

Perancangan Kondensor Asap Hasil Pembakaran Sampah Plastik *Polyethylene Terephthalate* pada Mesin Pembakar Sampah

Hari Agung Priyonggo^{1*}, Jauhari Ali¹, dan Candra Damis Widiawaty¹

¹ Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16425

Abstrak

Sampah merupakan bahan yang mencemari lingkungan. Cara menanggulangi sampah salah satunya dengan cara pembakaran. Pembakaran diruang terbuka dapat mengakibatkan polusi udara dan sampah yang dibakar ini tidak memiliki nilai lebih untuk dimanfaatkan lebih lanjut. Sehingga dibutuhkan suatu mesin pembakar sampah yang tidak mengakibatkan polusi udara dan dapat menambah nilai guna dari hasil pembakaran tersebut. Pada mesin pembakar sampah terdapat tungku yang memiliki dua ruang yaitu ruang pembakaran dengan bahan bakar kayu meranti kering dan ruang pemanasan untuk memanaskan plastik polyethylene terephthalate (PET). Selain itu, untuk menambah nilai guna dari hasil pembakaran dan pemanasan, dibutuhkan kondensor yang berguna untuk mengkondensasi asap hasil pembakaran dengan mengubah fasa gas dari asap menjadi fasa cair yang memiliki nilai tambah. Pada pelaksanaannya dilakukan beberapa metode meliputi identifikasi masalah dan kebutuhan, pembuatan konsep desain, analisa perhitungan rancangan, fabrikasi, dan pengujian alat. Penelitian ini fokus pada perancangan kondensor yang digunakan sebagai pengolah asap pembakaran plastik PET. Perancangan kondensor bertujuan untuk mengubah asap hasil pembakaran plastik menjadi hidrokarbon cair yang dapat digunakan sebagai bahan bakar minyak alternatif. Perancangan ini menghasilkan desain kondensor jenis shell and tube dengan aliran counterflow. Tube yang dipilih adalah pipa tembaga berdiameter 0,5 inch dan shell yang dipilih adalah pipa baja karbon sedang berdiameter 5[inch]. Berdasarkan analisa rancangan laju perpindahan kalor yang untuk mengubah fasa gas menjadi cair 1986,827 W, koefisien perpindahan kalor menyeluruh sebesar 38,446 W/m².K, Sehingga Panjang pipa yang dibutuhkan yaitu 13588,47 mm.

Kata-kata kunci: Sampah PET; Kondensor; Fasa

Abstract

Waste is a material that pollutes the environment. One way to cope waste is by burning. Burning in open space can cause air pollution. Burning in the open space can cause air pollution and when burning the waste does not have more value to be utilized further. So that it takes a waste combustion machine that does not cause air pollution and add a value of the combustions fumes. In the waste combustion machine there is a furnace that has two chambers, there are the combustion chamber with dry meranti wood fuel and a heating chamber to heat polyethylene terephthalate (PET) plastic. In addition, to add a value of the combustions fumes, a condenser is needed which is useful to condense the fumes from combustion by changing the gas phase from smoke into a liquid phase which has added value. In its implementation, several methods are carried out including identification of problems and needs, design concepts, analysis calculation of design, fabrication, and testing of machine. This research focuses on the design of condensers which are used as processors of PET plastic combustion fumes. The design of the condenser aims to convert the fumes from the combustion of plastic into liquid hydrocarbons which can be used as alternative fuel oil. This result of design is a shell and tube type condenser with counterflow type of fluids flow. The chosen tube is a 0.5 inch copper pipe and the choosen shell is a 5 [inch] mild carbon pipe. Based on the analysis of the design, heat transfer to convert the gas phase to liquid phase is 1986.827 W, the overall heat transfer coefficient is 38.446 W / m².K, so that the required pipe length is 13588.47 mm.

Keywords: waste PET; Condenser; Phase

* Corresponding author E-mail address: hariagung0497@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan suatu pencemaran lingkungan yang susah untuk menanggulangnya. Salah satu cara untuk menanggulangi sampah adalah dengan cara pembakaran. Pembakaran merupakan salah satu cara yang mudah dalam penanganan sampah berlebih. Pembakaran merupakan proses bereaksinya bahan bakar (seperti biomassa, minyak, dll) dengan oksigen yang disebut dengan oksidasi [1]. Namun pembakaran yang dilakukan di tempat terbuka akan menghasilkan asap yang mengakibatkan polusi udara. Berdasarkan penelitian asap pembakaran sampah dapat diolah menjadi sesuatu yang bermanfaat, salah satunya adalah asap cair. Asap cair adalah suatu hasil dari kondensasi atau pengembunan dari asap hasil dari pembakaran [2].

Observasi dilakukan di Politeknik Negeri Jakarta yang masih melakukan pembakaran sampah di tempat terbuka (Bak sampah disebelah bengkel Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta). Pembakaran tersebut dilakukan karena tempat penampungan sampah utama di belakang gedung PUSGIWA telah melebihi kapasitas. Berdasarkan hasil wawancara pertama kepada petugas kebersihan di Politeknik Negeri Jakarta yang memperoleh sampah plastik (*polyethylene terephthalate*) sebanyak tiga gerobak kuning penuh dalam satu minggu, dengan volume setiap gerobak kuning sebesar 160 liter. Sehingga dalam satu minggu petugas kebersihan dapat memperoleh sampah plastik (*polyethylene terephthalate*) sebanyak 480 liter atau 15 kg. Berdasarkan hasil wawancara kedua kepada penanggung jawab bengkel praktikum jurusan Teknik Sipil di Politeknik Negeri Jakarta yang menghasilkan sampah kayu kering sisa praktikum dalam satu minggu sebanyak 25 kg.

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan di Politeknik Negeri Jakarta akibat dari pembakaran sampah, penulis ingin membuat mesin pembakar sampah ramah lingkungan bertujuan untuk membakar sampah agar dapat mengurangi limbah sampah khususnya sampah kayu kering dan plastik *polyethylene terephthalate* (PET), kemudian pembakaran tersebut tidak mencemari udara karena memanfaatkan asap pembakaran sampah tersebut dengan mengubahnya menjadi fasa cair. Mesin pembakar sampah ramah lingkungan tersebut terdiri dari tiga komponen utama yaitu tungku, kondensator untuk sampah kayu meranti kering, dan kondensator untuk sampah PET. Fungsi dari masing-masing komponen yang dilihat dari tempat berlangsungnya proses yaitu tungku digunakan sebagai tempat berlangsungnya proses pembakaran, kondensator untuk sampah kayu kering meranti sebagai tempat berlangsungnya proses kondensasi asap kayu meranti kering, dan kondensator untuk sampah PET sebagai tempat berlangsungnya proses kondensasi asap PET.

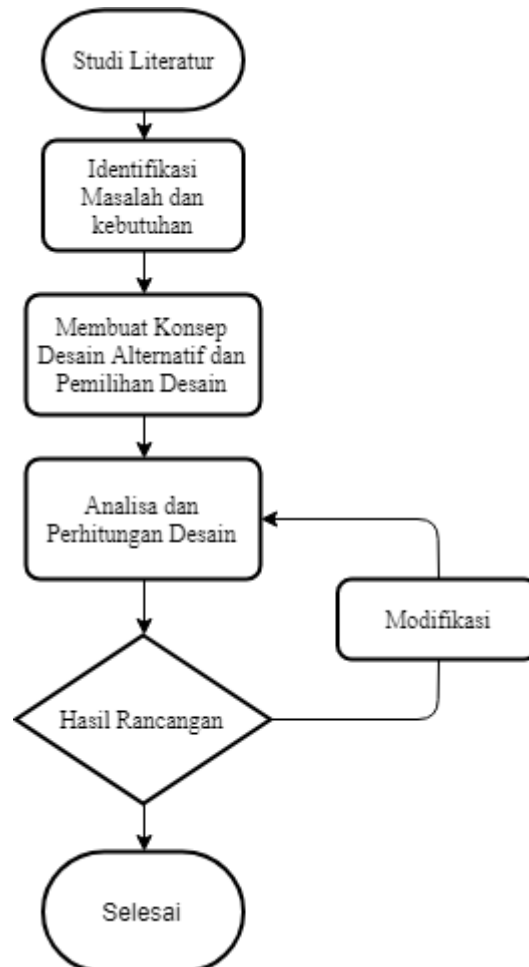
Maka dilakukan rancang bangun kondensator untuk mengolah asap pembakaran sampah PET. Asap yang keluar dari ruang pemanasan akan diubah fasanya dari gas menjadi cair di dalam kondensator. Jenis konstruksi dari kondensator yang dirancang adalah konstruksi *Shell and Tube*, asap dialirkan di dalam *tube* (pipa) dan air pendingin mengalir di dalam *shell*. Kondensator dirancang dengan tipe aliran *counterflow*. Hasil pembakaran dan kondensasi plastik juga membentuk suatu senyawa hidrokarbon cair[3]. Hidrokarbon cair hasil kondensasi tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif serta diolah menjadi bahan bakar minyak. Sehingga mesin pembakar sampah diharapkan dapat mengurangi pencemaran lingkungan serta menghasilkan minyak yang bermanfaat.

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan satu rancangan *shell and tube condenser* yang dapat mengubah asap pembakaran sampah plastik menjadi minyak.
2. Menghasilkan minyak yang bermanfaat dari pembakaran sampah plastik.

2. METODE RANCANG BANGUN

Diagram Alir Rancang Bangun Kondensor



Gambar 1. Diagram alir metode perancangan kondensor

Identifikasi Masalah dan Kebutuhan

Identifikasi masalah mengenai sampah atau limbah dilakukan dengan wawancara kepada petugas kebersihan PNJ dan Penanggung jawab bengkel pratikum Teknik Sipil PNJ.

Berikut hasil wawancara :

1. Masalah sampah di PNJ ialah kurang memadainya tempat pembuangan sampah terakhir (dibelakang gedung PUSGIWA) sehingga pembuangan dialihkan ke bak sampah di samping bengkel teknik sipil PNJ. Sampah yang terkumpul di bak tersebut kemudian dimusnahkan dengan cara pembakaran ditempat terbuka yang mengakibatkan polusi udara.
2. Jenis sampah yang sering dimusnahkan dengan cara pembakaran di bak sampah sebelah bengkel teknik sipil PNJ dibagi menjadi dua yaitu sampah organik dan non organik. Sampah organiknya ialah serbuk kayu meranti yang merupakan sisa dari pratikum bengkel teknik sipil. Sampah non-organik ialah botol minum atau gelas plastik berbahan *polyethylene terephthalate*.
3. Banyaknya sampah serbuk kayu meranti yang dihasilkan sebanyak 20 kg/minggu, sedangkan sampah botol minum atau gelas plastik berbahan *polyethylene terephthalate* sebanyak 15 kg.
4. Setelah dilakukan identifikasi masalah, penulis melakukan analisa kebutuhan berikut hasil analisa kebutuhan :
 - Dibutuhkan mesin pembakar sampah yang ramah lingkungan dan tidak mengakibatkan polusi.
 - Dibutuhkan mesin yang dapat menambah nilai guna dari sampah atau limbah.

Berdasarkan hasil analisa kebutuhan ini maka akan dilakukan perancangan dan pembuatan mesin pembakar sampah yang tidak mengkaibatkan polusi, dan menambah nilai guna dari sampah atau limbah ini. Nilai guna

yang dimaksud disini salah satunya adalah asap hasil pembakaran sampah plastik PET. Mesin pembakar sampah ini terdiri dari tiga komponen utama yaitu tungku reaktor, kondensor sampah plastik PET, dan kondensor limbah serbuk kayu meranti. Penelitian ini terfokus pada perancangan dan pembuatan kondensor sampah plastik PET.

Setelah penentuan bagian komponen yang akan dirancang dan dibuat, maka dilakukan analisa kebutuhan untuk merancang kondensor sebagai berikut :

- Membutuhkan kondensor untuk merubah fasa gas (asap hasil pembakaran plastic PET) ke fasa cair
- Membutuhkan dimensi kondensor yang tidak terlalu besar (panjang kurang dari 1,5 m)
- Membutuhkan proses manufaktur dan material yang mudah diproses dan didapatkan.

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai dasar pengetahuan dan pembandingan dalam merancang desain, analisa dan perhitungan desain, dan proses manufakturnya. Studi literatur yang digunakan oleh penulis yaitu jurnal, buku, dan artikel yang terkait dengan kondensor.

Kondensasi

Kondensasi adalah proses perubahan uap menjadi fasa cair yang terjadi apabila uap tersebut bersentuhan melalui permukaan kontak yang suhunya lebih rendah daripada suhu jenuh uap. Energi laten akan dilepas dan kalor akan dipindahkannya hingga pada akhirnya terjadi perubahan fasa pada uap [4].

Kondensor

Kondensor merupakan sebuah alat penukar panas (*heat exchanger*) yang berfungsi mengkondensasikan fluida kerja. Kondensasi terjadi jika suhu dari bahan dibawah suhu saturasi dari gas, kemudian pada gas terjadi perubahan fase menjadi cair [5].

Kalor Sensibel

Kalor sensibel adalah kalor yang digunakan oleh suatu zat untuk mengubah temperatur zat tersebut. Kalor sensibel ini tidak sampai menyebabkan zat mengalami perubahan fasa [6].

$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta T \quad (1)$$

Keterangan :	Q	: Besarnya energi kalor sensibel yang bekerja pada suatu zat [J]
	m	: Massa zat [kg]
	cp	: Kalor jenis [$\frac{J}{kg.K}$]
	ΔT	: Perubahan temperatur [°C]

Kalor Laten

Kalor laten adalah kalor yang digunakan untuk mengubah wujud atau fase suatu zat. Perubahan fase terjadi apabila suatu zat sudah mencapai titik jenuhnya. Pada saat zat mengalami perubahan fase, zat tersebut tidak mengalami perubahan suhu [6].

$$Q = m \cdot h_l \quad (2)$$

$$Q = \dot{q} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Keterangan :	h_l	: Kalor laten [$\frac{kJ}{kg}$]
	Δt	: Waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan energi kalor [s]

Kesetimbangan Kalor

Kesetimbangan kalor menjelaskan kalor yang masuk kedalam suatu sistem sama dengan kalor yang keluar dari sistem [4].

$$Q_c = Q_h \quad (4)$$

Konduksi pada Bidang Silindris

Proses perpindahan kalor konduksi pada *tube* silindris yang dilalui oleh fluida panas, maka kalor yang dikandung fluida akan dipindahkan keluar menurut arah radial sepanjang pipa. Oleh karena itu, besarnya kalor yang dipindahkan pada *tube* silindris dapat ditentukan sebagai berikut[4].

$$q = \frac{2\pi kL \cdot (T_i - T_o)}{\ln \frac{r_o}{r_i}} \quad (5)$$

- Dimana: q = Laju perpindahan kalor konduksi [Watt]
 K = Konduktivitas termal bahan [W/m.K]
 L = panjang pipa [m]
 r_i = Jari-jari dalam pipa [m]
 r_o = Jari-jari luar pipa [m]
 $(T_i - T_o)$ = Gradien suhu pada pipa luar dan pipa dalam [K]

Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan panas yang disertai perpindahan partikel-partikel penyusun fluida sebagai media pindah panasnya. Untuk menghitung kalor yang berpindah dengan konveksi dapat menggunakan persamaan:[4]

$$q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) \quad (6)$$

- Dimana: q = Laju aliran panas dengan cara konveksi [Watt]
 h = Koefisien perpindahan panas konveksi [W/m².K]
 A = Luas penampang [m²]
 $(T_s - T_\infty)$ = Beda temperature pada penampang [K]

Nilai koefisien perpindahan kalor konveksi dapat dihitung melalui persamaan

$$h = k \frac{Nu}{D} \quad (7)$$

- Dimana : Nu = Nusselt Number
 h = Koefisien pindah panas secara konveksi [W/m²K]
 k = Koduktivitas panas fluida [W/mK]
 D = Diameter pipa [m]

Laju Massa Fluida

Analisa laju massa yang dibutuhkan menggunakan persamaan azaz kontuinitas dan persamaan debit aliran. Persamaan azaz kontuinitas merupakan persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida dari suatu tempat ke tempat lainnya.

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2 \quad (8)$$

- Dimana: A = luasan penampang aliran fluida [m²]
 v = Kecepatan aliran fluida [$\frac{m}{s}$]

Faktor Pengotoran (Fouling factor)

Faktor pengotoran ini sangat mempengaruhi perpindahan panas pada *heat exchanger*. Pengotoran ini dapat terjadi endapan dari fluida yang mengalir, juga disebabkan oleh korosi pada komponen dari *heat exchanger* akibat pengaruh dari jenis fluida yang dialirinya. Selama *heat exchanger* ini dioperasikan pengaruh pengotoran pasti akan terjadi [7].

Beda Temperatur Rata-rata Logaritmik (LMTD)

LMTD adalah beda suhu pada ujung penukar kalor dikurangi beda-temperatur pada ujung yang lain dibagi dengan logaritma alamiah daripada perbandingan kedua beda-temperatur tersebut. Analisa LMTD ini dibutuhkan untuk menghitung luasan yang dibutuhkan pada proses kondensasi.. Penelitian ini menggunakan tipe aliran *counterflow* [6].

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln[(T_1 - t_1) / (T_2 - t_1)]} \quad (9)$$

Perpindahan Kalor Menyeluruh

Koefisien perpindahan kalor menyeluruh adalah penjumlahan dari seluruh koefisien perpindahan kalor yang bekerja pada sistem. Koefisien perpindahan panas menyeluruh ini tergantung bentuk penampang, pada penelitian kali ini bentuk penampang berbentuk silinder [4].

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_2}} \quad (10)$$

h = koefisien perpindahan panas konveksi [W/m²K]

k = koefisien perpindahan panas konduksi [W/m·K]

Δx = tebal dinding [m]

Maka koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk bidang silindris dengan faktor pengotoran (*fouling factor*) adalah:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + R_{f.o} + \frac{r_o}{k} \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) + \left(\frac{r_o}{r_i}\right) R_{f.i} + \left(\frac{r_o}{r_i}\right) \frac{1}{h_i}} \quad (11)$$

Dimana : R_{f.o} : Faktor kotoran di luar *tube* [m².K/m]

R_{f.i} : Faktor kotoran di dalam *tube* [m².K/m]

Luas Permukaan Perpindahan Kalor

Analisa luasan yang dibutuhkan pada proses kondensasi menggunakan persamaan perpindahan kalor yang menyeluruh [4].

$$A = \frac{q}{U \cdot \Delta T_{LMTD}} \quad (12)$$

Dimana : U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh [$\frac{W}{m^2 \cdot C}$]

A = Luas permukaan kontak [m²]

q = Laju perpindahan kalor untuk kondensasi

ΔT_{LMTD} = Beda suhu rata-rata logaritmik [°C]

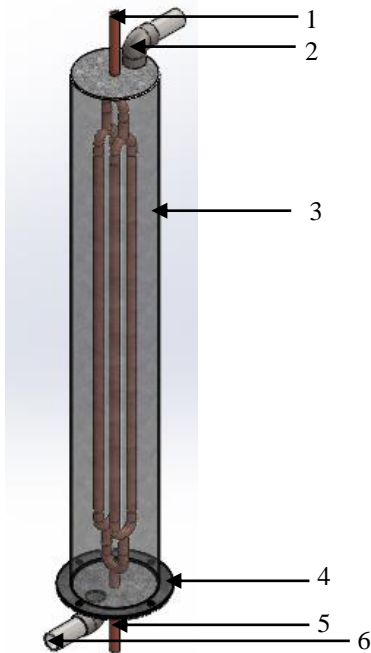
Panjang pipa

Kebutuhan panjang pipa didapat dari luasan selimut silinder karna bentuk bidang yang mengalami kontak perpindahan kalor adalah permukaan selimut pipa [4].

$$L = \frac{A}{\pi D} \quad (13)$$

Konsep Rancangan

Alternatif rancangan dibuat untuk membandingkan kelebihan dan kekurangan dari spesifikasi yang akan dibuat. Berikut adalah konsep rancangan yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar.



Keterangan :

1. Pipa inlet asap
2. Pipa outlet fluida pendingin
3. Shell
4. Flange
5. Pipa Outlet kondensat
6. Pipa inlet fluida pendingin

Gambar 2 Konsep rancangan kondensor *shell and tube*

Berdasarkan identifikasi kebutuhan kondensor sebagai berikut prinsip kerja dan spesifikasi kondensor yang ditetapkan:

1. Prinsip kerja kondensor

Prinsip kerja kondensor shell and tube yaitu tube digunakan sebagai tempat mengalirnya gas panas untuk diubah fasanya menjadi cair. Fasa cair yang terbentuk adalah hidrokarbon cair, berdasarkan kajian terhadap hidrokarbon cair dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif serta diolah menjadi bahan bakar minyak[3].

Shell digunakan sebagai tempat air pendingin mengalir agar terjadi perpindahan kalor yang cukup besar. Fluida pendingin akan masuk melewati pipa inlet, mengalir berlawanan arah dengan gas panas, dan keluar melewati pipa outlet. Setelah gas panas temperaturnya turun dan berubah fasa menjadi cair maka akan ditampung dalam wadah kondensat. Sedangkan air pendingin yang telah keluar akan menuju wadah penampung air dan seterusnya akan mengalami sirkulasi ke dalam kondensor

2. Spesifikasi Kondensor Shell and Coil sebagai berikut :

Tube (pipa) yang digunakan adalah pipa tembaga diameter 0,5 inch. Pipa tembaga dipilih karena memiliki sifat konduktivitas termal yang cukup tinggi di antara logam lain, yaitu 401 W/m.K. Tube berfungsi sebagai tempat mengalirnya asap hasil pembakaran PET dari tungku pemanasan hingga wadah kondensat. Pipa berperan sangat penting karena pipa ini yang menjadi media utama perpindahan kalor di antara asap dan air pendingin.

Shell terbuat dari pipa galvanis diameter 4 inch. Pipa galvanis dipilih karena memiliki kemampuan tahan terhadap korosi yang cukup baik dan cukup ekonomis. Shell digunakan sebagai tempat mengalirnya air pendingin, maka dibutuhkan material yang tahan terhadap korosi.

Pipa Air pendingin menggunakan pipa galvanis ukuran 1 inch. Pipa galvanis dipilih karena memiliki kemampuan tahan terhadap korosi yang cukup baik dan cukup ekonomis. pipa digunakan sebagai tempat mengalirnya air pendingin, maka dibutuhkan material yang tahan terhadap korosi.

Flange terbuat dari plat galvanis dengan ketebalan 3 mm. Flange Berfungsi sebagai penutup dari kondensor. Flange dipilih untuk mempermudah proses *breakdown* kondensor saat kondensor akan dilakukan perawatan.

Seal terbuat dari karet. Seal berfungsi sebagai pelapis antara flange dan shell agar tidak terjadi kebocoran air pendingin. Fluida pendingin yang digunakan adalah air dengan suhu inlet 30 °C. Tipe aliran digunakan *counter flow*. Dimensi keseluruhan kondensor, diameter 130 mm dengan panjang 800 mm

1. Kelebihan kondensor yang dirancang

- Memanfaatkan gravitasi untuk mengalirkan kondensat.
 - Proses pembuatan kondensator dapat dilakukan dengan mesin konvensional
 - Mudah dilakukan *breakdown*
 - Mudah dalam perawatan.
 - Mudah dioperasikan
2. Kekurangan kondensator yang dirancang
 - Membutuhkan daya pompa air pendingin yang cukup besar

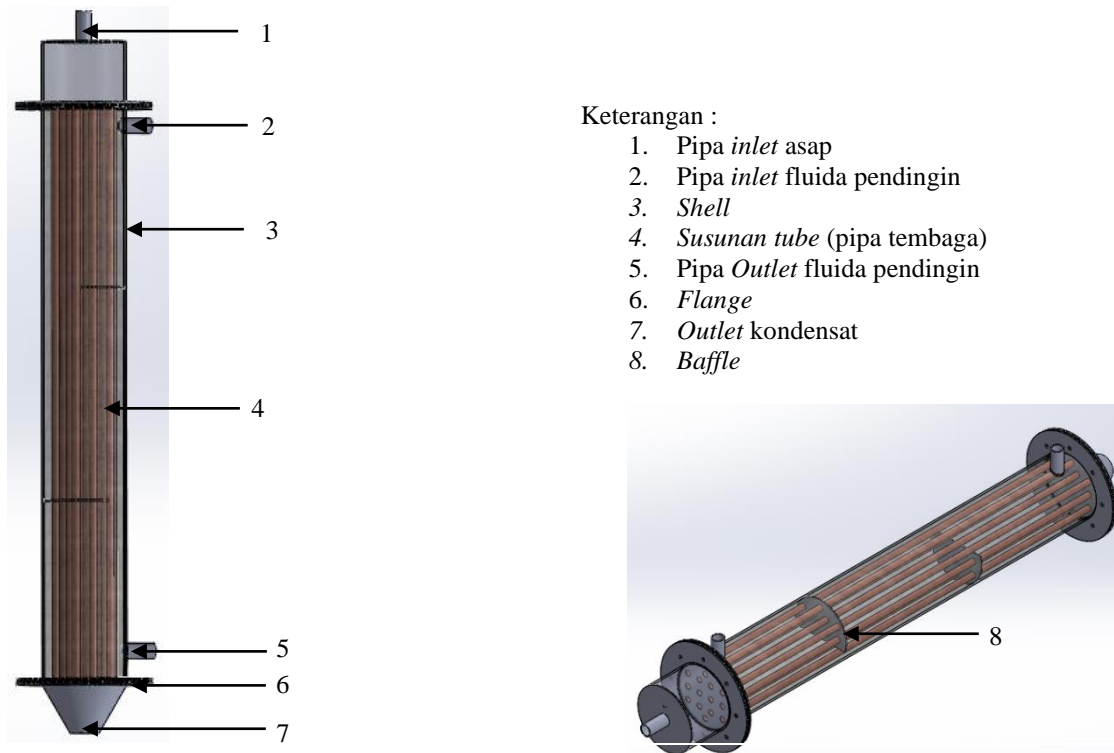
Analisa dan Perhitungan Desain

Analisa dan perhitungan desain dilakukan untuk menentukan kemampuan dan kapasitas kondensator. Semua analisa dan perhitungan tersebut diperoleh dari studi literatur, jurnal, dan katalog.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan

Hasil rancangan kondensator *shell and tube* untuk mengkondensasi asap hasil pembakaran sampah plastik *polyethylene terephthalate* sebagai berikut :



Gambar 3 Hasil rancangan kondensator *shell and tube*

Hasil Perhitungan

Hasil analisa perhitungan desain kondensator *shell and tube* untuk mengkondensasi asap hasil pembakaran sampah plastik *polyethylene terephthalate* sebagai berikut :

- | | |
|---|---|
| 1. Laju massa gas panas dari ruang pemanasan, | $\dot{m} = 6,435 \times 10^{-4} \text{ [kg/s]}$ |
| 2. Suhu gas panas dari ruang pemanasan, | $T_{hi} = 250^\circ\text{C}$ |
| 3. Suhu air pendingin di <i>inlet</i> , | $T_{ci} = 30^\circ\text{C}$ |
| 4. Suhu air pendingin di <i>outlet</i> , | $T_{co} = 40^\circ\text{C}$ |
| 5. Perpindahan kalor untuk kondensasi, | $q = 1986,827 \text{ [J/s]}$ |

6. Laju massa air pendingin	$\dot{m} = 4,755 \times 10^{-2} [kg/s]$
7. Dimensi pipa tembaga,	$D_o = 12,7 [mm], D_i = 10,7 [mm]$.
8. Koefisien perpindahan kalor konveksi di dalam <i>tube</i> ,	$h_i = 13,804 [W/m^2 \cdot K]$
9. Koefisien perpindahan kalor konveksi di luar <i>tube</i> ,	$h_o = 1521,49 [W/m^2 \cdot K]$
10. Koefisien perpindahan kalor menyeluruh,	$U = 38,446 [W/m^2 \cdot K]$
11. Beda suhu rata-rata logaritmik (LMTD),	$\Delta T_{LMTD} = 95,36$
12. Luas permukaan <i>tube</i> (pipa) yang dibutuhkan,	$A = 542156 [mm^2]$
13. Panjang pipa yang dibutuhkan untuk kondensasi,	$L = 13588,47 [mm]$
14. Dimensi <i>shell</i> ,	$D_o = 141,3, D_i = 135,3 [mm]$
15. Jumlah tube (pipa tembaga),	$Nt = 14$ pipa

Proses Kerja Alat

Proses kondensasi terjadi ketika gas hasil pembakaran dialirkan melalui pipa menuju alat penukar kalor (kondensator). Gas pembakaran yang bersuhu tinggi dan berfasa uap akan bersentuhan dengan pipa yang di sisi luarnya dialiri air bersuhu jauh lebih rendah daripada suhu jenuh uap. Kalor laten dari gas pembakaran akan dilepas dan kalor akan dipindahkan ke air bersuhu rendah tersebut sehingga terjadi perubahan fasa pada gas pembakaran menjadi kondensat berfasa cair.

Penelitian ini dibatasi hanya pada perancangan, pembuatan, hingga pengujian alat. Sehingga tidak dilakukan penelitian terhadap komposisi zat yang terkandung dalam kondensat. Berdasarkan penelitian terdahulu, kondensat hasil kondensasi asap pembakaran PET berupa hidrokarbon cair dan tar[3]. Hidrokarbon cair hasil kondensasi tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif serta diolah menjadi bahan bakar minyak. Sehingga mesin pembakar sampah diharapkan dapat mengurangi pencemaran lingkungan serta menghasilkan minyak yang bermanfaat.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan satu rancangan kondensator *shell and tube* yang dapat mengubah asap pembakaran sampah plastik menjadi minyak yang bermanfaat dan memiliki nilai tambah.

REFERENSI

1. F. H. Nurul, "Rancang Bangun Alat Incinerator Tipe Batch," 2014.
2. N. Miskolczi, A. Angyal, L. Bartha, and I. Valkai, "Fuels by Pyrolysis of Waste Plastics from Agricultural and Packaging Sectors in a Pilot Scale Reactor," *Fuel Processing Technology*, vol. 90, no. 7–8, pp. 1032–1040, 2009
3. Miller et al. "Conversion of Waste Plastic to Lubricating Base Oil" *Energy & Fuels*, Vol. 19, No. 4, pp. 1586, 2005
4. Arifianto, Deni. Y, "Rancang Bangun dan Pengujian Model Kondensator Tipe Concentric Tube Counter Current Ganda Dipasang Secara Horizontal Dengan Penambahan Sirip" 2009
5. Gabe, Febri. A. P, "Analisa Termal pada Rancang Bangun Reaktor Pirolisis untuk Memproduksi Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik", 2015
6. Wirajaya, F. I, "Perancangan Mesin Refrigerasi pada *Mini Ice Plant* dengan 3 Kompresor", 2009
7. Jaya, K. I, "Rancang Bangun Integrasi Alat Pirolisis Plastik-Sekam Padi", 2018
8. Joel, R., *Basic Engeneering Thermodynamics*. 3 ed. 1971.
9. Incropera, Frank P. 1990. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. John Wiley & Sons: New York
10. Holman, J.P., *Perpindahan Panas*. 6 ed. 1997, Jakarta: Erlangga.