

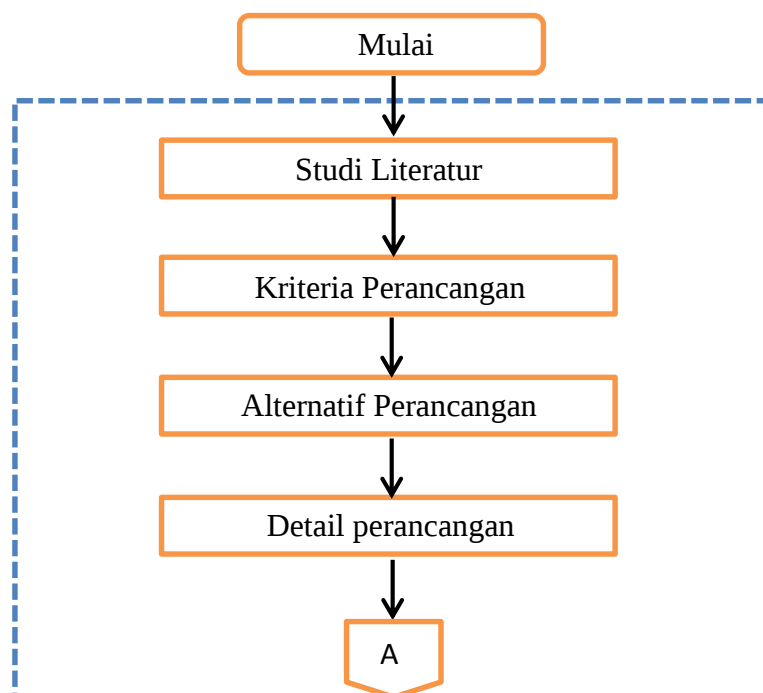
BAB III

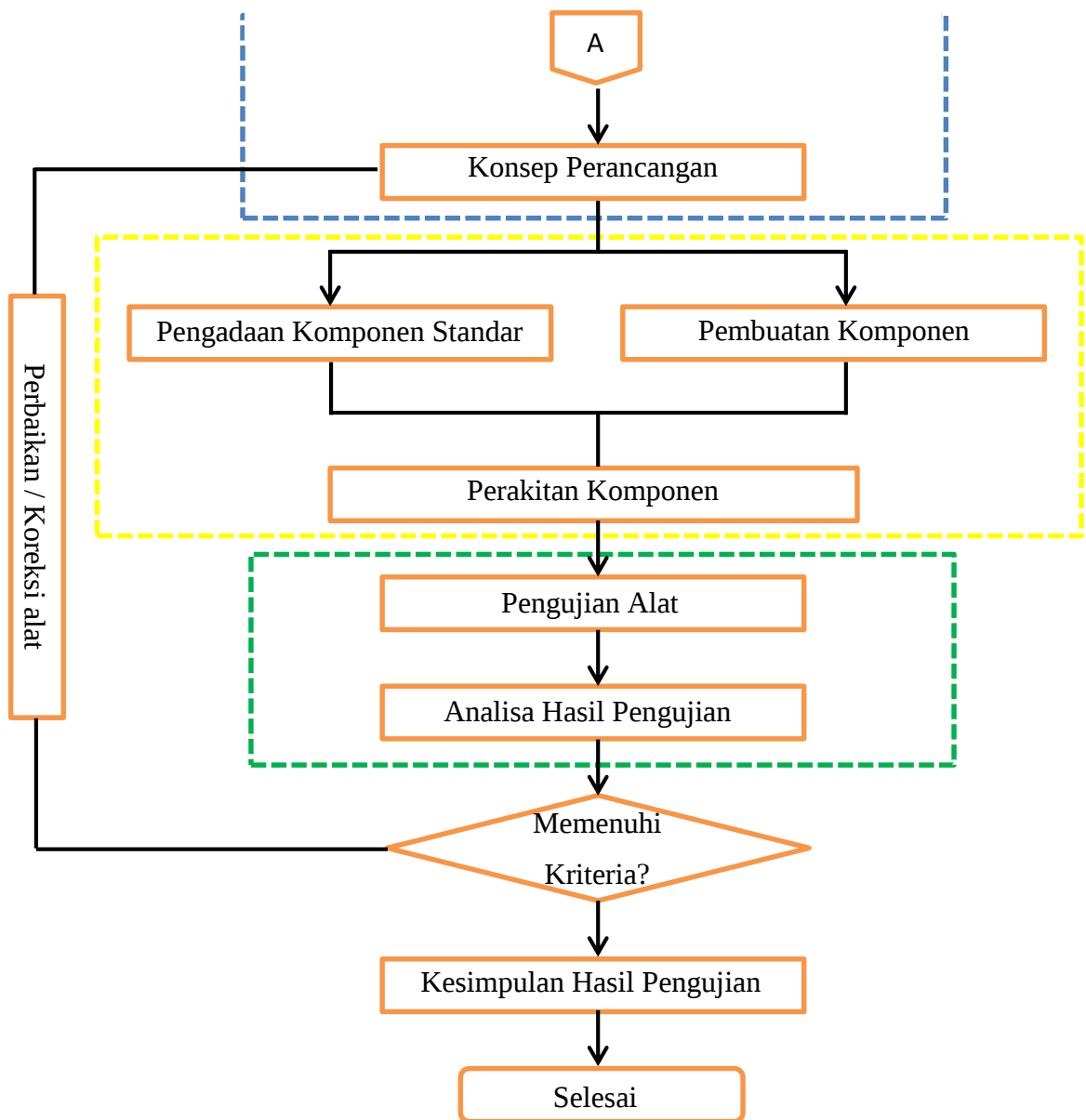
PERANCANGAN, PROSES PEMBUATAN ALAT DAN PENGUJIAN ALAT

Dalam proses penelitian tugas akhir ini terbagi menjadi tiga tahapan utama. Pembagian tahapan penelitian terdiri dari tahap perancangan , pembuatan alat, dan pengujian alat.

3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Berikut ini adalah Gambar 3.1 diagram yang menunjukkan metodologi penelitian yang digunakan, terdiri dari 3 tahapan utama, yakni perancangan (berada didalam kolom biru), pembuatan (berada didalam kolom kuning), dan pengujian (berada didalam kolom hijau).





Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

3.2 Studi Literatur

Tahapan awal dari penelitian yang dilakukan yakni studi literatur, pada tahapan ini hal yang dilakukan adalah pencarian data-data, materi-materi, kajian yang berkaitan dengan proses pirolisis, *polymer*, dan perpindahan kalor. Tahapan ini sangat penting karena dengan adanya kajian terhadap literatur yang telah ada, dapat membantu proses penelitian yang akan

dilakukan. Proses pengkajian ini dapat dilakukan melalui buku-buku ataupun dengan melalui media internet.

3.3 Kriteria Perancangan

Tahapan kedua dari penelitian yang dilakukan yakni menentukan kriteria perancangan, pada tahapan ini penulis menentukan kriteria apa saja setidaknya harus dipenuhi untuk sebuah alat pirolisis. Kriteria ini ditentukan berdasarkan dari data yang didapat dalam proses studi literatur. Berikut ini, beberapa kriteria perancangan yang telah ditentukan :

1. Merancang dan membuat alat yang aman
2. Rangkaian alat dibuat sesederhana mungkin
3. Memiliki dimensi dan bobot yang tidak terlalu besar
4. Alat mudah untuk dibongkar-pasang
5. Mudah dalam pemeliharaan dan perawatannya
6. Mudah dalam pengoperasian
7. Komponen standar yang digunakan mudah didapat
8. Komponen yang dirancang mudah dibuat

3.4 Rancangan Alternatif

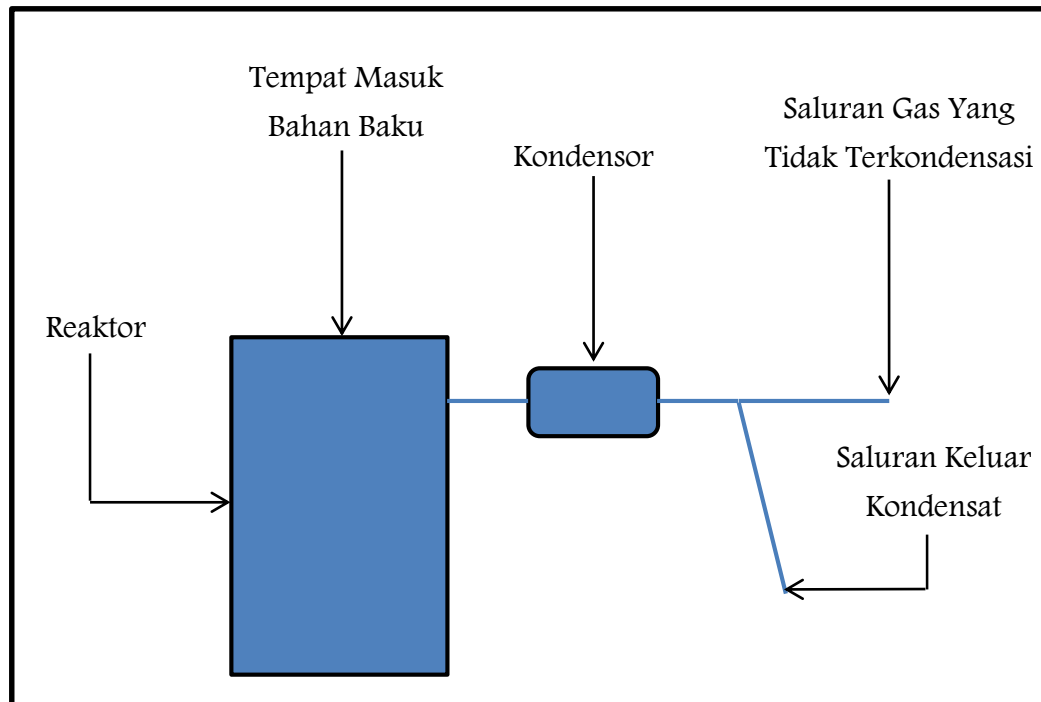
Tahapan ketiga dari penelitian yang dilakukan yakni rancangan alternatif, pada tahapan ini ditentukan jenis alat seperti apa dan yang bagaimana yang sebaiknya menjadi pilihan untuk nantinya dirancang dan dibuat sesuai dengan kriteria yang telah ada.

Berikut ini adalah dua rancangan alternatif yang ada :

1. Alat dengan layout Horizontal (Alternatif A)

Alat dengan layout horizontal dapat terlihat dari posisi reaktor dan kondensor yang sejajar sumbu x atau dengan kata lain alat ini berorientasi horizontal. dari hasil pengamatan, kelebihan alat dengan layout horizontal mudah dalam proses pembuatan, sedangkan

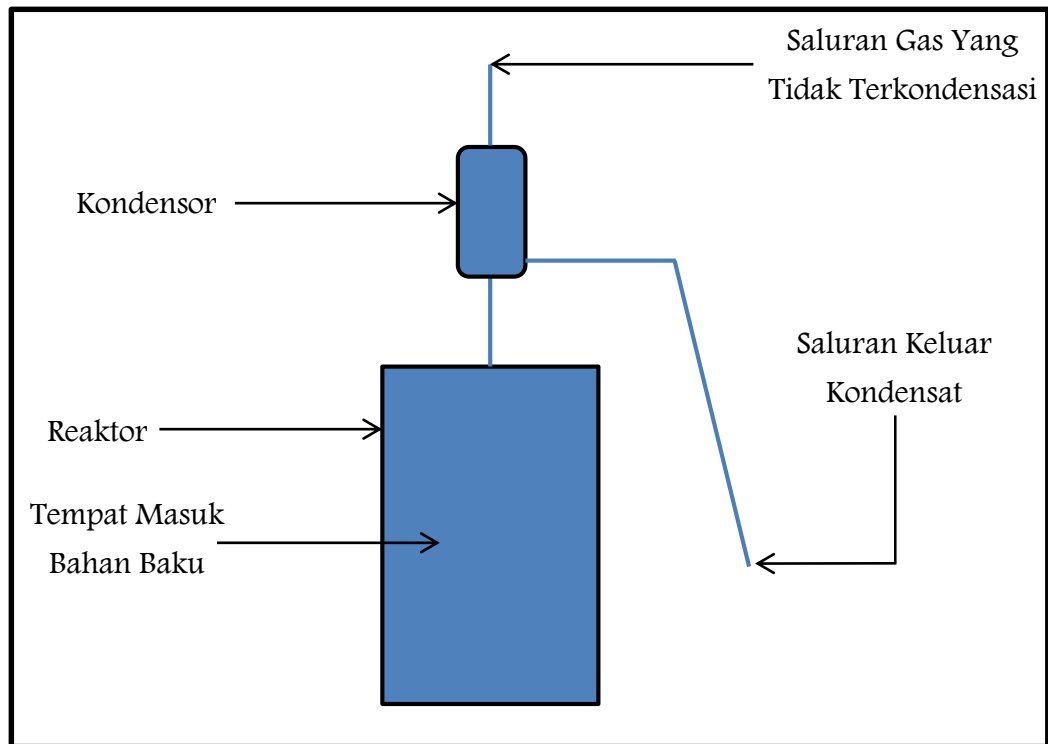
kekurangannya yakni memerlukan ruang lebih banyak ketika disimpan. Skema alat dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini,



Gambar 3.2 Ilustrasi alat dengan layout horizontal (alternatif A)

2. Alat dengan layout Vertikal (Alternatif B)

Alat dengan layout vertikal dapat terlihat dari posisi reaktor dan kondensor yang sejajar sumbu y atau dengan kata lain alat ini berorientasi vertikal. Lain halnya dengan layout horizontal, dari hasil pengamatan kelebihan alat ini adalah memerlukan ruang yang jauh lebih kecil pada saat disimpan dibandingkan dengan alat berorientasi horizontal, akan tetapi relative lebih sulit dalam proses pembuatan dan relative lebih sulit dalam perawatan (ketika membersihkan residu / kotoran hasil pembakaran) karena lubang / pintu masuk bahan baku tidak dalam posisi yang leluasa (layaknya layout horizontal yang berada dibagian atas). Skema alat dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini,



Gambar 3.3 Ilustrasi alat dengan layout horizontal (alternatif B)

Setelah ada alternatif perancangan, maka pemilihan alternatif perancangan dilakukan dengan cara melakukan penilaian terhadap alat berorientasi horizontal dan alat berorientasi vertikal berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Setiap alternatif perancangan akan diberi nilai (–) untuk tidak dan (+) untuk ya apabila memenuhi kriteria perancangan, dan akan diberi (=) bila nilainya dianggap sama. Hasil dari penilaian yang dilakukan terhadap alternatif perancangan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Penilaian Kriteria Alternatif Perancangan

Kriteria Perancangan	Alternatif A	Alternatif B
Keamanan Alat	=	=
Rangkaian Alat Yang Sederhana	=	=
Memiliki dimensi dan bobot yang tidak terlalu besar	-	+

Tabel 3.1 Penilaian Kriteria Alternatif Perancangan (*lanjutan*)

Kriteria Perancangan	Alternatif A	Alternatif B
Alat mudah untuk dibongkar-pasang	=	=
Mudah dalam pemeliharaan dan perawatannya	+	-
Mudah dalam pengoperasian	+	-
Komponen standar yang digunakan mudah didapat	=	=
Komponen yang dirancang mudah dibuat	+	-
Nilai	3	1

Berdasarkan penilaian, alternatif A atau alat dengan layout horizontal memiliki nilai lebih besar 2 (dua) poin dibanding alat berorientasi vertikal. Maka dari itu dipilihlah alat berorientasi horizontal sebagai alat yang akan diteruskan ke dalam tahapan detail perancangan.

3.5 Detail Perancangan

Proses detail perancangan alat merupakan salah satu proses yang sangat penting dalam penelitian tugas akhir ini, pada proses perancangan ini dua hal yang paling utama untuk diperhatikan adalah penentuan sebanyak apa produksi minyak yang akan di hasilkan oleh alat, sebanyak apa bahan bakar yang diperlukan alat untuk setiap prosesnya, yang pada akhirnya kedua hal tersebut adalah untuk menentukan tingkat performasi dari alat yang akan dibuat.

1. Tungku

Tungku dibuat agar dapat mengoptimalkan proses pemanasan reaktor dengan cara mengoptimalkan penggunaan bahan bakar (LPG) pada tiap prosesnya.

Penyelesaian :

- a. Konsumsi bahan bakar (LPG) per waktu nya dibuat tetap pada angka

$$m = 0,00005 \text{ kg/s} *$$

* (angka diatas didapatkan dari hasil pengujian kompor gas, 1 tungku dengan bukaan katup regulator pada posisi terbuka penuh)

* Cara pengujian

1. Menimbang massa awal tabung gas berukuran 3 kg.
 2. Menggunakan / membakar gas selama 5 menit menggunakan kompor gas dengan bukaan katup penuh.
 3. Menimbang massa akhir (setelah pembakaran) tabung gas 3 kg.
 4. Selisih massa awal dan massa akhir dari tabung gas persatuan waktu adalah laju aliran massa gas atau bisa disebut konsumsi bahan bakar per satuan waktu.
- b. Suplay bahan bakar untuk pembakaran pada tungku tidak hanya bersumber dari tabung gas LPG 3 kg, akan tetapi ada sumber bahan bakar lain yakni dari gas hasil proses yang tidak dapat terkondensasi selama proses, suplay bahan bakar kedua ini dapat digunakan ketika proses pirolisis telah berjalan selama 25-35 menit setelah proses berlangsung. Hal ini dilakukan agar penggunaan jumlah bahan bakar LPG yang digunakan pada tiap proses dapat ditekan sekecil mungkin, sehingga optimalisasi alat dapat dibuat sebesar mungkin.
- c. Membuat isolasi disekitar tungku dan reaktor untuk menekan jumlah rugi-rugi yang terjadi akibat terbuangnya panas yang dibangkitkan oleh sistem ke lingkungan sekitar sistem.

2. Reaktor

Reaktor dirancang dengan mempertimbangkan beberapa aspek teknis, antara lain :

- a. Kapasitas penampungan bahan baku plastik sebanyak 3 kg (m_{tot}).

- b. Agar perpindahan panas yang terjadi dari dalam reaktor ke lingkungan sangat kecil (untuk menekan jumlah rugi-rugi yang terjadi akibat perpindahan panas dari reaktor ke lingkungan sekitar).

Penyelesaian :

a. Kapasitas Penampungan Reaktor

Plastik yang digunakan sebagai bahan baku dalam perancangan ini diasumsikan sebagai botol air mineral (aqua) ukuran 1.5 l. Dari hasil pengukuran menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,005 kg, per 1 botol aqua didapatkan data-data sebagai berikut,

$$\text{Massa (m)} = 0,030 \text{ kg} \quad (\text{Kaji Eksperimental})$$

$$\text{Volume} = 0,00020 \text{ m}^3 * \quad (\text{Kaji Eksperimental})$$

* Volume botol air mineral didapatkan dengan cara :

1. Memadatkan dengan cara meremas botol ukuran 1.5 l hingga ukuran terkecil, lalu isi dengan air secukupnya.
2. Siapkan air dengan tinggi 65 mm dalam wadah berdiameter 200 mm.
3. Masukkan botol tersebut kedalam air yang telah disediakan, perhatikan dan ukur kenaikan air dalam wadah.
4. Kenaikan air bisa dibuat atau sama dengan kenaikan volume air dengan menggunakan persamaan $V = \pi r^2 \times t$.
5. Kenaikan tinggi air = kenaikan volume air adalah sama dengan volume benda yang masuk ke dalam air dalam hal ini aqua.

Kalkulasi :

Penentuan Jumlah Aqua Dalam Massa 3 kg

$$\begin{aligned} n &= \frac{m_{tot}}{m} \\ &= \frac{3}{0,030} \end{aligned}$$

$$= 100 \text{ Buah}$$

Penentuan Volume Aqua Dalam Jumlah 100 Buah

$$\begin{aligned} V &= v \times n \\ &= 0,00020 \times 100 \\ &= 0,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Penentuan Dimensi Tabung

$$\begin{aligned} \text{Tinggi} &: 0,5 \text{ m} && (\text{ditentukan}) \\ \text{Volume} &: 0,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi}{4} d^2 \times T \\ d &= \sqrt{\left(\frac{v}{\frac{\pi}{4}}\right) \times T} \\ &= \sqrt{\left(\frac{0,02}{\frac{\pi}{4}}\right) \times 0,5} \\ &= 0,226 \text{ m} \\ &= \underline{22,6 \text{ cm}} \text{ (Diameter Reaktor)} \end{aligned}$$

Asumsi :

1. Kemasan aqua botol 1,5 l diremas dan ditekan hingga bentuknya berada pada bentuk yang paling kecil/padat.
2. Tidak terdapat rongga / jarak antara bahan baku dengan tabung reaktor (bagian dinding dalam), dan tidak ada rongga/jarak antar kemasan aqua botol 1,5 l atau dengan kata lain didalam tabung reaktor sangat padat oleh bahan baku .

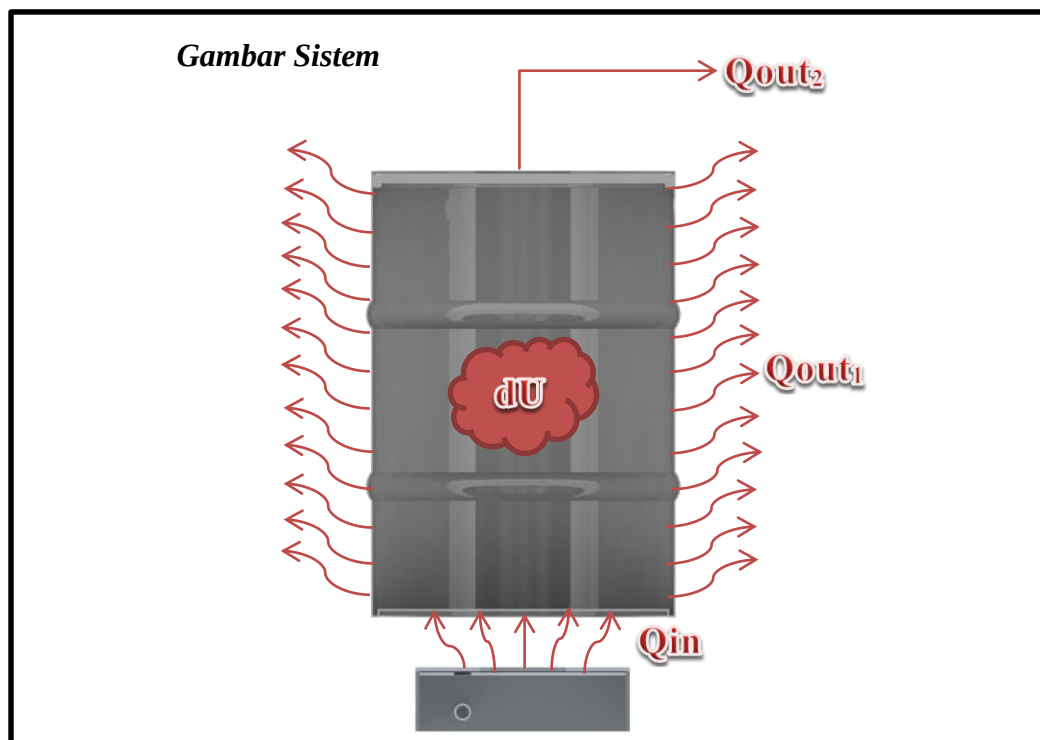
Berkaitan dengan asumsi tersebut, dibuatlah faktor koreksi dimensi tabung reaktor dengan nilai = 1,75. Hal ini dilakukan karena asumsi diatas terlalu ideal untuk diterapkan.

Dengan adanya faktor koreksi, maka dimensi tabung yang sebenarnya adalah,

$$\begin{aligned}
 D &= d \times 1,75 \\
 &= 22,6 \times 1,75 \\
 &= \underline{33,90 \text{ cm}} \text{ (Diameter Reaktor Hasil Koreksi)}
 \end{aligned}$$

Dimensi yang didapatkan dari perhitungan diatas merupakan nominal terkecil yang dapat digunakan untuk proses pembuatan, dengan kata lain, jika dimensi pada proses pembuatan dibuat lebih pun boleh dilakukan.

Dibawah ini adalah Gambar 3.4 yang menunjukkan aliran perpindahan panas pada reaktor.



Gambar 3.4 Ilustrasi aliran perpindahan panas pada reaktor

b. Perpindahan Panas Yang Terjadi

Kesetimbangan Energi

Dari Gambar 3.4 dapat ditentukan kesetimbangan energi yang terjadi pada system, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$dU = Q_{in} - (Q_{out1} + Q_{out2}) \quad (3.1)$$

Dimana,

Q_{in} = Kalor Yang Dibangkitkan (W)

Q_{out1} = Kalor Yang Hilang Melalui Dinding Silinder (W)

Q_{out2} = Kalor Yang Hilang Terbawa Gas / Uap (W)

• **Q_{in} (Kalor Yang Dibangkitkan)**

$$Q_{in} = C_{v_{lpg}} \times \dot{m}_{lpg} \quad (3.2)$$

Dimana,

C_v = Nilai Kalor Gas LPG (kJ)

$\dot{m}$ = Laju Aliran Massa (kg/s)

• **Q_{out1} (Kalor Yang Hilang Melalui Dinding Silinder)**

$$Q_{out1} = U \times A \times (T_h - T_c) \quad (3.3)$$

Dimana,

U = Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (w/m. °C)

A = Luas Penampang Silinder (mm²)

T_h = Temperatur Bagian Dalam Tabung (°C)

T_c = Temperatur Lingkungan (°C)

• **Q_{out2} (Kalor Yang Hilang Terbawa Gas / Uap)**

$$Q_{out2} = \dot{m}_{gas} \times h_{gas} \quad (3.4)$$

Dimana,

$\dot{m}$ = Laju Aliran Massa Gas Polymer (kg/s)

h = Entalphy Gas Polymer (kJ/kg)

Data Perhitungan

Adapun data-data yang digunakan dalam perhitungan dibawah ini, didapatkan dari hasil kaji literatur dan dari hasil kaji eksperimental:

$$\begin{aligned}C_{v_{lpg}} &= 46.944,48 \text{ kJ} && [6] \\ \dot{m}_{lpg} &= 0,00005 \text{ kg/s} && (\text{kaji eksperimental}) \\ \dot{m}_{gas} &= 0,000625 \text{ kg/s}^* && (\text{ditentukan})\end{aligned}$$

* dari hasil kaji literatur dan eksperimental, laju produksi minyak dalam 1 kg paling banyak dapat menghasilkan 0,75 kg. dari angka tersebut maka di asumsikan minyak yang dapat dihasilkan dari proses yang direncanakan adalah sebanyak 0,75 kg dari 1 kg plastik dengan lama proses 60 menit.

$$\begin{aligned}h_{gas} &= 439,4 \text{ kJ/kg} && (\text{perhitungan}) \\ T_h &= 200^\circ\text{C} && (\text{kaji ekperimental})\end{aligned}$$

*ketika plastik dibakar, uap mulai muncul pada temperatur 180°C - 200°C .

$$\begin{aligned}T_c &= 25^\circ\text{C} \\ A &= (\square d \times t) + (\square r^2) \\ &= (n.0,35 \times 0,5) + (n \times 0,175) \\ &= 1,0996 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Perhitungan

Dengan menggunakan **Persamaan (3.1)** dan **Persamaan (3.3)** maka dapat ditentukan:

Q_{in} (Kalor Yang Dibangkitkan)

$$\begin{aligned}Q_{in} &= C_{v_{lpg}} \times \dot{m}_{lpg} \\ &= 46.944,48 \text{ kJ} \times 0,00005 \text{ kg/s} \\ &= 2.347 \text{ kW} \\ &= 2347 \text{ W}\end{aligned}$$

Q_{out2} (Kalor Yang Terbawa Uap/Gas)

$$\begin{aligned} Q_{out2} &= \dot{m}_{gas} \times h_{gas} \\ &= 0,000625 \times 439,4 \\ &= 0,274 \text{ kW} \\ &= 274 \text{ W} \end{aligned}$$

Menggunakan persamaan kesetimbangan energi, maka dapat ditentukan:

$$dU = Q_{in} - (Q_{out1} + Q_{out2})$$

Dengan asumsi, tidak ada perubahan energy dalam system, pada saat kondisi steady, maka :

$$\begin{aligned} dU &= 0 \\ Q_{out1} &= Q_{in} - Q_{out2} \\ &= 2347 - 274 \\ &= 2073 \text{ W (Rugi-Rugi Panas)} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan kesetimbangan energi, didapatkan angka sebesar 2073 W. Jika dipersentasikan angka tersebut adalah sekitar 88% dari kalor yang dibangkitkan yakni sebesar 2347 W. Rugi-rugi panas sebesar 88% bukan merupakan persentase yang baik untuk sebuah sistem perpindahan panas. Maka dari itu, untuk mengurangi rugi-rugi panas yang terjadi pada reaktor, harus dilakukan isolasi menggunakan bahan isolator yang dapat meredam perpindahan panas dari dalam reaktor ke lingkungan sekitar.

Isolasi

Dalam proses mengisolasi suatu sistem perpindahan panas, yang paling penting untuk dilakukan yakni menentukan jari-jari kritis yang dapat diterapkan pada sistem tersebut. Selain itu, diperlukan juga data-data dari sistem yang akan di isolasi.

Data perhitungan :

$$l = 500 \text{ mm}$$

$$T_h = 200^\circ\text{C}$$

$$T_c = 25^\circ\text{C}$$

$$r_o = 175 \text{ mm}$$

$$r_i = 173,75 \text{ mm}$$

$$K_{\text{glasswool}} = 0,038 \text{ W/m}^\circ\text{C} \quad [6]$$

$$h_c = 3,4524 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C} \quad [6]$$

Perhitungan,

$$r_c = \frac{k}{h_c}$$

$$r_c = \frac{0.038}{3,4524}$$

$$r_c = 0,01 \text{ m} = 1 \text{ cm} \quad (\text{Tebal Isolasi Glasswool Untuk Reaktor})$$

3. Pipa Penyalur

Pipa penyalur dirancang dengan mempertimbangkan beberapa aspek teknis, dan non-teknis antara lain:

- a. Perpindahan panas yang terjadi, dibuat agar sebanyak-banyaknya, hal ini dilakukan agar meringankan kerja dari kondensor.

Solusinya adalah dengan cara memilih material pipa yang nilai mampu hantar panasnya besar dan sesuai dengan kebutuhan alat.

- b. Pada bagian sisi keluar reaktor perpindahan panas yang terjadi, dibuat sekecil mungkin. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir kemungkinan tersumbatnya saluran keluar reaktor, karena pada saat uap kehilangan panasnya terlalu cepat, maka akan merubah fasa uap tersebut menjadi padatan-padatan semacam lilin (hasil kaji eksperimental).

Solusinya adalah dengan cara melakukan isolasi terhadap pipa dibagian keluar reaktor.

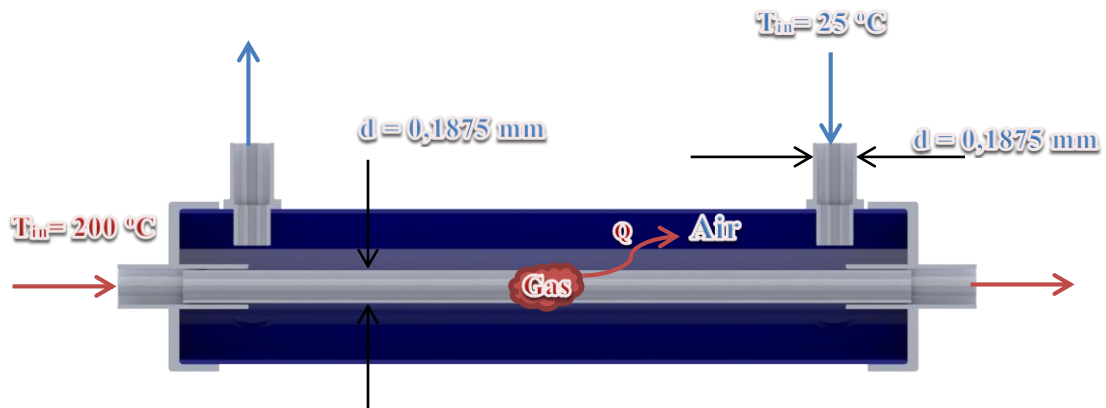
- c. Layout pipa penyalur dibuat agar dapat memaksimalkan jarak yg ada, sehingga dimensi alat keseluruhan tidak terlalu besar.

Solusinya dengan cara membagi layout pipa penyalur menjadi beberapa laluan

4. Kondensor

Kondensor merupakan salahsatu komponen terpenting dalam perancangan alat ini, karena proses yang berlangsung dalam kondensor ini akan sangat menentukan jumlah minyak cair yang dapat diproduksi oleh alat. Dalam perancangan kondensor, beberap aspek yang perlu diperhatikan antara lain:

- a. Laju pendinginan gas dalam pipa penyalur dibuat agar nilainya tetap sama atau tidak jauh signifikan perubahannya selama proses berlangsung. Hal ini dilakukan, agar, laju produksi minyak cair selama proses dapat dibuat seoptimal mungkin.
- b. Jumlah fluida pendingin harus disesuaikan dengan laju pendinginan yang diinginkan



Gambar 3.5 ilustrasi sistem perpindahan panas pada kondensor dengan aliran lawan arah (*Counter Flow*)

Perpindahan Panas Yang Terjadi

$$Q = h_c \times A \times dT$$

Dimana,

Q = Perpindahan Kalor (W)

h_c = Koefisien Konveksi Fluida (Air) (W/m. $^{\circ}$ C)

A = Luas Permukaan Pipa (m 2)

Dari gambar sistem dan persamaan diatas, maka dapat ditentukan dimensi pipa dari kondensor yang akan dibuat. Adapun beberapa hal yang perlu ditentukan sebelum menghitung dimensi pipa kondensor antara lain:

1. Diameter Pipa = $\frac{3}{4}$ Inch
2. Jenis Air Pendingin = Air (H $_2$ O)

Data Perhitungan

Adapun data-data yang digunakan dalam perhitungan dibawah ini, didapatkan dari hasil kaji literatur dan dari hasil kaji eksperimental:

Temperatur pemanasan = 200 $^{\circ}$ C *

* (Pada temperatur = 200°C *polymer* mulai mengalami perubahan fasa dari cair menjadi gas, sehingga angka tersebut dipilih menjadi angka untuk pemasan pada reaktor)

$$T_{\infty} = 25^{\circ}\text{C}$$

Menentukan Panjang Pipa Kondensor

Mencari Tempertur Film

$$\begin{aligned} T_f &= \frac{(T_h + T_c)}{2} \\ &= \frac{(200 + 25)}{2} \\ &= 112.5^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Menentukan Sifat Air Pada Temperatur Film

Dari Tabel A-9 Sifat-sifat Air (Zat Cair Jenuh)

[3]

$$\rho = 949,0 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 2.50 \text{ kg/m.s}$$

$$K = 0,6847 \text{ W/m.}^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 1,552$$

$$V = 0,2646 \times 10^{-6}$$

$$d = 0,1875 \text{ m}$$

$$Q = 0,83 = 8,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

*Angka yang didapat dari hasil interpolasi.

Menentukan Luas Penampang Alir

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} \times d^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \times 0,1875^2 \text{ m} \\ &= 0,0276 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Menentukan Kecepatan Alir Fluida Pendingin

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{8,3 \times 10^{-4}}{0,0276} \\ &= 0,03 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Menentukan Bilangan Reynold

$$\begin{aligned} Re_D &= \frac{\rho \times U_{\infty} \times D}{\mu} \\ &= \frac{(949,0 \times 0,03 \times 0,1875)}{2,5} \\ &= 2,135 \end{aligned}$$

Dari Tabel 6.2 Koefisien rata-rata perpindahan panas [6]

$$Re_D = 2,135 \text{ (Circular Geometri)}$$

Maka,

$$C = 0,989$$

$$m = 0,330$$

Maka Bilangan *Nusselt* dapat di hitung

$$\begin{aligned} Nu &= \frac{h_c \times D}{K} = C \times Re_D^m \times Pr^{1/3} \\ &= 0,989 \times 2,135^{0,330} \times 1,552^{1/3} \\ &= 1,6354 \end{aligned}$$

Koefisien Konveksi

$$\begin{aligned} h_c &= Nu \frac{K}{D} \\ &= 1,6354 \times \frac{0,6847}{0,1875} \\ &= 2,3203 \text{ w/m}^2.C \end{aligned}$$

Panjang Pipa

$$Q = h_c \times A \times dT$$

$$A = \frac{Q}{h_c} \times dT$$

$$\Delta L = \frac{Q}{h_c} \times dT$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{Q}{\left(\frac{h_c \times dT}{\Delta L}\right)} \\ &= \frac{274}{\left(\frac{2,3203 \times (200-25)}{\Delta \times 0,1875}\right)} \\ &= 1,1456 \text{ m} \end{aligned}$$

5. Rangka Penopang

Rangka penopang merupakan bagian yang berfungsi sebagai landasan komponen-komponen lainnya, tiap komponen memiliki bobot yang jika dikalkulasikan akan cukup berat, maka dari itu perancangan rangka penopang ini mempertimbangkan aspek berikut ini :

- a. Dibuat rigid dan kuat agar dapat menjaga posisi tiap komponen pada posisinya.

Solusinya material dan dimensi profil untuk rangka dipilih yang kuat dan sesuai kebutuhan.

- b. Rangka penopang dibuat dapat bergerak jika di inginkan, untuk mempermudah mobilisasi alat pengubah sampah 42ariabl ini. Namun juga dapat diam dan rigid ketika melakukan proses.

Solusinya adalah dengan cara memberikan roda pada bagian bawah rangka yang dapat membuat rangka mudah untuk melaju ketika diinginkan, dan dapat dikunci ketika rangka harus berada pada posisi yang tetap/diam.

3.6 Draft perancangan

Setelah melalui tahap detail perancangan, maka tahapan berikutnya adalah konsep perancangan, konsep perancangan yang dimaksud disini adalah hasil akhir dari sebuah tahapan perancangan, yang disajikan melalui gambar teknik. Gambar teknik yang dihasilkan dari tahap perancangan ada empat, yakni :

1. Gambar teknik reaktor (**Lampiran I**)
2. Gambar teknik kondensor (**Lampiran I**)
3. Gambar teknik rangka penopang (**Lampiran I**)
4. Gambar teknik perakitan komponen (**Lampiran I**)

3.7 Proses Pengadaan Alat, Bahan, dan Pembuatan Alat

Proses pengadaan alat, bahan, dan pembuatan alat merupakan lanjutan dari tahap perancangan, setelah perancangan dan perhitungan dilakukan maka selanjutnya proses ini dilaksanakan. Proses ini diawali dengan melakukan survey pasar guna menentukan jenis material apa saja yang dapat kita gunakan, komponen standar apa yang dapat digunakan, berapa harganya, dan bagaimana cara memprosesnya agar menjadi komponen yang kita inginkan. Selain itu, proses pembuatan ini berdasarkan pada gambar kerja yang telah dibuat (lihat pada **Lampiran II**).

3.8 Pengujian Alat

Tahapan selanjutnya dari penelitian ini adalah proses pengujian alat. Proses pengujian alat merupakan tahap yang dilakukan untuk mengetahui sejauh mana performansi dari alat yang telah dibuat, dalam tahapan ini setiap variabel yang terlibat dan berpengaruh dicatat dan didokumentasikan hasilnya untuk selanjutnya menjadi bahan analisa. Adapun *standar operation procedure* (SOP), bahan dan peralatan yang digunakan dalam proses pengujian alat ini sebagai berikut :

3.8.1 Prosedur Pengujian Alat

Adapun prosedur pengujian yang harus dilakukan dalam proses pengujian alat ini, dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut ini,

Tabel 3.14 Alat yang digunakan dalam proses pengujian

No	Alat	Banyaknya
1	Arduino	1
2	Sensor LM35	5
3	Laptop	1
4	Bahan Baku (Botol Aqua 1.5L)	1 Kg
5	Gas LPG (3 Kg)	1
6	Air	25-30 Liter
7	Terminal Listrik	1

Tabel 3.15 Prosedur Pengujian Alat

No	Proses	Alat yang digunakan
1	Menyiapkan dan menimbang bahan baku	Timbangan Digital, Botol Aqua 1.5 L
2	Menyiapkan dan menimbang bahan bakar tungku (LPG)	Timbangan Digital, Gas LPG 3 kg
3	Membuka penutup reaktor, memasukkan bahan baku kedalam reaktor, lalu menutupnya kembali dengan rapat.	Klem
4	Memasang regulator pada tabung gas (LPG)	Tidak Ada
5	Mengisi wadah penampungan air pendingin	Air
6	Mengatur waktu pada stopwatch	Jam Tangan

Tabel 3.15 Prosedur Pengujian Alat (*lanjutan*)

No	Proses	Alat yang digunakan
7	Memasangkan rangkaian sensor temperatur pada laptop, mengupload program, lalu menjalankannya bersamaan dengan dinyalakannya tungku.	Microcontroller (Arduino), Laptop, Obeng
8	Biarkan proses berlangsung selama waktu yang telah ditentukan (3 Jam)	Tidak Ada
9	Setelah 3 jam, maka proses pengujian dinyatakan selesai. Matikan tiap rangkaian instalasi mulai dari tungku, sensor, stopwatch, dsb. <i>Copy</i> data yang tercatat pada instalasi arduino dan pindahkan kedalam MS Word sebelum sensor di matikan	Tidak Ada

3.8.2 Pengujian Alat

Proses pengujian alat dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah dibuat sebelumnya. Dalam proses pengujian ini hal yang paling utama dilakukan sebelum dimulainya pengujian adalah menentukan variabel-variabel yang terlibat dalam proses pengujian. Adapun variabel-variabel tersebut antara lain:

1. Pengaturan tinggi maksimum dan minimum temperatur reaktor
2. Pengaturan tinggi maksimum dan minimum temperatur reaktor air pendingin kondensor
3. Lama proses 180 Menit
4. Massa bahan baku yang digunakan 1 kg (plastik botol), 1 kg (kantong plastik) dalam tiap 1 kali proses pengujian.
5. Pencatatan data dilakukan di 4 titik, yaitu:

- a. Temperatur reaktor
- b. Temperatur uap masuk kondensor (keluar reaktor)
- c. Temperatur uap keluar kondensor
- d. Temperatur air pendingin keluar kondensor

*pencatatan dilakukan dalam interval waktu kelipatan 10 detik.

Pengujian dilakukan sebanyak 4 kali pengujian, hal ini berdasarkan pada jumlah angka yang divariasikan dari point 1 dan 2. Variasi angka yang dimaksud dapat dilihat pada Tabel 3.16 berikut:

Tabel 3.16 Variasi Angka Pengujian

No	Variabel	Variasi Angka C
1	Temperatur Reaktor	180-190
		220-230
2	Temperatur Air Kondensor	25-30
		35-40

3.8.3 Hasil Pengujian Alat

Setelah dilakukan pengujian sebanyak 4 kali proses, maka didapatkan data-data sebagai berikut ini :

*(dapat dilihat pada **Lampiran IV**)

3.8.4 Analisa Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian dan didapat data-data diatas maka penulis melakukan analisa terhadap data yang ada, berikut hasil analisa:

1. Analisa Alat

Secara keseluruhan, setiap komponen yang ada dalam rangkaian system berfungsi cukup baik, tungku dapat memanaskan reaktor hingga temperatur tertinggi mencapai 250°C dengan konsumsi bahan bakar yang konsisten, didalam kondensor yang merupakan

komponen penukar panas terjadi pertukaran panas yang cukup baik antara uap dan air pendingin hal tersebut dapat dilihat dari angka rata2 temperatur uap masuk dan keluar kondensor yang mengalami penurunan cukup signifikan.

2. Analisa Produk

Selain data-data diatas, dari hasil pengujian didapatkan pula produk hasil pengolahan limbah plastik sebagai berikut:

Bahan baku kantong plastik

Dari hasil pengujian menggunakan bahan baku kantong plastik, dihasilkan minyak cair sebanyak 250 ml, dengan karakteristik:

- a. Cairan berwarna bening kekuningan layaknya BBM jenis premium
- b. Cairan berbau menyengat
- c. Cairan dapat terbakar jika disulut dengan api
- d. Cairan lebih kental jika dibandingkan dengan BBM jenis premium
- e. Cairan dapat membeku ketika disimpan pada temperature kamar

Bahan baku botol plastik

Dari hasil pengujian menggunakan bahan baku kantong plastik, tidak di hasilkan minyak cair seperti halnya pengujian menggunakan kantong plastic, melainkan menghasilkan padatan-padatan mirip dengan padatan yang terbentuk ketika minyak sayur terkena temperatur rendah (di bawah temperatur kamar), adapaun karakteristik dari padatan yang di hasilkan, yakni:

- a. Padatan berwarna dan bertekstur mirip dengan padatan yang dihasilkan ketika minyak goreng dibekukan yakni putih kekuningan.
- b. Padatan berbau menyengat
- c. Padatan dapat terbakar jika disulut dengan api
- d. Padatan dapat dicairkan pada temperature $> 60^{\circ}\text{C}$, dan kembali membeku pada temperature $< 60^{\circ}\text{C}$

- e. Padatan mengandung air (terlihat ketika padatan dicairkan, terdapat 2 lapisan cairan, yakni lapisan air minyak dibagian atas, dan lapisan air dibagian bawah). Hal tersebut di duga akibat adanya air yang masih menggenang didalam kemasan botol air mineral yang digunakan sebagai bahan baku proses.