

Jurnal Artikel

## Perancangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar

Yos Nofendri <sup>1\*</sup>, Agus Haryanto <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof.DR.HAMKA

<sup>2</sup>Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta <sup>1</sup>Email, <sup>2</sup>Email

\*Corresponding author – Email : [yos\\_nofendri@uhamka.ac.id](mailto:yos_nofendri@uhamka.ac.id)

Artikel Info - : Received : 12 feb 2021; Revised : 17 Feb 2021; Accepted: 26 Feb 2021

### Abstrak

Semakin hari kebutuhan bahan bakar semakin meningkat, sedangkan ketersediannya semakin menurun. Permasalahan lainnya yakni membludaknya limbah plastik di lingkungan. Salah satu cara untuk mengolah limbah plastik yaitu dengan mengubahnya menjadi bahan bakar. Pirolisis plastik merupakan salah satu metode sederhana untuk mengubah limbah plastik menjadi bahan bakar. Pada penelitian ini, dirancang reaktor pirolisis tipe batch berkapasitas 1 kg berbahan bakar gas LPG dengan jari-jari 0.15 m dan tinggi 0.3 m serta kondensor dengan panjang total 0,5 m. Sampah plastik yang digunakan adalah sampah plastik HDPE. Pada penelitian ini dapat meningkatkan dan menganalisa temperature, waktu dan minyak yang di dihasilkan. Dan minyak yang di dihasilkan sesuai kriteria dan bisa digunakan sebagai bahan bakar.

**Kata kunci:** Pirolisis plastik ; plastik HDPE ; Minyak

### Abstract

Currently the need for fuel is increasing, while the availability is decreasing. Another problem is the explosion of plastic waste in the environment. One way to treat plastic waste is by turning it into fuel. Plastic pyrolysis is a simple method for converting plastic waste into fuel. In this study, a batch type pyrolysis reactor was designed with a capacity of 1 kg fueled by LPG gas with a radius of 0.15 m and a height of 0.3 m and a condenser with a total length of 0.5 m. Plastic waste used is HDPE plastic waste. This research can improve and analyze the temperature, time and oil produced. And the oil produced meets the criteria and can be used as fuel..

**Keywords:** Plastic pyrolysis; HDPE plastic; Oil

## 1. PENDAHULUAN

Sejak ditemukan pertama kali pada tahun 1907, penggunaan plastik dan barang barang berbahan dasar plastik semakin meningkat. Peningkatan penggunaan plastik ini merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk. Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Tahun 2002, tercatat 1,9 juta ton, di tahun 2003 naik menjadi 2,1 juta ton, selanjutnya tahun

2004 naik lagi menjadi 2,3 juta ton per tahun. Di tahun 2010, 2,4 juta ton, dan pada tahun 2011, sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton. Akibat dari peningkatan penggunaan plastik ini adalah bertambah pula sampah plastik. Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189 ribu ton sampah/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik/hari (Fahlevi, 2012)

Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan menjadi masalah serius bila tidak dicari penyelesaiannya. Penanganan sampah plastik yang populer selama ini adalah dengan 3R ( Reuse, Reduce, Recycle). Reuse adalah memakai berulang kali barang-barang yang terbuat dari plastik. Reduce adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang sekali pakai. Recycle adalah mendaur ulang barang-barang yang terbuat dari plastic. Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan menjadi masalah serius bila tidak dicari penyelesaiannya. Penanganan sampah plastik yang populer selama ini adalah dengan 3R ( Reuse, Reduce, Recycle). Reuse adalah memakai berulang kali barang-barang yang terbuat dari plastik. Reduce adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang sekali pakai. Recycle adalah mendaur ulang barang-barang yang terbuat dari plastic.

Pyrolysis merupakan salah satu proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan suatu bahan bakar minyak dari material berbahan dasar plastik (polymer). Berdasarkan kaji literatur dan kaji eksperimental, bahan bakar yang dihasilkan dari proses tersebut memiliki sifat-sifat fisis dan kimia yang tidak jauh berbeda dengan bahan bakar minyak bumi (fosil). Berkaitan dengan hal tersebut, maka penelitian mengenai metoda pyrolysis ini sangat menarik untuk dilakukan guna mengetahui sejauh manakah metoda ini dapat membantu masyarakat dalam mengatasi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik yang selama ini dianggap tidak memiliki nilai ekonomis, serta dapat menjadikannya sebagai referensi untuk menghasilkan sumber energi alternatif ditengah semakin krisisnya sumber daya minyak fosil.

## 2. KAJIAN LITERATUR PLASTIK

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan

prosespolimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan yang sering digunakan adalah naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran, untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya (Kumar et al. 2011).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastic dan thermosetting (Mujiarto, 2005). Thermoplastic adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan thermosetting adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan dipanaskan.

### 2.1 Pirilosis Plastik

Pyrolysis merupakan suatu metoda dekomposisi bahan kimia organik maupun non-organik melalui proses pemanasan dengan tanpa atau sedikit oksigen atau zat reagen lainnya, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pyrolysis dilakukan dengan kasus hanya menyisakan senyawa karbon sebagai residu disebut Karbonisasi. Metoda pyrolysis sendiri dapat diterapkan dalam penggunaan untuk menghasilkan suatu senyawa yang dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar berupa cairan.

Mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak termasuk daur ulang tersier. Merubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat dilakukan dengan proses cracking (perekahan). Cracking adalah proses memecah rantai

polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah.

Hasil dari proses perekahan plastik ini dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Ada tiga macam proses perekahan yaitu hidro cracking, thermal cracking dan catalytic cracking (Panda, 2011).

## 2.2 Alat Penukar Kalor

Alat penukar kalor adalah alat yang difungsikan untuk melakukan perpindahan sejumlah kalor atau panas dari suatu fluida ke fluida yang lainnya. Tujuan perpindahan panas ini di dalam proses produksi adalah untuk memanaskan ataupun mendinginkan suatu fluida hingga mencapai temperature tertentu yang diinginkan ataupun juga bertujuan untuk mengubah keadaan (fase) fluida dari satu fase ke fase yang lainnya. Pada alat penukar kalor ini perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi ataupun radiasi tergantung dari tipe dan konstruksi alat tersebut.

Berdasarkan fungsinya alat penukar kalor yang dipergunakan dalam industri terbagi atas :

- a. Cooler
- b. Boiler
- c. Kondensor
- d. Evaporator
- e. Chiller

Adapun bentuk dari alat penukar kalor yang umum digunakan dalam industri kimia ataupun petrokimia adalah:

- a. Alat penukar kalor Shell and Tube
- b. Alat penukar kalor Coil in Box
- c. Alat penukar kalor Pipa Gabda / Double pipe
- d. Alat penukar kalor Tube flow
- e. Alat penukar kalor Air fin exchanger yang terbagi lagi menjadi:
  1. Forced draft
  2. Induced draft

## 2.3 Bahan Bakar

Bahan Bakar Minyak (BBM) adalah jenis bahan bakar (fuel) yang dihasilkan

dari pengilangan (refining) minyak mentah (crude oil). Minyak mentah dari perut bumi diolah dalam pengilangan (refinen) terlebih dahulu untuk menghasilkan produk-produk minyak (oil products), yang termasuk di dalamnya adalah BBM. Selain menghasilkan BBM, pengilangan minyak mentah menghasilkan berbagai produk lain terdiri dari gas, hingga ke produk-produk seperti naphta, Light Sulfur Wax Residue (LSWR) dan aspal. Oleh karena itu BBM (bensin) harus memiliki flash point rendah dan auto ignition yang tinggi.

Berdasarkan nilai oktan atau ron bahan bakar terbagi beberapa jenis yaitu :

- a. Premium
- b. Pertalite
- c. Pertamina
- d. Solar
- e. Minyak tanah

## 2.4 Pengujian Karakteristik

### a. Viskositas

Fluida yang mengalir melalui sebuah pipa dapat dipandang terdiri atas lapisan-lapisan tipis zat alir yang bergerak dengan laju berbeda-beda sebagai akibat adanya gaya kohesi maupun adhesi. Gesekan internal di dalam fluida dinyatakan dengan besaran viskositas atau kekentalan dengan satuan poise. Viskositas juga bisa diartikan kemampuan suatu zat untuk mengalir pada suatu 10 media tertentu. SPada penelitian ini viskositas diukur hanya pada kondisi kamar. dimana :

$$\eta_x = \frac{t_{px}}{t_{pa}} \eta_a$$

Dimana :

$\eta_a$  = kekentalan air

$\eta_x$  = kekentalan zat cair

$t_a$  = waktu alir zat cair

$t_x$  = waktu alir air

$\rho_a$  = massa jenis air

$\rho_x$  = massa jenis zat cair

### b. Massa Jenis

Massa jenis atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu

benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volumenya. Rumus untuk menentukan massa jenis adalah:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :

- $\rho$  = massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)
- $m$  = massa (kg)
- $V$  = volume (m<sup>3</sup>)

c. Nilai Kalor

Nilai kalor rendah (LHV, Lower Heating Value) adalah jumlah energi yang dilepaskan dalam proses pembakaran suatu bahan bakar dimana kalor laten dari uap air tidak diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas pembakaran dibuat 150°C. Pada temperatur ini air berada dalam kondisi fasa uap. Jika jumlah kalor laten uap air diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas hasil pembakaran dibuat 25°C maka akan diperoleh nilai kalor atas (HHV, High Heating Value). Pada temperatur ini air akan berada dalam kondisi fasa cair. Nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan kalorimeter. Untuk mengetahui nilai kalor dari bahan bakar tersebut dihitung menggunakan rumus:

$$Q_s = Q_w + Q_c$$

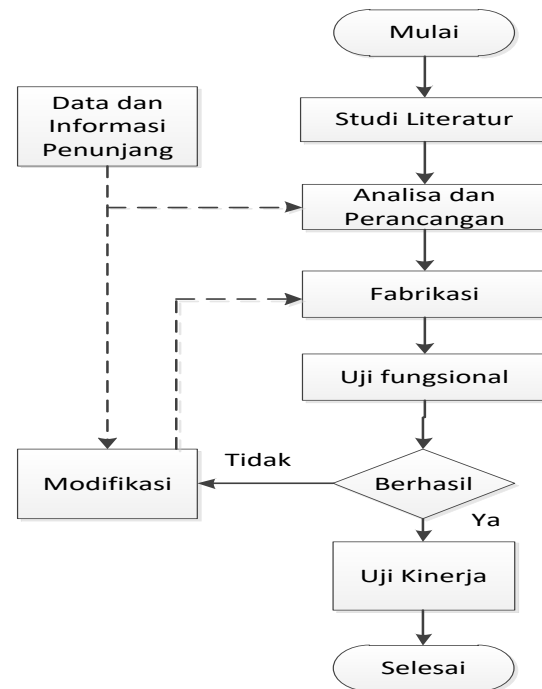
$$= mw \cdot cw \cdot (t_2 - t_1) + Cc \cdot (t_2 - t_1)$$

Dimana :

- $Q_s$  = Energi panas yang dihasilkan oleh sampel (kalori)
- $Q_w$  = Energi panas yang diserap oleh air (kalori)
- $Q_c$  = Energi panas yang diserap oleh kalorimeter (kalori)
- $mw$  = massa air (gram)
- $cw$  = kalor jenis air (kalori/g.K)
- $t_2$  = temperatur setelah reaksi (K)
- $t_1$  = temperatur sebelum reaksi (K)
- $Cc$  = kapasitas kalor dari kalorimeter (kalori/K)

### 3. METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir



Gambar 1 diagram alir penelitian

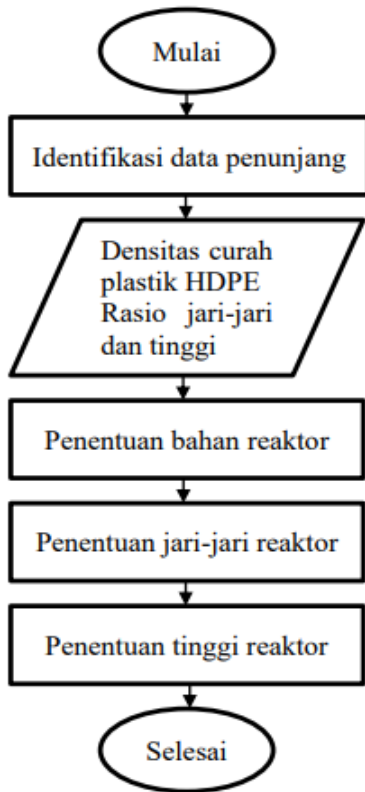
#### 3.2 Analisa Perancangan

Secara keseluruhan alat pirolisis ini terdiri dari 3 bagian, yaitu tungku, reaktor dan kondensor. Reaktor yang dirancang terbuat dari bahan stainless steel, hal ini dikarenakan stainless steel memiliki titik leleh yang tinggi dan tahan karat. Bagian-bagian dari reaktor beserta fungsinya dapat dilihat pada Tabel 3.1

#### 3.3 Reaktor Pirolisis

Prosedur penentuan dimensi reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.2. Penentuan dimensi reaktor berdasarkan densitas dari bahan plastik yang telah dipotong dengan ukuran 2 x 3 cm dan menggunakan perbandingan antara jari-jari (r) dan tinggi (h) sebesar 0.5. Berikut data perancangan yang dibutuhkan untuk menentukan dimensi reaktor.

Densitas plastik curah ( $\rho_p$ ) : 80 kg/m<sup>3</sup>



Gambar 2 diagram alir perancangan reaktor

Dari data yang telah didapat, jari-jari reaktor dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (Clemens, 1984).

$$r = \left( \frac{\text{massa}}{\pi \cdot \text{rasio} \frac{r}{h}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Dari data yang telah didapat, tinggi reaktor dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (Clemens, 1984).

$$h = \frac{r}{\text{rasio} \frac{r}{h}}$$

$$h = \frac{0.15m}{0.5 m}$$

r = jari-jari (m)

pp = kapasitas plastik (kg/m<sup>3</sup>)

h = tinggi (m)

mp = massa pascal (kg.m<sup>3</sup>)

Rasio r/h = rasio jari-jari tabung dan tinggi tabung (m)

### 3.4 Tungku

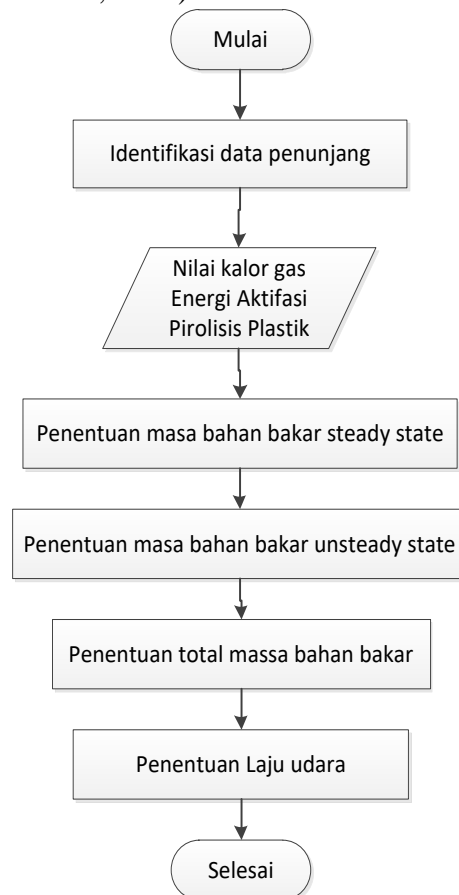
Tungku yang digunakan adalah tungku berbahan bakar gas LPG 3 kg. Prosedur perancangan tungku dapat dilihat pada

Gambar 3. Analisis kebutuhan bakar ini dibagi dalam dua tahap, yaitu steady state dan un-steady state. Tahap steady state adalah perhitungan kebutuhan bahan bakar untuk melakukan pirolisis plastik. Tahap un-steady state adalah perhitungan kebutuhan bakar untuk memanaskan reaktor sebelum panas dapat mencapai bahan plastik.

- Tahap *steady state*

Energi yang untuk memutuskan rantai molekul 1 kg plastik adalah 18148.6 kJ. (Ramadhan, 2015) Bahan bakar yang digunakan adalah gas LPG.

Nilai kalor gas LPG = 48.846 kJ / kg (migas.esdm.co.id). Massa massa gas LPG yang dibutuhkan untuk melakukan pirolisis 1 kg plastik dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut (Demirel, 2012).



Gambar 3 Diagram alir perancangan tungku

$$\text{Massa LPG steady state} = \frac{E}{Nk}$$

Tahap *un-steady state*

$$v_i = \pi (r - x)^2 (h - x)$$

$$v_o = \pi (r^2) (h)$$

$$v_t = (v_o) - (v_i)$$

$$m_r = \rho \times v_t$$

Keterangan:

$v_i$  = volume dalam reaktor ( $m^3$ )

$v_o$  = volume luar reaktor ( $m^3$ )

$v_t$  = volume total bahan reaktor ( $m^3$ )

$\rho$  = massa jenis stainless steel ( $kg/m^3$ )

$m_r$  = massa reaktor ( $kg$ )

Berdasarkan data massa reaktor yang didapat, kalor yang dibutuhkan ( $Q$ ) untuk memanaskan reaktor dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (Holman, 2010)

$$Q = m_r \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Keterangan:

$c_p$  = panas jenis ( $kJ/kgK$ )

= 8,03  $kJ/kgK$  (Holman, 2010)

$\Delta T$  = perbedaan suhu

Sehingga massa bahan bakar tahap unsteady state dapat dihitung dengan Persamaan (3.9) (Demirel, 2012)

$$\text{Massa unsteady state} = \frac{Q}{Nk}$$

Massa bahan bakar total ( $m_t$ ) dapat dihitung dengan Persamaan (3.10) dengan menggunakan asumsi efisiensi tungku 25%. Daya tungku dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.11) (Holman, 2010). Proses pirolisis berlangsung dalam 2 tahap yaitu tahap steady state yang berlangsung selama 1200 detik dan unsteady state yang berlangsung selama 4200 detik, sehingga waktu proses ( $t$ ) adalah 5400 detik.

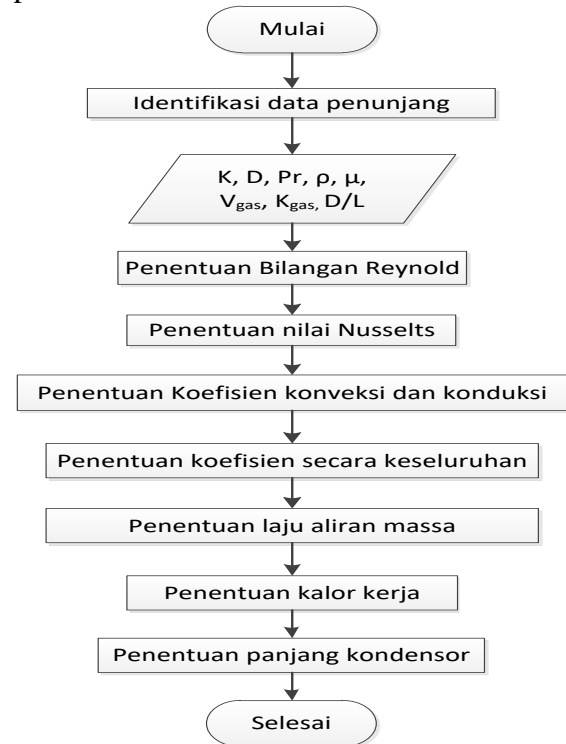
$$m_t = (\text{massa steady state} + \text{massa unsteady state}) / 25\%$$

$$\text{Daya tungku} = \frac{m_t \times \text{Nilai Kalor gas LPG}}{5400}$$

### 3.5 Kondensor

Kondensor yang dirancang adalah kondensor tipe pipa ganda. Pada bagian pipa luar dan dalam menggunakan bahan pipa stainless steel. Bagian-bagian

kondensor beserta fungsinya dapat dilihat pada Tabel 3.2.



Gambar 4 Diagram alir perancangan kondensor

Pada perancangan kondensor hal yang perlu diketahui adalah luas permukaan kondensor itu.

Untuk mengetahui luas permukaan kondensor perlu diketahui bilangan Reynolds ( $Re$ ) dari sistem yang dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan (Holman, 2010).

$$Re = \frac{\rho \times v_{gas} \times d}{\mu}$$

Dari hasil perhitungan bilangan Reynold maka Bilangan Nusselt ( $Nu$ ) dapat dicari dengan Persamaan (Holman, 2010).

$$Nu = 3,66 + \frac{0.0688 \times \frac{D}{L} \times Re \times Pr}{1 + (0,04 \times \frac{D}{L} \times Re \times Pr)}$$

Dengan menggunakan data Bilangan Nusselts data koefisien konveksi fluida dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (Holman, 2010)

$$h_{gas} = \frac{Nu \times k_{gas}}{d}$$

$$h_{stainles\ steel} = \frac{k}{x}$$

Setelah itu koefisien keseluruhan system (U) dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan (Holman, 2010).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{gas}} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_{air}}}$$

Asumsi minyak yang dihasilkan adalah 1 kg dan waktu proses pirolisis adalah 7200 s

$$\text{Laju aliran massa } (\dot{m}) = \frac{1 \text{ kg}}{7200} = 0,000139 \text{ gr/detik}$$

Diketahui Panas spesifik ( $C_{p_{gas}}$ ) : 1046.51 kJ/kgK (migas.esdm.co.id)

Setelah itu kalor kerja (Q) dapat diketahui dengan Persamaan (Holman, 2010).

$$Q = \dot{m} \times c_p \times \Delta T$$

Dengan menggunakan data kalor kerja, luas permukaan (A) yang dibutuhkan dapat diketahui dengan Persamaan (Holman, 2010).

$$A = \frac{Q}{U \times 87,3}$$

Kondensor yang dirancang terbuat dari pipa stainless steel dengan tebal 1 inci sehingga panjang kondensor (L) yang dibutuhkan dapat diketahui dengan Persamaan (Clemens, 1984).

$$L = \frac{A}{\pi \times d}$$

#### 4. FABRIKASI

Tungku yang digunakan adalah tungku kompor biasa yang diletakan dibawah reaktor. Pembuatan reaktor dimulai dengan mengelas stainless steel sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan. Pembuatan kondensor dimulai dengan mengelas pipa stainless steel yang terdiri dari pipa luar dan pipa dalam. Kondensor yang dirancang adalah kondensor tipe pipa ganda dengan menggunakan fluida air.

##### 4.1 Uji Fungsional Dan Uji Kinerja

Uji fungsional bertujuan untuk memeriksa apakah setiap bagian dari alat sudah bekerja sesuai fungsinya.

Uji kinerja dilakukan untuk mengetahui keberhasilan dari proses perancangan yang dilakukan. Pada penelitian ini metode yang digunakan

dalam proses pirolisis adalah thermal cracking. Pengujian kinerja dilakukan sebanyak 3 kali dengan menggunakan bahan plastik PET dan HDPE sebanyak 1 kilogram.

Langkah-langkah dalam melakukan uji kinerja adalah sebagai berikut:

1. Plastik ditimbang dan bahan bakar disediakan
2. Bahan plastik dimasukan ke dalam reaktor
3. Alat pengukur suhu disiapkan
4. Tungku dinyalakan hingga mencapai suhu yang diharapkan
5. Air dialirkan ke kondensor untuk mengondensasikan gas
6. Suhu dijaga agar tetap konstan dengan cara mengatur debit udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran dan jumlah bahan bakar yang tersedia di dalam ruang pembakaran Minyak yang dihasilkan ditampung
7. Suhu dicatat setiap 10 menit

Jika tahap ini belum berhasil dengan baik, proses masuk ke tahap modifikasi dan mengulang ke tahap fabrikasi alat. Tahap modifikasi dilakukan dengan merubah desain awal menggunakan data dan informasi penunjang yang dibutuhkan.

#### 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 5.1 Rancangan Fungsional

Alat pirolisis yang dirancang terdiri dari 3 bagian utama yaitu tungku, reaktor, dan kondensor. Dimensi dari setiap bagian dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 5. Dimensi Alat pirolisis pada setiap bagian

Parameter desain	Hasil
Tungku	
Diameter (m)	0,25
Reaktor	
Masa jenis plastik curah (kg/m <sup>3</sup> )	80
Rasio r/t (-)	0,5
Jari-jari (m)	0,15
Tinggi (m)	0,3
Kondensor	

Bilangan Reynolds (-)	163.877
Bilangan Nusselt (-)	5,968
Koefisien pindah panas keseluruhan (W/mK)	7,9
Luas permukaan (m <sup>2</sup> )	0,011
Panjang (m)	0,5
Diameter dalam (m)	0,0254
Diameter luar (m)	0,0508

Pada tahap analisis panjang kondensor yang dirancang adalah 0,5 m, dengan luas permukaan 0.011 m<sup>2</sup>. Setelah fabrikasi, kondensor jenis pipa ganda yang dirancang memiliki panjang total 0,05 m. Kondensor ini memiliki 2 buah ukuran pipa stainless steel yang masing-masing berdiameter 2.54 cm (1 inchi) dan 5,08 cm (2 inchi) yang memiliki panjang masing-masing 0.5 m. Akan tetapi setelah melakukan uji fungsional, masih ada gas yang terbuang setelah kondensor. Maka diberikan tabung setelah kondensor untuk menampung gas yang keluar setelah kondensor.

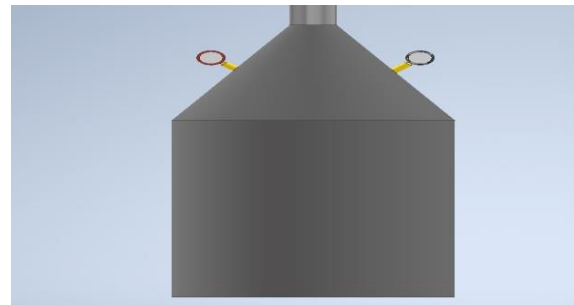
Penambahan tabung setelah kondensor ini disebabkan oleh asumsi laju aliran massa yang tidak pasti dan penggunaan air dingin pada kondensor. Laju aliran massa yang tidak pasti ini disebabkan karakteristik gas yang belum diketahui.

## 5.2 Rancangan Struktural

### A. Tabung Reaktor

Pada perancangan tabung reaktor alat pirolisis dapat dilihat pada Gambar 4.1. Tabung reaktor pada alat pirolisis terbuat dari bahan material pelat dasar. Pelat dasar merupakan pelat yang berada di antara kolom baja. Pelat dasar ini terbuat dari berbagai campuran material seperti baja dan besi. Material pelat dasar memiliki karakteristik sebagai berikut.

- Ketahanan panas : ± 590 °C
- Kekuatan luluh : Minimal 250 (MPa)
- Kekuatan tarik : 400 sampai dengan 550 (MPa)



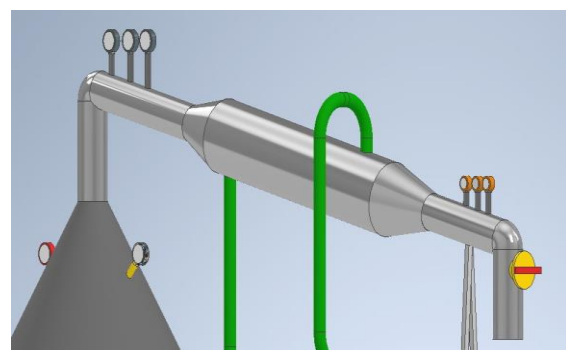
Gambar 5. Perancangan tabung reactor

Pada penelitian sebelumnya pada tabung reactor terpasang tutup yang berbentuk datar sehingga menghasilkan aliran turbulen. Pada penelitian ini tabung reactor di pasang tutup berbentuk kerucut dan menghasilkan aliran laminar sehingga uap atau minyak yang mengalir lebih banyak di bandingkan dengan aliran turbulen. Pada tabung reactor juga terpasang alat ukur tekanan dan suhu.

### B. Kondensor

Pada perancangan kondensor alat pirolisis dapat dilihat pada Gambar 4.2. Kondensor alat pirolisis yang di gunakan adalah kondensor dengan type pipa ganda. Kondensor alat pirolisis juga terbuat dari material stainless steel. Material stainless steel memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Tahan terhadap korosi (karat)
- Persen Krom tinggi
- Minim perawatan dan tahan lama
- Kekerasan dan kekuatan tinggi : 431 MPa (kekuatan tarik)
- Ketahanan panas : ± 980 °C



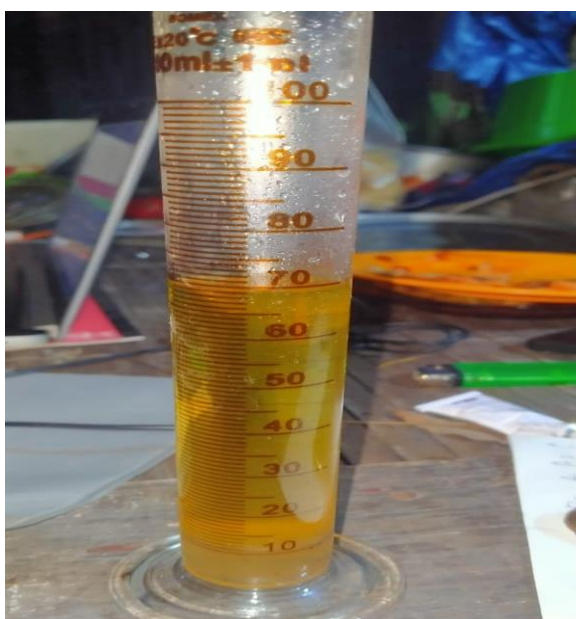
Gambar 6. Perancangan kondensor



Pada Penelitian sebelumnya condensor terpasang lurus dan mempunyai sudut 90°. Pada penelitian ini condensor terpasang miring dan mempunyai sudut kemiringan 15°. Pada condenser terpasang alat ukur tekanan, suhu dan laju aliran.

### 5.3 Uji Kinerja Desain

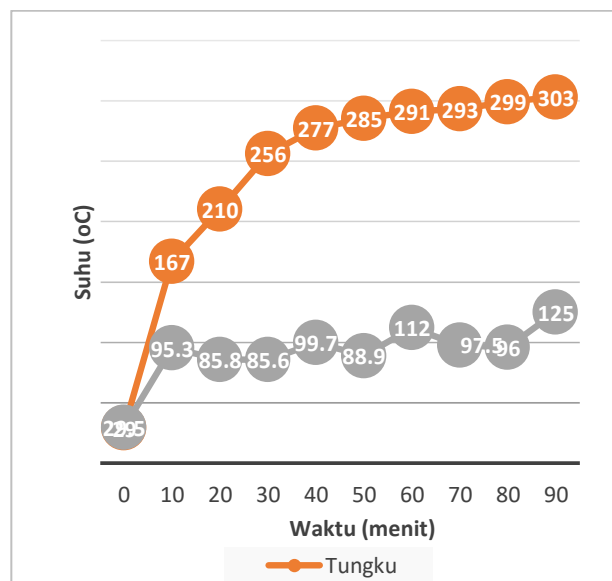
Hasil yang diharapkan berupa minyak cair. Pada proses pirolisis ini terdapat 2 jenis kondensat, yaitu kondensat cair dan kondensat padat. Kondensat cair yang didapat paling banyak 68 ml dari 1 percobaan, sedangkan kondensat padat yang didapat paling sedikit sebanyak 200 gr rata-rata.



Gambar 7 minyak cair hasil pirolisis plastic

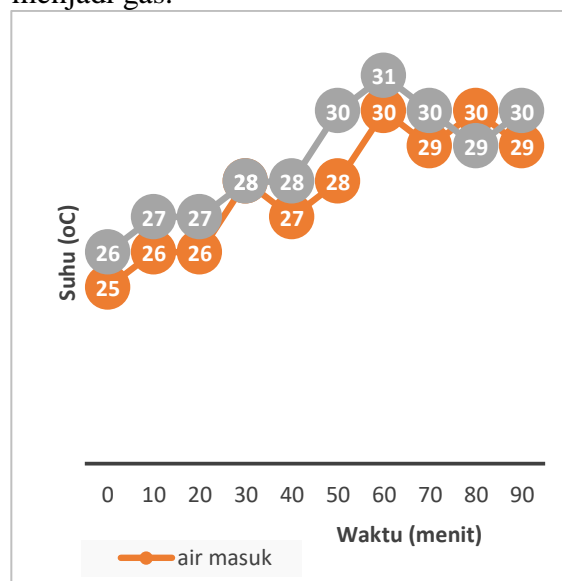
Gambar. menunjukkan bentuk kondensat cair yang dihasilkan. Terlihat warna yang dihasilkan jernih kekuning-kuningan.

Gambar. menunjukkan bentuk kondensat padat yang dihasilkan. Terlihat warna yang dihasilkan berwarna keruh kehijau-hijauan.



Gambar 8 Sebaran suhu tungku dan reaktor pada ujicoba

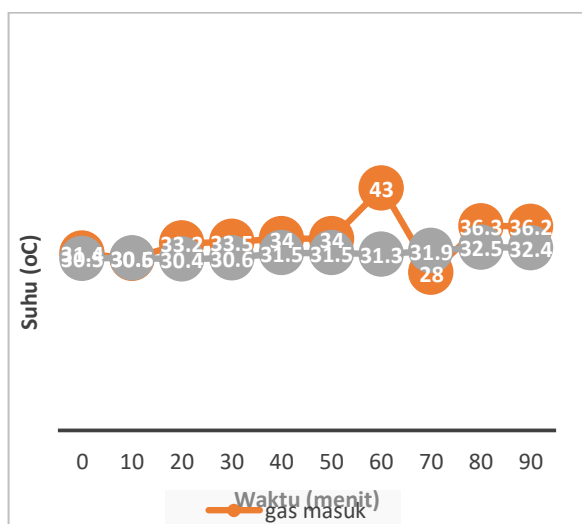
Gambar 4.8 menunjukkan suhu pada tungku dan suhu pada reaktor pirolisis ketika uji coba. Suhu maksimal pada tungku mencapai 303 °C. Sedangkan pada reaktor suhu maksimal mencapai 125 °C. Ini menunjukkan ada nya perbedaan suhu antara tungku dan reaktor. Perbedaan suhu disebabkan kalor dari tungku digunakan untuk menaikkan suhu plastik yang berada dalam reaktor. Naik nya suhu pada plastik akan merubah fasa plastik dari padat menjadi gas.



Gambar 9 Sebaran suhu air keluar masuk sistem kondensor

Gambar 4.9 menunjukkan suhu air masuk ke kondensor dan suhu air yang keluar dari kondensor pipa ganda. Air yang

masuk kedalam kondensor sebagai fluida yang menyerap kalor gas yang mengalir pada pipa dalam. arah air mengalir pada pipa besar searah dengan aliran gas yang mengalir pada pipa kecil pada kondensor. Grafik pada gambar 4.5 menunjukkan, suhu air masuk kondensor memiliki perbedaan dengan air keluar kondensor. Suhu air masuk lebih rendah dari suhu air keluar. Fenomena ini menunjukkan adanya penyerapan kalor oleh air terhadap gas yang mengalir pada pipa kecil. Suhu awal air percobaan adalah 25 °C dan suhu maksimum air keluar adalah 26 °C. Ada nya peningkatan suhu air masuk dan air keluar sebanyak 1°C.



Gambar 10 Sebaran suhu gas keluar masuk sistem kondensor pada ujicoba

Gambar 4.10 menunjukkan grafik suhu gas masuk kondensor dan suhu gas keluar kondensor. Suhu gas masuk lebih besar dari suhu gas keluar. Ini menunjukkan ada nya perbedaan suhu gas masuk dan suhu gas keluar. Kalor gas masuk akan diserap oleh air yang bertujuan untuk mengubah fasa kondensar dari gas ke cair. Langkah ini bertujuan untuk memperoleh kondensar cair dari plastik yang dibakar didalam reaktor. Suhu gas masuk maksimum rata-rata adalah 31,4°C dan suhu gas keluar nya 30,5°C.

Tabel 2 Uji Analisa Karakteristik Minyak

Parameter	Kondesat			Minyak Tanah
	Cair	Bensin	Diesel	
Warna	Kuning	Kuning	Kuning	Kuning
Fisik	Bening	Bening	Bening	Kecoklatan

Densitas (kg/m3)	0,765	0,7	0,8	0,8
Viskositas (cP)	7,65	0,652	0,2,-0,45	0,294-3,34
Nilai Kalor (MJ/Kg)	37,37	44	44	43,3
Uji Bakar	Terbakar	Terbakar	Terbakar	Terbakar

## 6. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan berupa pirolisis plastik dan pengujian karakteristik minyak pirolisis yang dihasilkan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat pirolisis yang dirancang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tungku, reactor dan kondensor. Pada uji kinerja alat yang telah difarikasi menghasil yang minyak cair. Pada proses pirolisis pada penelitian ini terdapat 2 jenis kondensat, yaitu kondensat cair dan kondensat padat. Kondensat cair yang didapat paling banyak 68 ml dari 1 percobaan, sedangkan kondensat padat yang didapat paling sedikit sebanyak 200 gr rata-rata.

2. Minyak hasil pirolisis sampah plastik HPDE bisa digunakan untuk bahan bakar dengan melewati beberapa tahap pengujian. Dikarenakan memiliki kesamaan terhadap bahan bakar Bensin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ademiluyi T, Adebayo TA. 2007. Fuel Gases from Pyrolysis of Waste Polyethylene Sachets. *J Appl Sci Environ Manage*. 11(2): 21 - 26. JASEM ISSN 1119- 8362.
- Bajus M, Hájeková E. 2010. Thermal Cracking of the Model Seven Components Mixed Plastics into Oil/Waxes. *Petroleum & Coal*. 52(3): 164-172, 2010. ISSN 1337-7027.
- Borman GL, Ragland KW. 1998. "Combustion Engineering" pp 14.1-14.20. New York. McGrawHill Publishing Co.

- Borsodi N, Miskolczi N, Angyal A, Bartha L, Kohán J, Lengyel A. 2011. Hydrocarbons Obtained by Pyrolysis of Contaminated Waste Plastics. 45<sup>th</sup> International Petroleum Conference. Bratislava. Slovak Republic
- Clemens, Stanley R. 1984. Geometry. USA: Addison-Westley Publishing Company, inc.
- Daryoso K, Wahyuni S, Saputro SH. 2012. Uji Aktivitas Katalis Ni-Mo/Zeolit pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik (Polietilen). Indonesian Journal of Chemical Science 1 (1). Universitas Negeri Semarang
- Das S, Pande S. 2007. Pyrolysis and Catalytic Cracking of Municipal Plastic Waste for Recovery of Gasoline Range Hydrocarbons. Thesis. Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela
- Demirel Y. 2012. Energy and Energy Types. London (UK): Springer.
- Gabe FAPA. 2015. "Analisa Termal Pada Rancang Bangun Reaktor Pirolisis Untuk Memproduksi Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik"
- Hidayat R. 2009. "Studi Sifat Fisik, Kimia dan Uji Unjuk kerja Kompor dengan Bahan Bakar Minyak Pirolisis Sekam Padi"
- Holman JP. 2010. Heat Transfer Tenth Edition. Department of Mechanical Engineering Southern Methodist University (US). McGraw-Hill.
- Kumar S, Panda AK, Singh RK. 2011. A Review on Tertiary Recycling of High- Density Polyethylene to Fuel. Resources. Conservation and Recycling Vol. 55 893– 910
- Mujiarto, Iman. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik Bahan Aditif.. Traksi. Vol. 3. No. 2
- Mulyadi E. 2004. Termal Dekomposisi Sampah Plastik. Jurnal RekayasaPerencanaan, ISSN 1829-913x, Vol-1
- Patni N, Shah P, Agarwal S, Singhal P. Alternate Strategies for Conversion of Waste Plastik to Fuels. ISRN Renewable Energy; 2013. Vol 2013.
- Nurchahyo IF. 2005. Uji Aktivitas dan Regenerasi Katalis NiPd (4:1)/Zeolit Alam Aktif Untuk Hidrorengkah Sampah Plastik Polipropilena Menjadi Fraksi Bensin Dengan Sistem Semi Alir. Thesis Ilmu Kimia Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Osueke, Ofundu. 2011. Conversion of Waste Plastiks (Polyethylene) to Fuel by Means of Pyrolysis. (IJAEST) International Journal of Advanced Engineering sciences and Technologies. Vol. No. 4, Issue No. 1, 021 – 024
- Panda AK. 2011. Studies on Process Optimization for Production of Liquid Fuels from Waste Plastiks. Thesis. Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela
- Ramadhan A, Ali M. 2012. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol. 4. No 1.
- Rodiansono, Trisunaryanti W, Triyono. 2007. Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z Pada Reaksi Hidrorengka Menjadi Fraksi Bensin. Berkala MIPA, 17, 2.
- Santoso J. 2010. "Uji Sifat Minyak Pirolisis dan Uji Performansi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis dari sampah Plastik".