklin, B. P., 2009)

Sifat kimia dari polipropilena mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap bahan kimia anorganik non pengoksidasi, deterjen, alkohol dan sebagainya. Tetapi polipropilena dapat terdegradasi oleh zat pengoksidasi seperti asam nitrat dan hidrogen peroksida. Sifat kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan daya regangannya tinggi, kaku dan keras (Ningsih, 2010).

Struktur kimia dari polipropilena adalah  $(\text{C}_3\text{H}_6)_n$ :



Gambar 2 struktur kimia polipropilena

### Syarat Bahan Bakar dalam Pemakaian

Ada beberapa tipe bahan bakar dan pelumas yang digunakan pada kendaraan bermotor. Beberapa diantaranya berisi racun dan zat kimia yang mudah terbakar dan ini harus di tangani dengan hati-hati. Penggunaan tipe bahan bakar atau pelumas disesuaikan dengan karakteristik terhadap kebutuhan, agar tidak terjadi kesalahan yang menyebabkan kerusakan pada mesin pembangkit tenaga. Pemakaian bahan bakar yang tidak sesuai dengan karakter mesin mungkin dapat menyebabkan kerusakan pada sistem kerja mesin maupun efek yang lain, yaitu berupa polusi lingkungan. Oleh karena itu sangatlah penting bagi kita untuk mengetahui perbedaan tipe karakteristik pelumas dan bahan bakar, beserta cara penanganannya yang benar.

Sampai saat ini bahan bakar yang biasa di gunakan pada mobil dan sebagian kendaraan bermotor adalah bensin dan solar (Diesel), dan beberapa negara ada yang menggunakan alkohol, LPG dan bahan bakar lainnya. Namun demikian secara garis besar penjelasan dan penggunaan tentang bahan bakar yang ada dipasaran umum, yaitu berupa bensin dan solar (Diesel).

### Bahan bakar bensin

Bensin mengandung hidro karbon hasil sulingan dari produksi minyak mentah. Bensin mengandung gas yang mudah terbakar, umumnya bahan bakar ini di pergunakan untuk mesin dengan pengapian busi. Sifat yang di miliki bensin antara lain :

- Mudah menguap pada temperatur normal,
- Tidak berwarna, tembus pandang dan berbau,
- Titik nyala rendah ( $-10^{\circ}$  sampai  $-15^{\circ}\text{C}$ ),
- Berat jenis rendah ( $0,60 \text{ s/d } 0,78$ ),
- Dapat melarutkan oli dan karet,
- Menghasilkan jumlah panas yang besar ( $9,500 \text{ s/d } 10,500 \text{ kcal/kg}$ ),
- Setelah di bakar sedikit meninggalkan karbon.

Adapun syarat-syarat bensin yang baik dan memberikan kerja mesin yang lembut, yaitu : (1) Mudah terbakar, artinya mampu tercipta pembakaran serentak di dalam ruang bakar dengan sedikit knocking atau dentuman, (2) Mudah menguap, artinya bensin harus mampu membentuk uap dengan mudah untuk

memberikan campuran udara dengan bahan bakar yang tepat saat menghidupkan mesin yang masih dingin, (3) Tidak beroksidasi dan bersifat pembersih, artinya sedikit perubahan kualitas dan perubahan bentuk selama di simpan. Selain itu juga bensin harus mencegah pengendapan pada sistem intake, (4) Angka octane, adalah suatu angka untuk mengukur bahan bakar bensin terhadap daya anti knock characteristic. Bensin dengan nilai oktan yang tinggi akan tahan terhadap timbulnya *engine knocking*.

### Bahan bakar Diesel

Bahan bakar Diesel biasa juga di sebut dengan *light oil* atau solar, yaitu suatu campuran dari hidro karbon yang telah di destilase setelah bensin dan minyak tanah dari minyak mentah pada temperatur 200°C sampai 340°C. Bahan bakar jenis ini atau biasa disebut sebagai bahan bakar solar sebagian besar digunakan untuk menggerakkan mesin Diesel. Bahan bakar Diesel mempunyai sifat utama sebagai berikut :

- Tidak berwarna atau sedikit kekuning-kuningan dan berbau.
- Encer dan tidak menguap di bawah temperatur normal.
- Titik nyala tinggi (40°C sampai 100°C).
- Terbakar spontan pada 350°C, sedikit di bawah bensin.
- Berat jenis 0,82 s/d 0,86.
- Menyebabkan panas yang besar (10,500 kcal/kg).
- Mempunyai kandungan sulfur yang lebih besar di banding dengan bensin.

Syarat-syarat penggunaan solar sebagai bahan bakar harus memperhatikan kualitas solar, antara lain adalah sebagai berikut: (1) Mudah terbakar, artinya waktu tertundanya pembakaran harus pendek/singkat, sehingga mesin mudah dihidupkan. Solar harus memungkinkan kerja mesin yang lembut dengan sedikit knocking, (2) Tetap encer pada suhu dingin (tidak mudah membeku), menunjukkan Solar harus tetap cair pada suhu rendah sehingga mesin akan mudah di hidupkan dan berputar lembut, (3) Daya pelumasan, artinya Solar juga berfungsi sebagai bahan bakar dan pelumas untuk pompa injeksi dan nosel. Oleh karena itu harus mempunyai sifat dan daya lumas yang baik, (4) Kekentalan, berkaitan dengan

syarat melumas dalam arti Solar harus memiliki kekentalan yang baik sehingga mudah untuk dapat di semprotkan oleh injektor, (5) Kandungan sulfur, karakteristik Sulfur yang dapat merusak pemakaian komponen mesin sehingga mempersyaratkan kandungan sulfur solar harus sekecil mungkin (< 1 %), dan (6) Angka cetane, Yaitu suatu cara untuk mengontrol bahan bakar solar dalam kemampuan untuk mencegah terjadinya knocking, tingkat yang lebih besar memiliki kemampuan yang lebih baik

### Viskositas ( $\eta$ )

Viskositas bisa diartikan sebagai kemampuan suatu zat untuk mengalir pada suatu media tertentu. Salah satu cara mengukur besarnya nilai viskositas zat cair adalah dengan menggunakan viskosimeter oswald.

Cara pengukuran menggunakan viskosimeter oswald adalah dengan membandingkan dua jenis fluida yaitu aquadest dengan zat cair lainnya, masing-masing dengan kekentalan  $\eta_a$  dan  $\eta_x$ , keduanya memiliki volume yang sama dan mengalir melalui pipa yang ukurannya sama. Karena kedua zat alir memiliki volume yang sama tetapi kekentalannya berbeda, maka debit keduanya juga berbeda, sehingga waktu yang diperlukan untuk mengalirkan *aquadest* dan zat cair tersebut dengan volume yang sama juga berbeda, persamaan yang digunakan

$$\eta_x = \frac{t_x \rho_x \eta_a}{t_a \rho_a} \quad (1)$$

dengan :

- $\eta_a$  = kekentalan air (cp).
- $\eta_x$  = kekentalan zat cair (cp).
- $t_a$  = waktu alir air (S).
- $t_x$  = waktu alir zat cair yang di uji (S).
- $\rho_a$  = massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>).
- $\rho_x$  = massa jenis zat cair (kg/m<sup>3</sup>).

### Nilai Kalor

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. Nilai kalor bahan bakar

dapat diketahui dengan menggunakan kalorimeter. kalorimeter yang digunakan dalam penelitian ini adalah kalorimeter bomb Toshiwal Ltd.



Gambar 3 Kalorimeter *bomb* Toshiwal Ltd.

Bahan bakar yang akan diuji nilai kalornya dibakar menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut bom dan dibenamkan didalam air. Bahan bakar yang bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan kalor, hal ini menyebabkan suhu kalorimeter naik. Untuk menjaga agar panas yang dihasilkan dari reaksi bahan bakar dengan oksigen tidak menyebar ke lingkungan luar maka kalorimeter dilapisi oleh bahan yang bersifat isolator. Untuk mengetahui nilai kalor dari bahan bakar tersebut dihitung menggunakan rumus:

$$H = \frac{(W)(\Delta T) - (E_{wl} + E_{tl}) - (E_g)(M_g)}{M_t - M_g} \quad (2)$$

(Manual Book Toshiwal Technologies.Ltd)

Dengan :

H = Nilai kalor dari sampel (kalori/gr)

W = Kapasitas panas calorimeter bomb (kalori/<sup>0</sup>C).

$\Delta T$  = Peningkatan temperature (<sup>0</sup>C)

$E_{wl}$  = Nilai kalor dari kawat yang tersisa (kalorigram).

$E_{tl}$  = Nilai kalor dari benang woll yang tersisa (kalorigram).

$E_g$  = Nilai kalor kapsul gelatin (kalorigram).

$M_g$  = Massa gelatin kapsul (gram).

$M_t$  = Massa total yaitu massa sampel + massa kapsul gelatin (gram).

Namun sebelum melakukan pengujian nilai kalor menggunakan calorimeter bomb, perlu dilakukan kalibrasi untuk mengetahui Kapasitas panas dari calorimeter. Kapasitas panas kalorimeter dapat diukur dengan cara membakar zat standar (Asam Benzoat) yang

sudah diketahui H nya ( $H_{\text{asam benzoat}} = 6318$  kalori/gr) atau biasa disebut juga kalibrasi. Rumus kapasitas panas calorimeter yaitu:

$$W = \frac{(M)(H)}{\Delta T} \quad (3)$$

(Manual Book Toshiwal Technologies.Ltd)

## METODE

Metode pengambilan data dilakukan menggunakan reaktor sederhana dengan suhu 250<sup>0</sup>C di karenakan beberapa alasan seperti :

- Keterbatasan alat yang digunakan.
- Titik kristalisasi plastik PP berada di bawah 200<sup>0</sup>C

Metode yang digunakan untuk analisis data hasil proses pirolisis pada penelitian ini adalah metode penelitian nyata (*true experimental research*), sedangkan analisa yang digunakan adalah Analisa Matematis, menggunakan rumus – rumus yang ada untuk menganalisa minyak pirolisis plastik PP

## Bahan Dasar Awal

Penelitian pirolisis sampah plastik jenis pp (*polypropylene*) menjadi minyak pirolisis sebagai bahan bakar primer dengan menggunakan reaktor sederhana. Bahan baku yang digunakan adalah plastik *cup* bekas air mineral. Seperti pada Gambar 4 di bawah ini



Gambar 4. Bahan baku plastik polypropylene (PP)

Berturut-turut bagian dari reaktor sederhana terdiri atas (a) reaktor tempat terjadinya proses pirolisis yang terbuat dari tabung bekas *refrigrant*, (b) kompor gas berbahan bakar LPG (*liquid petrolium gas*), (c) pipa ½ dim yang menghubungkan reaktor dengan kondensor, (e) reflag yang berfungsi sebagai kondensor yang merubah gas hasil pirolisis menjadi minyak (kondensasi), (f)

ember berisi air lengkap dengan pompa air untuk sirkulasi air pendingin dari dan ke *reflag* dan (g) selektor yang termasuk dalam perangkat *thermocouple reader* untuk membaca suhu dalam reaktor pirolisis.

Hasil dari proses pirolisis adalah berupa cairan yang disebut minyak pirolisis. Seperti terlihat pada Gambar 6



Gambar 6 Minyak hasil pirolisis

Minyak hasil pirolisis berwarna kekuningan mirip dengan bensin yang ada di pasaran, mudah terbakar, namun berbau sangat menyengat jika terhirup. Selain minyak, adapun hasil dari proses pirolisis lainnya adalah *char* atau arang. *Char* seperti pada Gambar 4.4 terbentuk dari penguraian atau dekomposisi plastik di dalam reaktor pirolisis, *char* dengan kata lain adalah sisa plastik yang masih berada di dalam reaktor. *Char* dapat di manfaatkan sebagai karbon aktif. Ciri – ciri *char* yaitu berwarna kekuningan, berbentuk seperti padatan dan berbau sangat menyengat.

Gambar dari *char* dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini:



Gambar 8 Char atau arang sisa pirolisis

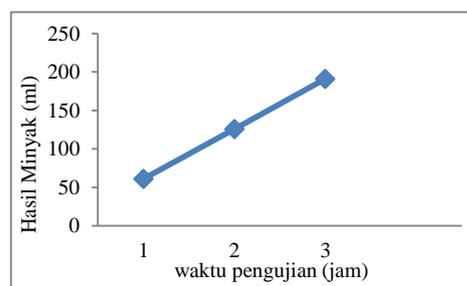
Proses pirolisis yang di lakukan terhadap plastik PP (*Polypropylene*) pada suhu 250<sup>o</sup>c dengan variasi waktu yaitu 1 jam, 2 jam dan 3 jam menghasilkan minyak pirolisis yang memiliki jumlah yang berbeda, tergantung pada lamanya proses berlangsung. Semakin lama proses pirolisis dilakukan maka akan semakin banyak minyak yang di hasilkan, namun dalam

penelitian ini berhenti pada 3 jam saja hal ini disebabkan massa dari bahan plastik dalam reaktor habis sejalan bertambahnya waktu pengujian. Sedangkan *char* yang dihasilkan pada penelitian ini berbanding terbalik dengan minyak yang dihasilkan

Berikut adalah tabel hasil dari proses pirolisis pada suhu 250<sup>o</sup>c dengan variasi waktu: Tabel 1. Hasil minyak pirolisis suhu 250<sup>o</sup>C dengan variasi waktu proses 1 jam, 2 jam dan 3 jam.

| Waktu (Jam) | Hasil (ml) |
|-------------|------------|
| 1           | 61         |
| 2           | 126        |
| 3           | 191        |

Pada tabel terlihat bahwa dengan bertambahnya waktu, hasil minyak pirolisis semakin bertambah. Dari data pada tabel di dapatkan grafik dari pengaruh lama waktu pengujian terhadap hasil pirolisis dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9 Grafik pengaruh lama waktu pengujian terhadap hasil minyak pirolisis

Dari Gambar 9 grafik, hasil minyak hasil pirolisis berbanding lurus terhadap lamanya proses. Semakin lama proses pirolisis di lakukan maka semakin banyak minyak pirolisis yang di hasilkan, pada proses pirolisis 1 jam proses penyerapan kalor oleh bahan baku (plastik) hingga mencapai kesetimbangan thermal dan plastic berubah fasa menjadi gas berlangsung dalam rentang waktu yang singkat (1 jam) sehingga gas yang terkondensasi memiliki hasil minyak pirolisis yang lebih sedikit di bandingkan proses pirolisis 2 jam dan 3 jam yang memiliki waktu proses yang lebih lama. hal inilah yang menyebabkan minyak pirolisis yang di hasilkan lebih banyak pada proses 2 jam dan 3 jam karena semakin banyak gas yang di

ubah fasenya menjadi cairan melalui proses kondensasi pada proses pirolisis 2 jam dan 3 jam. Sedangkan *char* berbanding terbalik dengan minyak, *char* yang dihasilkan akan semakin sedikit jika proses pirolisis yang dilakukan semakin lama atau dengan kata lain, semakin lama proses pirolisis maka *char* yang tersisa di dasar reaktor akan semakin sedikit. Ini di karenakan semakin banyak bahan plastik yang meleleh berubah ke fase gas yang mengalir keluar melalui pipa dan berubah menjadi minyak pada unit pendingin (*reflag*). Oleh karena itu, dalam penelitian pirolisis ini proses dihentikan pada lama proses 3 jam karena dikhawatirkan bahan baku plastik dalam reaktor habis karena terdekomposisi.

### Pengujian Nilai Kalor

Nilai kalor bahan bakar menunjukkan energi panas yang dilepaskan pada proses pembakaran per satuan massa. Hasil pengujian nilai kalor yang dilakukan menggunakan Kalorimeter Bomb Toshiwal Ltd dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

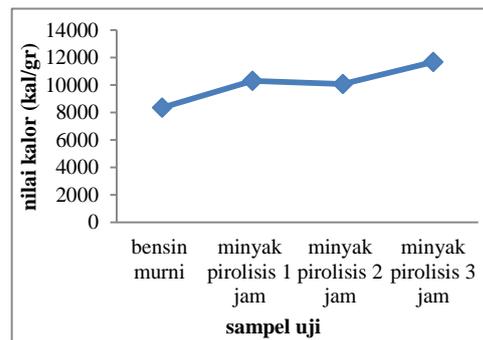
Tabel 2. Nilai kalor minyak pirolisis dan bensin

| Sampel                 | Nilai Kalor (kal/gr) |
|------------------------|----------------------|
| Bensin Murni           | 8.356                |
| Minyak pirolisis 1 jam | 10.295               |
| Minyak pirolisis 2 jam | 10.062               |
| Minyak pirolisis 3 jam | 11.670               |

Dari tabel terlihat bahwa nilai kalor pada ketiga sampel dengan perilaku waktu yang berbeda menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibanding nilai kalor bensin murni. Hal ini disebabkan karena hasil pirolisis belum mengalami pemurnian sedangkan bensin pasaran sudah mengalami pemurnian

Nilai kalor bahan bakar apabila digambarkan dalam bentuk grafik terlihat seperti Gambar 10 dibawah ini. Dari Gambar 10 terlihat, nilai kalor tertinggi terjadi pada minyak pirolisis dengan lama proses 3 jam yaitu 11.670 kal/gr dan terendah yaitu 10.062 kal/gr pada lama reaksi 2 jam. Jika di lihat dari hasil pengujian nilai kalor dengan menggunakan *Calorimeter Bomb Toshiwal Ltd*, nilai kalor dari minyak pirolisis secara keseluruhan berada di

atas nilai kalor bensin murni yang berada pada 8.356 kal/gr. dari grafik juga terlihat bahwa nilai kalor minyak pirolisis memiliki nilai yang semakin meningkat seiring penambahan waktu proses. Sehingga bisa di katakan bahwa waktu yang semakin lama mempengaruhi nilai kalor dari sampel yang di uji. Karena semakin lama sampel diproses di dalam reaktor semakin banyak plastik yang terdekomposisi dan mengalami perengkahan di akibatkan semakin lamanya panas berkontak dengan plastik PP di dalam reaktor. Dalam penelitian ini waktu proses hanya sampai 3 jam setelah itu di hentikan karena dalam proses di dalam reaktor di khawatirkan sampel plastik akan habis.



Gambar 10 Grafik Perbandingan Nilai Kalor Minyak Pirolisis Vs Bensin Murni

Seperti dilihat dalam Gambar 10, sampel 1 yang di panaskan selama 1 jam memiliki nilai kalor yang lebih rendah di dibandingkan sampel 2 yang di proses lebih lama yaitu selama 2 jam. Nilai kalor dari setiap sampel berbeda walaupun suhu yang digunakan dalam penelitian ini sama yaitu 250°C, hal ini di pengaruhi oleh reaktor yang digunakan tidak dapat menjaga suhu dalam reaktor tetap konstan, akibatnya nilai kalor yang dihasilkan pun berbeda beda. Rata – rata suhu di dalam reaktor untuk sampel 1 yang di proses selama 1 jam yaitu 256,81°C sedangkan untuk sampel 2 rata – rata suhu di dalam reaktor adalah 250,78°C. dan untuk sampel ke 3 dengan lama proses 3 jam rata – rata suhu di dalam reaktornya adalah yang terbesar yaitu 258,03°C. Tujuan di lakukannya perataan suhu dalam reaktor ini adalah untuk membuktikan bahwa selain waktu proses, suhu pirolisis berpengaruh pada nilai kalor minyak pirolisis yang dihasilkan. Ini di

buktikan dengan nilai kalor pada pirolisis 2 jam yang mengalami penurunan karena suhu rata-ratanya lebih kecil di banding dengan suhu pada pirolisis 1 jam. Sehingga dapat di simpulkan nilai kalor minyak pirolisis dipengaruhi semakin tinggi suhu pirolisis dan lama waktu pirolisis berlangsung. Karena semakin banyak unsur kimia dalam plastik yang terdekomposisi dengan kualitas yang semakin baik sehingga nilai kalornya pun akan semakin baik

### Pengujian Massa Jenis

Hasil perhitungan massa jenis minyak pirolisis disajikan dalam tabel Tabel 3. Massa jenis minyak pirolisis dengan suhu 250°C

| Sampel          | Massa jenis Kg/m <sup>3</sup> |
|-----------------|-------------------------------|
| Pirolisis 1 Jam | 0.76782                       |
| Pirolisis 2 Jam | 0.77628                       |
| Pirolisis 3 Jam | 0.78023                       |

Tabel 4. Massa jenis beberapa fluida

| Jenis Fluida  | Massa Jenis (Kg/L) |
|---------------|--------------------|
| Bensin        | 0,68               |
| Alkohol Alkil | 0,79               |
| Aiar Laut     | 1,025              |
| Raksa         | 13,6               |
| Air (4o)      | 1                  |
| Udara         | 1,29               |
| Minyak Tanah  | 0,78-0,81          |

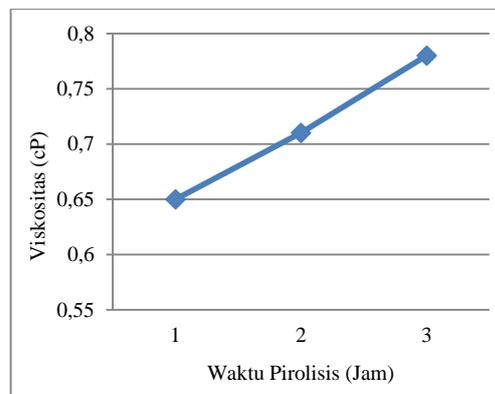
Sumber : Giancoli, D. C., 1997

Nilai massa jenis dari minyak pirolisis yang di timbang setelah pengujian nilai kalor pada penelitian ini berkisar antara 0.76782 – 0.78023 g/ml dengan massa jenis terendah pada sampel 1 dan tertinggi pada sampel 3. Sampel 3 memiliki massa jenis tertinggi karena sampel 3 memiliki lama waktu proses pirolisis terlama yaitu 3 jam, dimana semakin lama waktu proses pada pirolisis 3 jam, volume minyak pirolisis yang di hasilkan semakin banyak dengan massa cairan semakin berat. Dimana massa cairan saat di timbang didapati berat cairan berturut – turut yaitu 3,8391 gr untuk sampel 1 jam, 3,8814 gr untuk sampel 2 jam dan 3,9010 gr untuk sampel 3 jam. Jadi bisa di simpulkan bahwa semakin lama proses pirolisis dengan suhu 250°C di lakukan maka semakin berat massa jenis cairan yang di hasilkan karena semakin banyak

molekul berat yang ikut terdekomposisi.

Data pada Tabel di atas menunjukkan bahwa massa jenis minyak pirolisis PP berada di antara bensin (0.68) dan alkohol alkil (0.79) juga minyak tanah (0.78 – 0.81) namun masih berada di bawah massa jenis air yaitu 1 Kg/m<sup>3</sup>.

### Pengujian Viskositas



Gambar 11. Grafik Pengaruh Lama Waktu Pirolisis Terhadap Viskositas Minyak Pirolisis

Dari data pada Gambar 11, dapat dilihat jika viskositas atau kekentalan cairan hasil pirolisis plastik PP pada suhu 250°C memiliki rentang dari 0,65 cP sampai dengan 0,78 cP dengan kekentalan terendah pada sampel ke 1 (proses pirolisis selama 1 jam). Ini disebabkan karena suhu dalam reaktor dan lamanya proses pirolisis berpengaruh terhadap viskositas dari minyak pirolisis tersebut. Viskositas turut di pengaruhi juga oleh massa jenis, dimana semakin berat massa jenis cairan maka viskositasnya akan semakin tinggi, karena semakin berat massa jenis maka semakin banyak partikel yang terkandung di dalamnya yang menghambat aliran fluida karena partikelnya bergesekan.

Jika dilihat bahwa viskositas dari bensin yaitu 0,652 cP memiliki nilai cukup sebanding dengan minyak pirolisis yaitu di kisaran 0,66 cP – 0,78 cP. Namun jika dilihat dari pergerakan fluidanya, minyak pirolisis memiliki pergerakan fluida yang lebih lambat dari pada bensin atau dapat di katakan bahwa minyak pirolisis sedikit lebih kental di banding bensin murni yang di pasarkan.

## SIMPULAN

- Nilai kalor minyak pirolisis yang dihasilkan melalui proses pirolisis menggunakan reaktor sederhana memiliki nilai kalor berkisar antara 42.13 kJ/Kg – 48.86 kJ/Kg dengan nilai kalor tertinggi pada pengujian pirolisis selama 3 jam. karena semakin tinggi suhu pirolisis dan semakin lama waktu proses pirolisis dilakukan maka semakin banyak unsur kimia dalam plastik yang terdekomposisi dengan kualitas yang semakin baik sehingga nilai kalornya pun akan semakin baik.
- Massa jenis minyak pirolisis berturut – turut adalah 0.76782 pada pirolisis 1 jam, 0.77628 pada pirolisis 2 jam dan 0.78023 pada pirolisis 3 jam sedangkan viskositas minyak pirolisis yang di hasilkan adalah 0.926 cP untuk pirolisis 1 jam, 0.927 untuk pirolisis 2 jam dan 0.772 untuk pirolisis 3 jam.
- Perbandingan sifat fisik dan sifat mekanis dari minyak pirolisis dan bensin dalam penelitian ini nilai kalor minyak pirolisis yaitu antara 10.295 kal/gr – 11.670 kal/gr, sedangkan bensin murni 8.356, massa jenis minyak pirolisis antara 0.7628 – 0.78023 Kg/L sedangkan bensin murni 0.68 Kg/L, dan viskositas minyak pirolisis 0.65 – 0.78 cP sedangkan bensin murni 0.65 cP.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aydinli, B. & Caglar, A., 2010, “*The Comparison Of Hazelnut Shell Co-Pyrolysis With Polyethylene Oxide And Previous Ultra High Molecular Weight Polyethylene*” *Journal Of Analytical And Applied Pyrolysis*. 87, 263-268.
- [2] Besler, S., Williams, T.P., 1996, “*The Influence Of Temperature And Heating*”, *Journal Of Analytical And Applied Pyrolysis*. 89, 333-339
- [3] Boy Macklin Pereira, 2009, Daur Ulang Limbah Plastik. Available from : URL :<http://www.ecoreccycle.vic.gov.au>
- [4] Evans, R., 2004, “*Option For Renewable Hydrogen Technologies*”.*Energy & agricultural carbon utilization*. 86, 304-309.
- [5] Peters, J.H., Barry, M., Fraser, N., and Collin, E.S., 1995, *The Copyrolysis of Poly (Vinyl Chloride) with Cellulose Derived Materials as A Models. for Municipal Solid Waste Derived Chars, Fuel*.
- [6] Purwanti Ani dan Sumarni, 2008, Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)*. AKPRIND. Yogyakarta.
- [7] Diktat Ilmu Bahan, Bahan Bakar Dan Pelumas., 2016
- [8] Wibowo A. S. Adji, 2011, Studi Sifat Minyak Pirolisis Campuran Biomassa Dan Sampah Plastik PP. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [9] Manual Boof Of Oxygen Bomb Calorimeter Tohsiwal Technologies Pvt. Limited.

