

## **DESIGN OF REACTOR AND CONDENSOR OF COCONUT SHELL LIQUID SMOKE CAPACITY 500 KG/PROCESS**

**Abdul Gafur\***

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis  
Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau 28711

\*E-mail: [abdulgafur@polbeng.ac.id](mailto:abdulgafur@polbeng.ac.id)

Diterima: 28-10-2021

Direvisi: 09-11-2021

Disetujui: 01-12-2021

### **ABSTRAK**

Permasalahan yang dihadapi kelompok usaha arang tempurung kelapa adalah asap yang banyak dihasilkan dari proses pembakaran. Proses pengolahan tempurung kelapa menjadi arang masih menggunakan cara manual yaitu dibakar menggunakan drum bekas sehingga asap dari proses pembakaran sangat mengganggu lingkungan sekitar. Permasalahan lainnya adalah kapasitas drum bekas sangat terbatas, sekali proses hanya bisa mengolah 100 kilogram tempurung kelapa, jika produksi 1 ton perhari maka akan dibutuhkan 10 buah drum bekas, hal ini mengakibatkan pekerjaan tidak efisien dan membutuhkan tenaga yang lebih ekstra. Permasalahan yang lain juga sangat mengganggu adalah polusi asap yang dihasilkan dari pembakaran tempurung kelapa. Polusi asap ini sangat mengganggu lingkungan sekitarnya sehingga butuh penanganan khusus untuk menghilangkan asap ini. Para pengusaha belum memiliki pengetahuan teknologi yang bisa digunakan untuk mengurangi polusi asap dan membuat pekerjaan pengolahan lebih efisien. Oleh karena itu pada penelitian kali ini akan dilakukan penelitian pada efisiensi kondensor asap cair dari tempurung kelapa. Dalam penelitian ini akan dirancang dan dibangun 1 buah reaktor dan kondensor dengan kapasitas 500 kg tempurung kelapa untuk setiap proses, teknologi yang digunakan menggunakan sistem gasifikasi dan teknologi asap cair menggunakan teknologi kondensor dan pipa spiral sebagai pengkondensasi asap. Metode penelitian yang dilakukan nantinya menggunakan metode perancangan, perhitungan dan proses pembuatan alat.

Kata kunci : Rancang Bangun, Arang Tempurung Kelapa, Reaktor Gasifikasi, Kondensor Asap Cair.

### **ABSTRACT**

*The problem faced by the coconut shell charcoal business group is that a lot of smoke is produced from the combustion process. The process of processing coconut shells into charcoal still uses the manual method, which is burned using used drums so that the smoke from the combustion process is very disturbing to the surrounding environment. Another problem is the capacity of used drums is very limited, one process can only process 100 kilograms of coconut shells, if the production is 1 ton per day it will take 10 pieces of used drums, this results in inefficient work and requires extra energy. Another problem that is also very disturbing is smoke pollution resulting from burning coconut shells. This smoke pollution is very disturbing to the surrounding environment so it needs special handling to remove this smoke. The entrepreneurs do not yet have the knowledge of technology that can be used to reduce smoke pollution and make processing work more efficient. Therefore, in this study, a research will be conducted on the efficiency of the coconut shell liquid smoke condenser. In this research, 1 reactor and condenser will be designed and built with a capacity of 500 kg coconut shell for each process, the technology used is gasification system and liquid smoke technology uses condenser technology and spiral pipe as smoke condenser. The research method that will be carried out will use the method of design, calculation and the process of making tools.*

*Keywords: Design, Coconut Shell Charcoal, Gasification Reactor, Liquid Smoke Condenser.*

## 1. PENDAHULUAN

Pembuatan arang kayu sebagai bahan bakar alternatif sudah banyak dikembangkan dan menjadi industri skala mikro. Pembuatan arang menghasilkan limbah yang sering diabaikan, limbah tersebut berupa asap hasil pembakaran. Dampak asap yang terlepas ke udara dapat berdampak luas berupa polusi udara yang berakibat pada gangguan kesehatan manusia, berupa iritasi saluran pernafasan dan dapat diikuti dengan infeksi. Asap hasil pembakaran arang kayu mengandung senyawa-senyawa yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti sebagai antibiotik, penghilang bau pada karet, mengobati luka, sebagai pengawet makan dan lain sebagainya. Pada asap terkandung berbagai macam senyawa yaitu senyawa asam, *fenol* dan *karbonil*, untuk dapat memanfaatkan senyawa hasil pembakaran kayu maka asap tersebut harus diembunkan sehingga terbentuk asap cair. Asap cair merupakan campuran yang mengandung partikel cair dan uap yang diperoleh dari *pirolisis* atau pembakaran. Prinsip utama dalam pembuatan asap cair adalah dengan mendestilasi asap yang dikeluarkan oleh bahan berkarbon dan diendapkan dengan destilasi multi tahap untuk mengendapkan komponen larut.

Penelitian yang dilakukan Suharminto, dkk (2021) tentang rancang bangun sistem pendingin asap cair dari sekam, hasil penelitiannya memperlihatkan bahwa kualitas asap cair dan kuantitas asap cair dipengaruhi oleh kebocoran dari peralatan yang telah dibuat. Alat pembuat asap cair lainnya juga ada yang dibuat model bertingkat, ternyata terjadi perbedaan suhu pada destilator terlalu jauh, efek dari perbedaan yang terlalu jauh adalah asap cair yang dipisahkan tidak maksimal pada setiap fraksinya [1]. Artinya proses pendinginan pada alat ini masih terlalu cepat [2,3]. Menurut penelitian Alfansuri dkk (2018) untuk memperoleh asap cair dengan kuantitas yang maksimal, dibutuhkan sebuah alat yang bisa memisahkan antara gas dan air yang terkandung didalam asap. Cara mengatasi permasalahan diatas, pada penelitian ini

menggunakan sebuah kondensor terbuat dari bambu yang disusun secara *vertical*, sehingga dengan bantuan bambu tersebut asap bisa terkondensasi menjadi asap cair. [4-8]

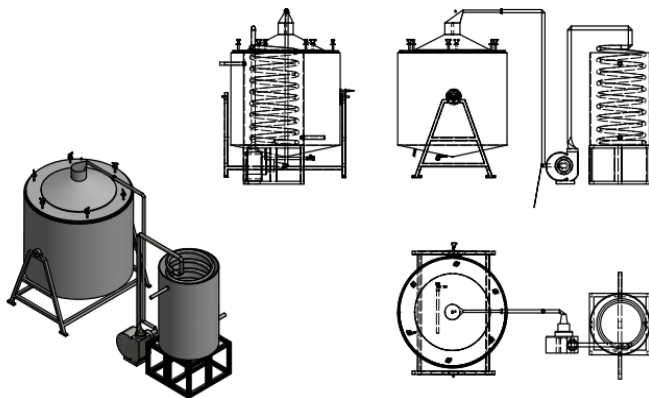
Penelitian ini bertujuan untuk membuat perancangan dan pembuatan reaktor kapasitas 500 kg/proses dan kondensor asap cair untuk mencegah polusi asap. Dengan alat ini nantinya diharapkan permasalahan polusi asap bisa teratasi dan proses pembakaran bisa berlangsung lebih cepas dibandingkan menggunakan drum bekas dengan hasil arang yang lebih baik.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada Penelitian ini dimulai dari studi literatur untuk mencari referensi pendukung dalam hal perancangan dan pembuatan alat, setelah itu langkah selanjutnya studi lapangan ke tempat mitra pembuat arang untuk berdiskusi dan meminta saran alat sesuai spesifikasi pengguna. Tahapan selanjutnya yaitu melakukan perancangan desain. Perancangan desain dilakukan untuk merancang bagaimana bentuk dari reaktor dan kondensor dengan kapasitas bahan baku 500 kg. Perancangan ini meliputi beberapa item yaitu perhitungan ukuran diameter tabung destilator, tebal pelat yang dibutuhkan, ukuran diameter pipa, kebutuhan pelat untuk pembuatan tabung reaktor serta desain gambar dari alat yang akan di buat. Kemudian melakukan perhitungan perancangan reaktor dan kondensor, Adapun hasil perhitungan rancangan alat yang akan dibuat dengan spesifikasi awal sebagai berikut:

- a. Diameter tabung destilator : 800 mm
- b. Tinggi tabung destilator : 1200 mm
- c. Panjang pipa : 6500 mm
- d. Diameter pipa : 1 inci
- e. Tebal plat : 2 mm
- f. Temperatur uap masuk : 90-100 °C
- g. Jenis pelat yang digunakan : Material pelat *Stainless steel 304*

Setelah perhitungan selesai maka langkah selanjutnya membuat gambar, adapun gambar desain reaktor dan kondensor dengan menggunakan *software* Autocad versi 2019. Rancangan desain yang dibuat dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



**Gambar 1.** Rancangan desain reaktor dan kondensor arang tempurung kelapa kapasitas 500 kg/proses

Setelah itu langkah selanjutnya mengumpulkan alat dan bahan untuk proses pembuatan alat, adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan alat ini dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Alat dan bahan yang dibutuhkan

Alat	Bahan
1. Mesin Las	1. Plat baja
2. Mesin Gerinda duduk	2. Pipa stainless steel
3. Mesin gerinda tangan	3. Elektroda
4. Mesin bor	4. Besi profil L
5. Kapur besi	5. Mur dan baut
6. Kaca mata	6. Elbow
7. Helm las	7. Stop kran
8. Mesin rol	8. Pillow block
9. Mistar	9. bearing
10. Siku	9. Fitting
11. Jangka sorong	

Pembuatan alat reaktor dan kondensor serai wangi kapasitas 500 kg/proses dimulai dari perakitan alat meliputi penyambungan las dan pekerjaan lainnya. diawali dengan membuat tabung reaktor kemudian membuat tabung

kondensor sesuai dengan yang telah direncanakan sebelumnya. Oleh karena itu, pembuatan alat harus dilakukan secara teliti dan menggunakan standar yang telah ditentukan untuk menghasilkan alat yang terbaik. Adapun tahapan pembuatan alat reaktor dan kondensor sebagai berikut:

- Persiapan alat dan bahan
- Melakukan proses pengerolan plat baja dengan tinggi 120 cm, diameter 150 cm untuk reaktor dan untuk kondensor dengan tinggi 120 cm, diameter 80 cm
- Melakukan pemotongan plat untuk membuat penutup bawah dan atas pada bagian tabung reaktor dan untuk kondensor tutup bagian bawah saja.
- Melakukan pengelasan sambungan plat yang sudah diroll.
- melakukan pengelasan pada bagian penutup tabung reaktor dan kondensor yang sudah dipotong sesuai diameter masing-masing
- Melakukan pembuatan kuping pengunci pada bagian penutup tabung reaktor
- Untuk kondensor membuat pipa spiral dari stainless steel
- Melakukan proses pengeboran pada bagian kuping pengunci dan pengeboran lubang masukan atau keluaran asap
- Memotong pipa sesuai ukuran yang ditentukan.
- Proses perakitan dan pengelasan pipa pada bagian tabung dan penutup reaktor
- Proses pembuatan dudukan tabung reaktor

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari metode penelitian yang telah dilakukan maka disajikan hasil perhitungan dan desain yang telah dilakukan dan hasil alat yang telah dibuat.

#### 3.1 Data Perancangan Reaktor

Desain Reaktor yang telah didapatkan merupakan hasil dari pengumpulan data dari literatur, survei lapangan dan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan. Spesifikasi perancangan reactor didapatkan data sebagai berikut:

- Diameter badan Reaktor : 1400 mm
- Tinggi badan Reaktor : 120 mm
- Tekanan perancangan : 0 bar

- d. Temperatur operasi :100<sup>0</sup>C-650<sup>0</sup>C
- e. Tekanan operasi : 0 bar
- f. Jenis plat yang digunakan :Carbon Steel

Perancangan ini akan memberikan ukuran-ukuran pasti tentang dimensi, penggunaan bahan dan tata letak komponen reaktor sehingga kebutuhan data untuk melakukan pengujian dapat dilakukan dengan baik dan nantinya dapat diwujudkan dalam bentuk fisik atau diproduksi.

### Badan Reaktor

Reaktor yang direncanakan tergolong ke dalam reaktor berkapasitas kecil dan tidak bertekanan, sehingga standar yang digunakan yaitu ASME Section IV. Material dalam merancang badan Reaktor ini menggunakan material *carbon steel*.

### Perhitungan Luas Lingkaran Reaktor

Diketahui :

- D (diameter Reaktor) = 140 cm
- r (radius Reaktor ) = 70 cm
- $\pi = 3,14$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \times (70 \text{ cm})^2$$

$$A = 3,14 \times (4900 \text{ cm}^2)$$

$$A = 15386 \text{ cm}^2$$

### Perhitungan Volume Tabung Reaktor

Diketahui :

- t (Tinggi tabung Reaktor ) = 120 cm
- A (Luas lingkaran Reaktor ) = 15386 cm<sup>2</sup>

$$V = A \times t$$

$$V = 15386 \text{ cm}^2 \times 120 \text{ cm}$$

$$V = 1.846.320 \text{ cm}^3$$

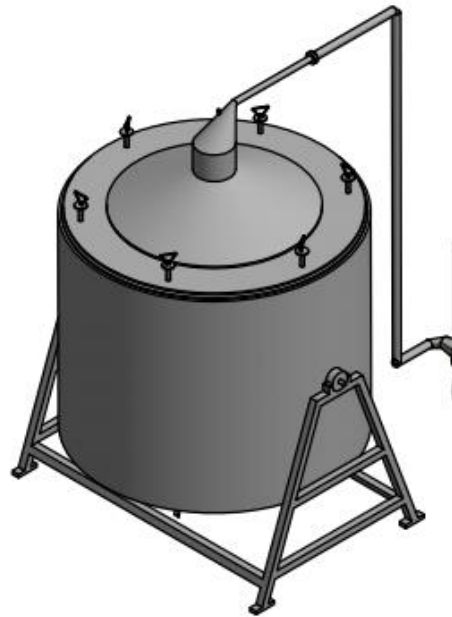
$$V = 1846,32 \text{ Liter} \times 0,753 \text{ Kg/liter}$$

$$V = 1.390,27 \text{ kg (air)}$$

Karena massa jenis tempurung kelapa berbeda dengan air , maka jika massa jenis kelapa 0,5 maka volume tempurung kelapa yang di isi kedalam reaktor sebanyak 695 kg

### Desain Alat

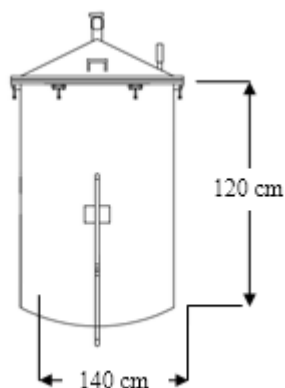
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan ukuran *reaktor* yang sesuai dengan suhu yang diasumsikan, serta dirangkai desain sesuai pada gambar 2. Komponen terdiri dari tabung *reaktor*, rangka, serta pipa asap tempurung kelapa. Setiap komponen akan dijelaskan secara detail bentuk, dimensi, serta proses pengelasan yang dilakukan.



**Gambar 2.** Rancangan desain reaktor arang tempurung kelapa kapasitas 500 kg/proses

### Desain Tabung Reaktor

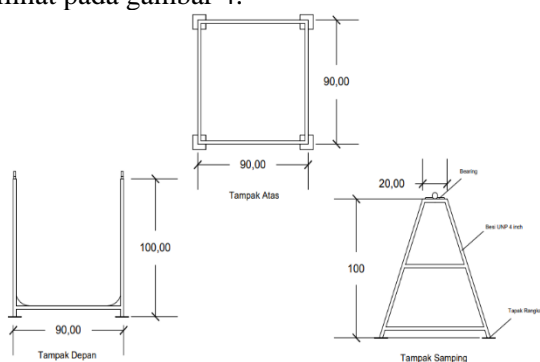
Tabung reaktor terbuat dari bahan *carbon stell* dengan dimensi sesuai perhitungan untuk kapasitas isi 500 kg. Sambungan tiap bagian tabung menggunakan sambungan permanent yaitu sambungan pengelasan SMAW. Elektroda yang digunakan adalah elektroda *stainless stell* diameter 2 mm. Adapun dimensi dari tabung *reaktor* dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Desain tabung reaktor arang tempurung kelapa kapasitas 500 kg/proses

### Desain Rangka Reaktor

Rangka berfungsi sebagai penopang tabung reaktor agar dapat berdiri tegak dan diam ditempat. Bahan yang digunakan adalah baja rangka L dengan ukuran 4x4 cm. Besi dipilih dengan ukuran demikian karena mempertimbangkan proses pengelasan yang digunakan SMAW. Jika besi rangka terlalu kecil dan tipis pengelasannya tergolong lebih sulit sehingga kemungkinan cacat las akan lebih besar. Dimensi dari rangka reaktor dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Desain kerangka reaktor arang tempurung kelapa kapasitas 500 kg/proses

### Hasil Rakitan Alat

Reaktor merupakan Alat destilasi yang dirancang dan dibuat sebagai tempat atau wadah bahan tempurung kelapa yang akan di olah menjadi arang. Setelah melalui proses perhitungan, desain perancangan serta perakitan alat maka dihasilkan sebuah alat seperti yang direncanakan seperti pada gambar 5.



**Gambar 5.** Hasil rakitan reaktor tempurung kelapa

Gambar 5 memperlihatkan reaktor yang telah dibuat, reaktor yang ada digambar tersebut masih dalam proses pembuatan. Beberapa pekerjaan lagi diantaranya pemaangan besi penahan bahagian dalam, pemasangan besi penyangga dan membuat penutup atas reaktor dan kemudian dihubungkan dengan blower hisap menuju kondensor.

### 3.2 Data Perancangan Kondensor

Desain kondensor yang telah didapatkan merupakan hasil dari pengumpulan data dari literatur, survei lapangan dan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan. Spesifikasi perancangan bangun kondensor didapatkan data sebagai berikut:

Jenis plat tabung	: Plat carbon stell SA283
Diameter tabung kondensor	: 80 cm
Tinggi tabung kondensor	: 120 cm
Jenis pipa tube spiral	: Stainless
Diameter pipa spiral	: 1 inch
Tebal plat	: 2 mm
Temperatur uap masuk	: 90-120 °C
Panjang pipa spiral	: 20 m
Luas permukaan tabung	: 5024 cm <sup>2</sup>
volume air dalam tabung	: 602,88 liter

Perancangan ini akan memberikan ukuran-ukuran pasti tentang dimensi, penggunaan bahan dan tata letak komponen kondensor sehingga kebutuhan data untuk melakukan pengujian dapat dilakukan dengan baik dan nantinya dapat diwujudkan dalam bentuk fisik atau diproduksi.

## Perhitungan Kondensor

Dalam membuat tabung kondensor dan pipa spiral perlu dilakukan dengan menggunakan perhitungan untuk mengetahui ukuran pada kondensor dan pipa spiral tersebut. Dalam menentukan spesifikasi alat, dilakukan asumsi untuk beberapa parameter yang akan dibuktikan dan dianalisis serta adanya parameter-parameter yang diperoleh dari standar yang telah ditentukan.

Diketahui :

- Tinggi tabung kondensor = 120 cm
- Diameter tabung kondensor = 80 cm
- $T_{hi}$  (temperatur uap masuk) =  $100^{\circ}\text{C}$
- $T_{ho}$  (Suhu normal air) =  $30^{\circ}\text{C}$
- $T_{ai}$  (Suhu Lingkungan) =  $27^{\circ}\text{C}$
- $D_o$  (diameter luar pipa spiral) = 1 inch
- $D_i$  (diameter pipa spiral) = 0.84 inch
- $\dot{m}_h$  (laju aliran uap) = 0,5 kg/hr (Andromeda, 2012)
- $\dot{m}_c$  (laju aliran air) = 3,12 kg/hr (Andromeda, 2012)

## Perhitungan Luas Permukaan Tabung Kondensor

$$A = \pi r^2$$

Dimana:

A : Luas lingkaran

r : Jari-jari tabung

luas permukaan tabung kondensor (A):

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 (40)^2$$

$$A = 3,14 (1600)^2$$

$$A = 5024 \text{ cm}^2$$

## Perhitungan Volume Air Dalam Tabung

$$V = A \times t$$

Dimana :

V : Volume tabung

t : Tinggi tabung

Maka, volume air dalam tabung (V)

$$V = A \times t$$

$$V = 5024 \times 120$$

$$V = 602880 \text{ cm}^3$$

$$V = 602880 \times 0.001 \text{ (liter)}$$

$$V = 602,88 \text{ liter}$$

## Menghitung Panjang Pipa Spiral

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

$$L = \frac{16000}{3,14 \cdot 2.54}$$

$$L = \frac{16000}{7.98}$$

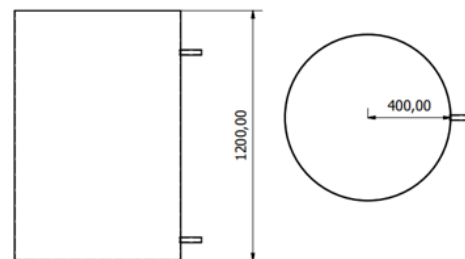
$$L = 2005 \text{ cm}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

## Menghitung Jumlah Pitch

Pandangan Samping

Pandangan Atas



$$n = \frac{\text{Panjang pipa}}{\text{Panjang 1 pitch}}$$

$$n = \frac{2000 \text{ cm}}{200 \text{ cm}}$$

$$n = 10$$

## Perancangan dan Pengelasan



Gambar 6. Gambar hasil perancangan kondensor

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan ukuran kondensor yang

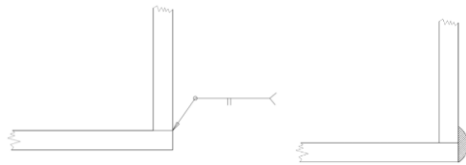
sesuai dengan suhu yang diasumsikan, serta dirangkai desain sesuai pada gambar 6 menggunakan software inventor 2015.

Selanjutnya setiap proses pembuatan dan komponen akan dijelaskan secara detail bentuk, dimensi, serta proses pengelasan yang dilakukan.

### Desain Tabung Kondensor

Tabung kondensor terbuat dari bahan carbon stell SA 283 dengan dimensi sesuai perhitungan untuk kapasitas air 602,88 liter.

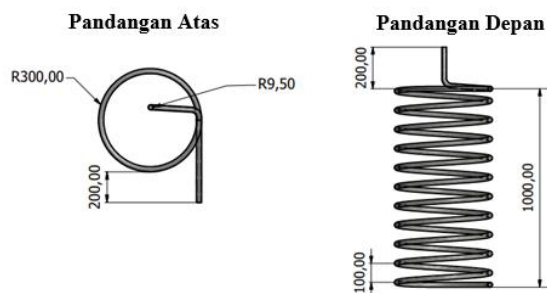
Sambungan tiap bagian tabung menggunakan sambungan permanent yaitu sambungan pengelasan dengan proses pengelasan SMAW, serta elektroda yang digunakan adalah nikko steel RD-460 dengan diameter 2,0 mm. Adapun sambungan las tutup bawah tabung kondensor dengan proses pengelasan but joint 1 G pada seluruh keliling tabung, seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Desain kerangka kondensor

### Desain Pipa Spiral

Pipa spiral terbuat dari bahan terbuat dari bahan stainless stell 304 dengan dimensi sesuai perhitungan. Adapun ukuran lengkap dari tabung kondensor serta cara pengelasannya tertera pada gambar berikut:



Gambar 8. Desain pipa spiral kondensor

Sambungan tiap bagian tabung menggunakan sambungan permanent yaitu sambungan pengelasan dengan proses pengelasan GTAW, serta elektroda yang digunakan adalah stainless stell. Adapun sambungan las tutup bawah tabung kondensor dengan proses pengelasan but joint 3 G pada seluruh sambungan pipa.

### Hasil Rakitan Alat

Kondensor merupakan alat penukar kalor yang berfungsi sebagai tahap akhir destilasi dengan cara mengubah uap panas menjadi cairan melalui proses kondensat atau pengembunan. Setelah melalui proses perhitungan, desain perancangan serta perakitan alat maka dihasilkan sebuah alat seperti yang direncanakan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 9. Hasil rakitan kondensor

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini diperoleh hasil perancangan alat reaktor tempurung kelapa dengan kapasitas 500 kg/jam dan keluaran air dari kondensor sebesar 30 °C.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih ditujukan kepada Politeknik Negeri Bengkalis atas bantuan dana dari PNBP yang diberikan untuk pembuatan alat dan penelitian ini

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Minto, S. (2021). Rancang Bangun Sistem Pendingin Alat Penghasil Asap Cair Dari Sekam. *Journal Of Mechanical Engineering And Mechatronics*, 6(1), 11-21.
- [2] Suherman, S., & Alfansuri, A. (2019). Rancang Bangun Alat Distilasi Asap Cair Shell Bertingkat Untuk Meningkatkan Kualitas Asap Cair. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 3(2), 64-68.
- [3] Jamilatun, S., & Setyawan, M. (2014). Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum Industri*, 12(1), 73-86.
- [4] Poli, F. F. (2017). Pengaruh Suhu Dan Lama Aktifasi Terhadap Mutu Arang Aktif Dari Kayu Kelapa.(Effects Of Activation Temperature And Duration Time On The Quality Of The Active Charcoal Of Coconut Wood). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 12(2), 21-28.
- [5] Tumbel, N., & Makalalag, A. K. (2020). Proses Pengolahan Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Tungku Pembakaran Termomodifikasi. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 11(2), 83-92.
- [6] Jamilatun, S., & Setyawan, M. (2014). Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum Industri*, 12(1), 73-86.
- [7] Fathussalam, M., Putranto, A. W., Argo, B. D., Harianti, A., Oktaviani, A., Puspaningarum, F. P., & Putri, S. L. O. (2019). Rancang Bangun Mesin Produksi Asap Cair Dari Tempurung Kelapa Berbasis Teknologi Cyclone-Redistillation. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 7(2), 148-156.
- [8] Mardiyanto, H. P. (2016). Modifikasi Tungku Arang Denganmengkombinasikan Model Earth Mound Kiln-Drum Kiln-Retort Kiln. *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada 2016*, 27-36.