

Pengujian Dan Pembuatan Mesin Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Pemanfaatan Limbah Oli Sebagai Bahan Bakar Utama

Indra Wahyu Saputra^{1*}, Aa Santosa¹, Viktor Naubnome¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia, 41361

ABSTRAK

Limbah plastik merupakan hal umum yang ada disekitar kita. Penggunaan yang berlebih dapat mempengaruhi dan mencemari lingkungan. Oleh karena itu harus dilakukan proses *recycling*. Penelitian ini menggunakan metode pirolisis untuk mengubah plastik menjadi bahan bakar. Jenis plastik yang digunakan adalah PET (*polyethylene Terephthalate*). Pembuatan alat terdiri dari ruang pembakaran, reaktor, pipa penghubung, kondenser dan wadah minyak hasil pirolisis. Metode penelitian ini melakukan proses pirolisis pada temperatur 430°C pada waktu reaksi 0-75 menit. Pengujian yang dilakukan menggunakan 3 kg sampah plastik PET dengan pengaturan katup sebesar ¼, ½ dan 1 yang nantinya akan menghasilkan minyak sebanyak 220 mL dari bukaan ¼ dengan waktu 70 menit, sebanyak 280 mL dari bukaan ½ dengan waktu 60 menit dan 230 mL dari bukaan penuh dengan waktu 75 menit. Dari hasil pengujian dapat ditentukan bahwa hasil yang paling optimal adalah pengaturan katup sebesar ½ karena dapat menghasilkan minyak yang lebih banyak dalam waktu yang singkat.

Kata kunci : bahan bakar cair; pirolisis; sampah plastik PET

ABSTRACT

Plastic waste is a common thing around us. The using of it in a large scale could be affect and contaminate the environment. Therefore, the recycling process is one of the other way. This research uses pyrolysis method to convert plastic waste into fuel. The type of plastic that uses in this research is PET (polyethylene Terephthalate). The making of this machine consist of combustion chamber, reactor, connecting pipe, condenser and bucket space for oil from pyrolysis product. This research methods doing the process of pyrolysis in temperature 430°C at time reaction 0 to 75 minutes. The simulation is using the 3 kg plastic waste PET within settings valve 1/4, 1/2, and 1 which later will produce oil 220 mL from setting valve 1/4 with 70 minutes, 280 mL from setting valve 1/2 with 60 minutes and 230 mL from fully-opened with 75 minutes. From this simulation, it can be decided that the most optimum settings valve is 1/2 because the results of pyrolysis-oil is much more within the less combustion time.

Keywords : oil fuel; pirolisis; plastic waste PET

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah merupakan hal umum yang biasa kita temukan dalam kehidupan sehari-hari, namun belum bisa ditanggulangi secara masif. Seiring bertambahnya jumlah penduduk maka presentase kenaikan volume akibat sampah juga akan meningkat. Dapat dikatakan 60-70% sampah organik dan 30-40% sampah anorganik dihasilkan dari aktivitas penduduk itu sendiri. Sementara itu 14% dari sampah anorganik adalah

sampah plastik. Indonesia menduduki peringkat kedua setelah China yang menghasilkan sampah plastik diperairan sebesar 187,2 Ton. Permasalahan ini jika dibiarkan terus menerus akan berpotensi mencemari lingkungan. Bisa dikatakan sifat plastik dapat terurai di tanah dalam waktu lebih dari 20 tahun hingga 100 tahun, dampaknya adalah dapat menurunkan kesuburan tanah serta akan sulit terurai di perairan. (Pramiati, 2019)

* Penulis korespondensi

Email: indrawahyusaputraa@gmail.com

Diterima 31 Mei 2021; Disetujui 05 Agustus 2021

AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin 2022

Plastik memang memiliki sifat ekonomis, ringan dan praktis sebagai pengganti dari fungsi barang lain, namun hal itu akan menyebabkan sampah plastik terus meningkat dan ini menjadi masalah serius di lingkungan (Robert Napitulu, 2014)

Upaya mengantisipasi permasalahan sampah dan menciptakan lingkungan yang asri dan tertata sudah banyak dilakukan dari tingkat rumah tangga dan lingkungan sampai ke TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Kebutuhan pasokan energi juga sangat dibutuhkan oleh masyarakat banyak. Para peneliti pun melakukan berbagai cara untuk mendapatkan sumber daya energi baru terbarukan. Karna jika hal ini tidak dilakukan maka energi dari minyak bumi semakin lama akan semakin habis. (Yuspian Gunawan, 2018). Untuk menanggulangi sampah plastik serta memenuhi kebutuhan energi adalah dengan cara membuat energi alternatif dari sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. (Nuha Desi, 2018)

Pirolisis adalah metode alternatif untuk merubah sampah plastik menjadi bahan bakar. Yang berarti *Pyro* adalah panas, dan *lysis* adalah penguraian atau debragasi. Sehingga bermakna penguraian biomassa karena panas pada suhu lebih dari 150°C (Kamarudin A, 1999)

Ada beberapa jenis plastik yang sering diolah adalah polyethylena (PE), polypropylene (PP), polistirena (PS), polyethylene terephthalate (PET) dan polyvinyl chloride (PVC). (Untoro Budi, 2016). Plastik memiliki rate yang tinggi untuk dikonversi menjadi minyak, yang artinya bisa digunakan sebagai bahan bakar atau penyilangan bahan baku. Produk gas yang datang dari proses pirolisis dengan nilai kalori yang tinggi dapat digunakan sebagai bahan bakar. Pendaaurulangan dengan pirolisis mempunyai potensi yang tinggi untuk limbah plastik heterogen. (Martin Bajus, 2010)

Fadli Kasim (2018), melakukan penelitian dengan reaktor jenis *semi batch*. Sampah akan ditutup rapat dan dipanaskan, hasil keluaran akan terus mengalir dan terkondensat di pipa pendingin lalu terus mengalir ke tabung distilat. Dalam tabung distilat terdapat dua tabung yaitu gas yang dapat terkondensasi dan gas yang tidak dapat terkondensasi. Lalu gas yang tidak dapat terkondensasi akan mengalir ke tabung penyaring agar gas yang keluar menjadi lebih bersih.

Untoro Budi (2016) juga melakukan penelitian di laboratorium Universitas Gadjah Mada dengan metode eksperimen, peralatan yang digunakan ialah mesin pengubah sampah plastik

menjadi bahan bakar. Penelitian tersebut didapatkan informasi tentang pengujian dengan variasi jenis plastik.

Pembakaran pirolisis menghasilkan produk utama arang (*char*), asap cair (bio-oil) dan gas. Untuk mendapatkan hasil asap cair yang optimal sangat tergantung pada kondisi dan suhu. Air dengan suhu 20°C menghasilkan minyak 50% lebih banyak dibanding air dengan suhu normal. (Kemas Ridhuan, 2019)

Melihat permasalahan yang ada, kami mencoba mengembangkan alat yang dapat digunakan untuk mendaur ulang sampah plastik tersebut. Untuk sampah plastiknya sendiri kami menggunakan jenis plastik PP dan PET yang kami dapatkan dari beberapa rumah disekitar Bantargebang, Cileungsi dan Bekasi Utara. Juga ada beberapa yang kami ambil langsung dari pengumpul sampah plastik. Untuk bahan bakar utama menggunakan alternatif oli bekas mesin hidrolik sebagai pengganti bahan bakar gas.

METODE PENELITIAN

Menurut (Budiyantoro C, 2011) Plastik memiliki sifat termal yaitu titik lebur (Tm), temperatur transisi (Tg) dan temperatur dekomposisi.

Tabel 1. Data temperatur transisi dan temperatur lebur plastik

| Jenis Bahan | Tm (°C) | Tg (°C) | Temperatur kerja maks (°C) |
|-------------|---------|---------|----------------------------|
| PP | 168 | 5 | 80 |
| HDPE | 134 | -110 | 82 |
| LDPE | 330 | -115 | 260 |
| PA | 260 | 50 | 100 |
| PET | 250 | 70 | 100 |
| ABS | - | 110 | 85 |
| PS | - | 90 | 70 |
| MMA | - | 100 | 85 |
| PC | - | 150 | 246 |
| PVC | - | 90 | 71 |

Persamaan yang digunakan pada penelitian ini untuk memperoleh konduksi, konveksi serta debit dirumuskan pada persamaan

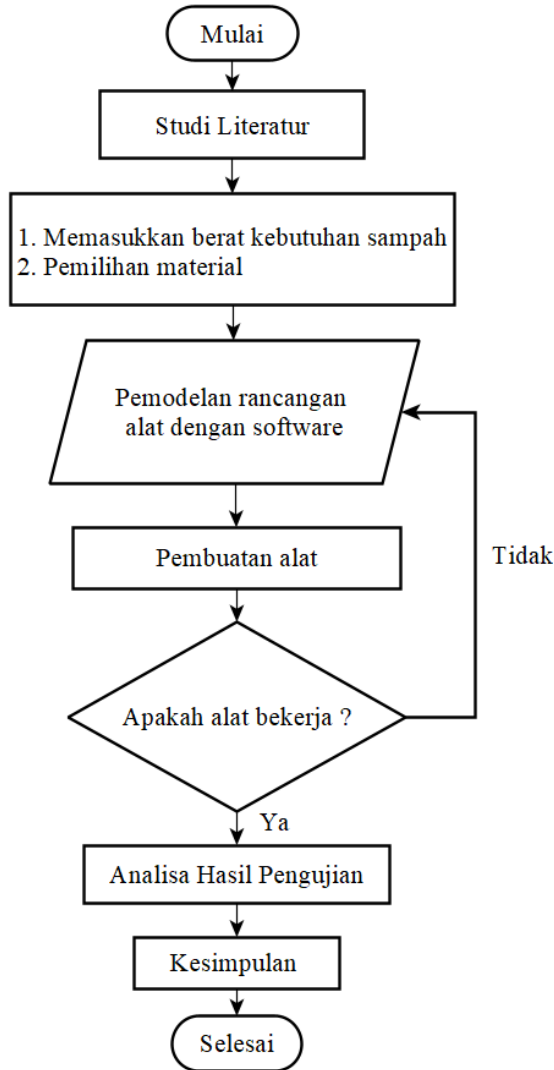
$$Q_{konduksi} = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots$$

$$q_{konveksi} = h \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots$$

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots$$

Dimana:

- $Q_{konduksi}$ = Laju perpindahan panas konduksi
- k = Konduktivitas termal bahan
- A = Luas penampang
- $\frac{dT}{dx}$ = Gradien temperatur dan penampang
- h = Koefisien perpindahan panas konveksi
- ΔT = Perubahan temperatur



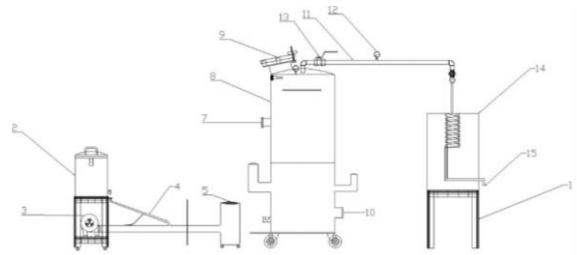
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip Kerja Mesin

Prinsip kerja mesin konversi bahan bakar menjadi minyak yaitu dengan mengandalkan pembakaran yang dihasilkan dari oli bekas hidrolik dari PT XYZ. Pertama-tama, sampah PET seberat 3 Kg dimasukkan melalui manhole sampah. Lalu oli

dialirkan dari wadah melalui kran ½ inch yang disetel setengah putaran, lalu saat oli sudah mulai dialirkan ke kompor, didalam kompor tersebut harus menggunakan pemantik. Dapat menggunakan kain perca yang ditambahkan sedikit bensin sebagai pembakaran awal. Lalu saat oli sudah mulai panas dan mulai terbakar, barulah blower dinyalakan agar api menjadi besar dan mampu memanaskan tungku pembakaran (reaktor). Disinilah terjadi proses perekahan (*cracking*) yang mengubah sampah menjadi cair lalu menguap. Uap panas tersebut kemudian naik keatas dan dialirkan melalui pipa yang langsung menuju pipa tembaga kondensor. Saat uap panas telah memasuki pipa tembaga kondensor, disitu terjadi proses kondensasi antara permukaan tembaga dengan fluida yang ada di kondensor. Lalu uap panas tadi menjadi cair dan dialirkan melalui keluaran minyak dari kondensor.



Gambar 2. Mesin Konversi Sampah Adapun keterangan dari alat tersebut akan disebutkan dibawah ini:

1. Rangka
2. Wadah oli bekas
3. Blower
4. *Piping line system combustion*
5. Kompor
6. Ruang pembakaran
7. *Manhole Maintenance*
8. Tungku pembakaran
9. Manhole sampah
10. *Fire hole*
11. Pipa penghubung kondensor
12. *Pressure gauge*
13. *Valve*
14. Kondensor
15. Keluaran minyak (bahan bakar)

Perhitungan Analisa

Adapun beberapa perhitungan yang dapat dicari dari pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Tekanan ideal pada tungku pembakaran

$$\frac{p_1 \cdot V}{n \cdot R \cdot T_1} = \frac{p_2 \cdot V}{n \cdot R \cdot T_2}$$

Perhitungan tekanan ideal yang terjadi pada tungku pembakaran ialah:

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot T_2}{T_1}$$

$$= \frac{1.573}{300}$$

$$= 1,91 \text{ atm} \approx 0,19 \text{ MPa} \approx 1.93 \text{ Bar}$$

2. Konduktivitas termal pada pipa penghubung kondensor

$$Q_{\text{konduksi}} = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q_{\text{konveksi}} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Lalu dapat dihitung pula konduktivitas termal pada pipa penghubung kondensor

$$h_1 = \frac{1}{\frac{103-40}{260} - \frac{\ln(\frac{0,0125}{0,011})}{15}}$$

$$h_1 = 4.27 \frac{W}{m^2 \cdot k}$$

3. Debit aliran oli

$$Q = \frac{V}{t}$$

- Valve bukaan 1/4 didapatkan volume oli 3500 mL dengan waktu 70 menit.

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0,0035m^3}{4200s} \quad Q = 8,33 \times 10^{-7} \frac{m^3}{s}$$

- Valve bukaan 1/2 didapatkan data volume oli 3000 mL dengan waktu 60 menit

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0,003m^3}{3600s}$$

$$Q = 8,33 \times 10^{-7} \frac{m^3}{s}$$

- Valve bukaan penuh didapatkan data volume oli 3800 mL dengan waktu 75 menit

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0,0038m^3}{4500s}$$

$$Q = 8,44 \times 10^{-7} \frac{m^3}{s}$$

Pengujian Alat dan Hasil

Pada pengujian ini, pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar cair menggunakan metode *pyrolysis*. Pengujian ini menggunakan 2 variabel yaitu variabel bebas dan variabel tetap. Variabel tetapnya adalah temperatur (0-450°C), massa plastik 3Kg, dan pengaturan katup (valve) berukuran 1/4 dengan besar bukaan 1/2, 1/4, dan 1 (penuh). Sedangkan variabel bebasnya adalah penggunaan oli yang digunakan pada pembakaran. Kemudian dapat ditentukan volume bahan bakar cair terhadap waktu dan penggunaan oli sebagai berikut:

Tabel 2. Pengujian pada valve bukaan 1/4

| Bukaan valve | Waktu (menit) | Kapasitas Sampah (Kg) | Hasil pirolisis (mL) |
|--------------|---------------|-----------------------|----------------------|
| 1/4 | 5 | 3 | - |
| | 10 | 3 | - |
| | 15 | 3 | 5 |
| | 20 | 3 | 5 |
| | 25 | 3 | 5 |
| | 30 | 3 | 5 |
| | 35 | 3 | 10 |
| | 40 | 3 | 10 |
| | 45 | 3 | 15 |
| | 50 | 3 | 20 |
| | 55 | 3 | 50 |
| | 60 | 3 | 85 |
| | 65 | 3 | 170 |
| | 70 | 3 | 220 |

Dari hasil pengujian pada bukaan 1/4 diatas, pembakaran oli yang dibutuhkan untuk membakar 3 Kg sampah dalam waktu 70 menit adalah sekitar 3500 mL.

Tabel 3. Pengujian pada valve bukaan 1/2

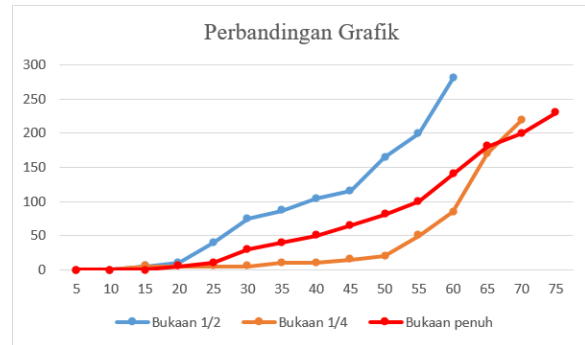
| Bukaan valve | Waktu (menit) | Kapasitas Sampah (Kg) | Hasil pirolisis (mL) |
|--------------|---------------|-----------------------|----------------------|
| 1/2 | 5 | 3 | - |
| | 10 | 3 | - |
| | 15 | 3 | 5 |
| | 20 | 3 | 10 |
| | 25 | 3 | 40 |
| | 30 | 3 | 75 |
| | 35 | 3 | 86 |
| | 40 | 3 | 104 |
| | 45 | 3 | 115 |
| | 50 | 3 | 165 |
| | 55 | 3 | 200 |
| | 60 | 3 | 280 |

Dari hasil pengujian pada bukaan 1/2 diatas, pembakaran oli yang dibutuhkan untuk membakar 3 Kg sampah dalam waktu 60 menit adalah sekitar 3000 mL.

Tabel 4. Pengujian pada valve bukaan 1 (penuh)

| Bukaan valve | Waktu (menit) | Kapasitas Sampah (Kg) | Hasil pirolisis (mL) |
|--------------|---------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | 5 | 3 | - |
| | 10 | 3 | - |
| | 15 | 3 | - |
| | 20 | 3 | 5 |
| | 25 | 3 | 10 |
| | 30 | 3 | 30 |
| | 35 | 3 | 40 |
| | 40 | 3 | 50 |
| | 45 | 3 | 65 |
| | 50 | 3 | 80 |
| | 55 | 3 | 100 |
| | 60 | 3 | 140 |
| | 65 | 3 | 180 |
| | 70 | 3 | 200 |
| | 75 | 3 | 230 |

Dari hasil pengujian pada bukaan 1 (penuh) diatas, pembakaran oli yang dibutuhkan untuk membakar 3 kg sampah dalam waktu 75 menit adalah sekitar 3800 mL. Perbandingan ketiga grafik diatas ditunjukkan pada gambar 3:



Gambar 3. Perbandingan grafik pengujian

Dari hasil perbandingan grafik pengujian diatas maka dapat ditentukan bahwa penggunaan alat ini yang optimal adalah menggunakan bukaan valve 1/2 (grafik biru) karena dapat menghasilkan minyak yang lebih banyak, penggunaan bahan bakar yang lebih sedikit dalam waktu yang lebih singkat. Grafik merah membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan grafik jingga. Walau begitu, grafik merah lebih banyak menghasilkan minyak pirolisis.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil dari pengujian dan analisa penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan dalam pengujian dan pembuatan alat ini adalah pirolisis, yang artinya penguraian biomassa karena panas pada temperatur lebih dari 150°C.
2. Dalam pengujian alat, variabel tetapnya adalah sampah PET 3 Kg, temperatur pembakaran (0-450°C), pengaturan katup (Valve) 1/2, 1/4, dan 1 (penuh).
3. Dalam pengujian didapatkan :
 - a. Bukaan valve 1/4 membutuhkan waktu 70 menit dan menghabiskan bahan bakar oli bekas sebanyak ± 3500 mL sampai sampah terbakar habis. Dan minyak yang dihasilkan sebanyak 220 mL
 - b. Bukaan valve 1/2 membutuhkan waktu 60 menit dan menghabiskan bahan bakar sebanyak ± 3000 mL dan menghasilkan minyak pirolisis sebanyak 280 mL
 - c. Bukaan valve 1 (penuh) membutuhkan waktu 75 menit, menghabiskan bahan

bakar \pm 3800 mL dan menghasilkan minyak pirolisis sebanyak 230 mL.

Oleh karena itu, pengaturan bukaan (*valve*) 1/2 adalah pengaturan yang paling ideal dalam pengoperasian alat tersebut karena dapat menghasilkan minyak sebanyak 280 mL dalam waktu 60 menit dan menghabiskan bahan bakar oli bekas 3000 mL.

4. Dari hasil perhitungan, maka dapat ditentukan tekanan ideal pada tungku pembakaran 1.93 bar, konduktivitas termal pada pipa penghubung 4.27 W/m².K, debit oli pada bukaan *valve* 1/2 (ideal) adalah 8.33×10^{-7} m³/s.

Saran

Perlu dilakukan simulasi CFD pada pembakaran di reaktor dan sistem pendinginan pada kondensor sebagai perbandingan pada pengujian ini dan juga agar hasil lebih maksimal.

REFERENSI

- Pramiati Purwaningrum, (2016). Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. JTL (Jurnal Teknik Lingkungan), 8(2), 141-147.
- Robert Napitulu, (2014). Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik.
- Yuspian Gunawan., La Karimuna., Ridway Balaka., & Budiman Sudia. Energi Terbarukan Dari Sampah Plastik di TPA Puuwatu Dengan Memanfaatkan Teknologi Pirolisis Guna Mendukung Masyarakat Mandiri Energi di Kota Kendari. Seminar Nasional, Teknologi Terapan Berbasis Kearifan Lokal, 2018.
- Nuha Desi Anggreni., & Alfian Ekajati Latief. (2018). Rancang bangun Mesin Pencacah Plastik Tipe Gunting. 2(2),8
- Kamaruddin A, Abdul KI, Nirwan S, Endah A, Armansyah HT, dkk. Energi dan Listrik Pertanian. Ropiudin dan Aep SU Editor. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB Bogor. 1999
- Martin Bajus, *Thermal Cracking of The Model Seven Components Mixed Plastics Into Oils/Waxes*. 2010
- Untoro Budi., & Sismanto. (2016). Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. JMST (Jurnal Mekanika dan Sistem Termal), 1(1), 32-37.
- Fadli Kasim., M Kholid Ridwan., & M Yayan Adi Putra. (2018). Pengolahan Sampah Plastik Memakai Teknologi Pirolisis Untuk Pembelajaran dan Konservasi Lingkungan di Pondok Pesantren Al- Anwar Sarang Rembang, Jawa Tengah. JBS (Jurnal Bakti Saintek), 2(2), 57-63.
- Kemas Ridhuan., Dwi Irawan., & Rizki Inthifawzi (2019). Proses pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. 8(1)
- Budiyantoro, C. *Thermoplastik dalam Industri, Teknik Media*, Surakarta, 2010.