

# RANCANG BANGUN TANGKI PEMANAS PADA DISTILATOR NIRA AREN PENGHASIL ALKOHOL

Allendro G. Pompana, Stenly Tangkuman, Tritiya Arungpadang

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

## ABSTRAK

Penggunaan tangki pemanas pada proses distilasi tradisional masih menggunakan sumber panas dari energi tak terbarukan dan memiliki efek samping bagi lingkungan, selain itu juga terdapat keterbatasan pada tangki pemanas konvensional untuk memantau perubahan suhu dalam tangki pemanas. Tujuan dari penelitian ini yang pertama adalah merancang tangki pemanas untuk distilator nira aren penghasil alkohol menggunakan elemen pemanas elektrik. Kedua, membuat tangki pemanas hasil perancangan tersebut. Ketiga, mendapat produk alkohol hasil dari alat Distilasi peneliti. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur, perancangan alat, pembuatan alat, pengujian alat, analisis, kesimpulan dan saran. Hasil penelitian perancangan tangki pemanas yaitu berkapasitas 20 liter dengan dimensi, diameter tangki pemanas 0,265 m, jari-jari tangki pemanas 0,1325 m, tinggi tangki pemanas 0,42 m, lebar sirip tutup tangki 0,058 m, tinggi tutup kerucut 0,195 m, dan diameter alas tutup kerucut 0,265 m. Berdasarkan hasil simulasi Solidworks tegangan von mises maksimum tangki 40,07 Mpa. Untuk tangki pemanas yang dirancang dibuat mengikuti dimensi pada hasil perancangan, menggunakan bahan pelat Stainless Steel 304. Hasil alkohol yang didapatkan memiliki kadar alkohol tertinggi yaitu, 55%.

Kata kunci : Alkohol, Distilator, Tangki Pemanas, Kapasitas

## ABSTRACT

*The use of heating tanks in conventional distillation processes still uses heat sources from non-renewable energy and has side effects for the environment, but there are also limitations on conventional heating tanks to monitor temperature changes in heating tanks. The first objective of this research is to design a heating tank for distiller of palm juice producing alcohol using an electric heating element. Second, make the heating tank of the design. Third, alcohol products obtained from the distillation apparatus of researchers. The research methods used include literature study, tool design, tool making, tool testing, analysis, conclusions and suggestions. The results of the design of the heater tank is a capacity of 20 liters with dimensions, diameter of the heater tank 0.265 m, the radius of the heater tank 0.1325 m, height of the heater tank 0.42 m, width of the tank lid fins 0.058 m, height of the cone lid 0.195 m, and the diameter of the cone lid base 0.265 m. Based on the simulation results von mises maximum voltage SolidWorks tank 40,07 Mpa. For the designed heating tank is made following the dimensions on the design results, using 304 Stainless Steel plate material. The result of alcohol obtained has the highest alcohol content, namely, 55%*

*Keywords: Alcohol, Distiller, Heating Tank, Capacity*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki beranekaragam kekayaan alam yang tersimpan didalamnya, salah satunya yaitu pohon aren atau dengan nama ilmiah *Arenga Pinnata*. Salah satu tanaman palma yang serbaguna. Pohon aren banyak tumbuh di beberapa daerah Provinsi Sulawesi Utara serta menjadi salah satu pilihan sumber ekonomi oleh penduduknya, pohon aren memiliki potensi besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku dalam produksi bioetanol. Dengan cara penyimpanan nira dalam wadah penampung selama 2- 4 hari tanpa penggunaan ragi. Proses pengolahan dilakukan dengan cara penyulingan hasil fermentasi nira menggunakan alat tradisional sederhana, tangki pemasakan menggunakan drum, proses distilasi menggunakan bambu yang saling bersambungan dengan panjang sekitar 21-24 m.

Penentuan kadar etanol oleh petani aren tradisional, dilakukan berdasarkan kebiasaan pengamatan pada hasil penyulingan lewat tetesan cairan etanol pada botol pertama dan kedua diperkirakan kadar etanol 40-45%,

tetesan cairan pada botol ketiga sampai kelima kadar etanol 30- 35% dan tetesan selanjutnya diperkirakan kadar etanol 20-25%. Selain cara tersebut para petani

melakukan pengamatan pada besar kecilnya api dari pembakaran hasil etanol tersebut, jika api yang dihasilkan cukup besar maka diperkirakan kadar etanolnya sekitar 40-45%.

Tantangan yang sering ditemui oleh pengolah bioetanol tradisional pada tingkat petani, adalah kadar alkohol tidak seragam dan tidak diketahui dengan pasti, dikarenakan keterbatasan pada alat yang digunakan untuk dapat memantau perubahan suhu dalam tabung pemanas yang terjadi selama proses pemanasan dan penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar pembakaran yang berpengaruh pada ketidak beraturan besar kecilnya api pembakaran yang dihasilkan. Yang jika digunakan dalam skala besar akan memerlukan kayu bakar dalam jumlah banyak sehingga dapat berpotensi kerusakan ekosistem dalam hutan.

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya antara lain; penelitian yang dilakukan oleh Edi.S dkk. (2008). Penelitian ini menghasilkan alkohol dengan tingkat kemurnian tertinggi 90%. Metode distilasi yang

digunakan tersebut adalah metode distilasi fraksinasi sehingga terdapat tabung kolom fraksi. Selanjutnya penelitian ini tidak menjelaskan proses perancangan pembuatan alat distilasi dan bahan baku nira aren yang digunakan adalah nira aren yang sudah disuling secara tradisional terlebih dahulu sehingga sudah memiliki kadar 15-20%.

Penelitian lainnya Trivano.S, dkk. (2021). Meneliti tentang alat distilasi nira aren, pada penelitian tersebut lebih terfokus pada efisiensi energi alat distilasi yang digunakan dari suhu proses distilasi, kadar alkohol, laju distilasi, rendemen produk, dan konsumsi energi lalu kemudian menyajikannya dalam bentuk tabel dan grafik dan di analisa secara deskriptif.

Jadi penelitian penulis ini setelah dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu dari peneliti lain, didapati memiliki dua keistimewaan yaitu,

1. Membahas secara rinci aspek perancangan dan pembuatan tangki dengan elemen pemanas elektrik.
2. Tangki dilengkapi dengan kontrol thermostat digital yang dapat memantau dan membatasi temperatur operasi tidak melebihi titik didih etanol.

## 2. Metode

### 2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, lebih khusus Lab.Perancangan, Konstruksi & Kontrol dan Lab. Manufaktur & Material. Waktu penelitian adalah dari bulan Agustus 2022 sampai dengan Februari 2023.

### 2.2 Alat Penelitian

Alat untuk penelitian adalah perangkat lunak dan perangkat keras. Didalam perangkat lunak tersebut terdapat perangkat lunak (software):

1. Solidwork 2020 yang digunakan sebagai alat bantu perancangan gambar tiga dimensi, gambar Teknik dan simulasi desain.
2. Perhitungan dan penyusunan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak yang kedua yaitu Microsoft Office Word.

### 2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berhubungan dengan topik penelitian.

#### 2. Perancangan Alat

Pada tahap ini, dilakukan penentuan dimensi tangki pemanas sesuai kebutuhan kapasitas yang sudah ditentukan. Selanjutnya dilakukan pembuatan model 3D pada software Solidwork berdasarkan dimensi dan jenis bahan yang sudah ditentukan.

#### 3. Gambar 2D dan 3D

Setelah dilakukan pembuatan model pada software Solidworks, diperoleh model alat dalam bentuk gambar 2D dan 3D.

#### 4. Pembuatan Alat

Pada tahap ini akan diproduksi tangki pemanas, sesuai dengan dimensi dan model yang sudah ditetapkan.

#### 5. Pengujian Kerja Tangki Pemanas

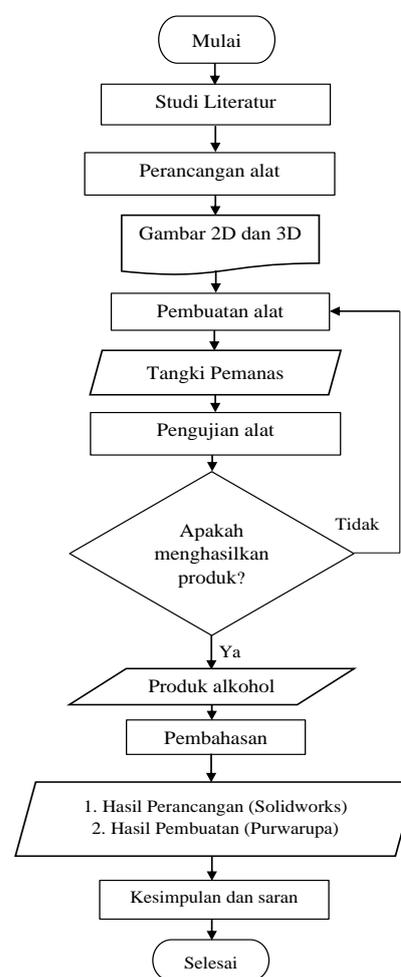
Pada tahap ini dilakukan uji kerja tangki pemanas dengan melakukan proses distilasi terhadap nira aren. Jika hasil pengujian tidak berhasil, maka kembali ke tahap pembuatan alat, dan apabila pengujian berhasil dan menghasilkan produk alkohol, maka lanjut tahap selanjutnya.

#### 6. Pembahasan

Pada tahap ini hasil dari perancangan dan pengujian alat kemudian di bahas menyeluruh. Diperoleh hasil perancangan alat (Solidworks) dan hasil pembuatan alat (Purwarupa).

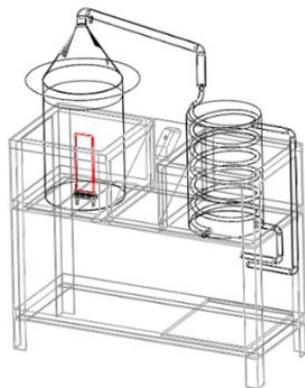
#### 7. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dibuat kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

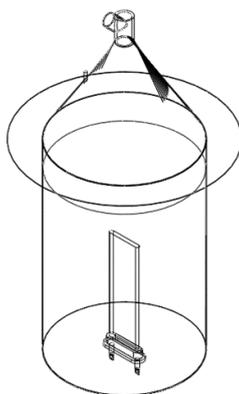


Gambar 1. Diagram alir prosedur penelitian

2.4 Sketsa Model



Gambar 2. Sketsa model alat distilasi yang dirancang



Gambar 3. Sketsa model tangki pemanas yang dirancang

3. Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Alat

3.1 Perancangan

3.1.1 Kapasitas Tangki Pemanas

Pada penelitian ini ditentukan terlebih dahulu akan dirancang sebuah tangki pemanas yang memiliki kapasitas sebanyak 20 liter nira aren. Tangki pemanas yang akan dirancang berbentuk dasar tabung dengan posisi vertikal.

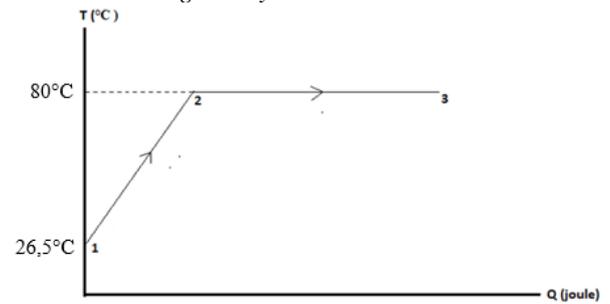
3.1.2 Penentuan Dimensi Awal

beberapa hasil penentuan dimensi awal tangki pemanas secara keseluruhan diperoleh yaitu,

Tabel 1. Daftar dimensi awal tangki pemanas

Diameter Tangki Pemanas ( <i>d</i> )	0,265 m
Jari Jari Tangki Pemanas ( <i>r</i> )	0,1325 m
Tinggi Tangki Pemanas ( <i>Tt</i> )	0,42 m
Lebar Sirip Tutup Tangki ( <i>st</i> )	0,058 m
Tinggi Tutup Kerucut ( <i>Tk</i> )	0,195 m
Diameter Alas Tutup Kerucut ( <i>a</i> )	0,265 m

3.1.3 Perhitungan Daya Elemen Pemanas



Gambar 4. Grafik perubahan wujud zat nira aren

Daya elemen pemanas bergantung pada besar kalor total dan waktu operasi alat yang diinginkan. Untuk itu terlebih dahulu mencari total kalor dengan menggunakan persamaan,

•  $Q_{12} = m \cdot c \cdot \Delta T$

Sehingga,

$$Q_{12} = (18,79 \text{ kg}) \cdot (4186,8 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}) \cdot (80^\circ\text{C} - 26,5^\circ\text{C}) = 4.208.843,502 \text{ Joule}$$

•  $Q_{23} = m \cdot U$

Sehingga,

$$Q_{23} = (2,34 \text{ kg}) \cdot (8,55 \times 10^5) = 2.000.700 \text{ Joule}$$

• Total kalor

$$Q_{\text{total}} = Q_{12} + Q_{23} = 6.209.543,502 \text{ Joule}$$

Oleh karena itu daya elemen pemanas dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$W = \frac{Q_{\text{total}}}{t}$$

Sehingga,

$$W = (6.209.543,502 \text{ Joule}) / (3600 \text{ detik}) = 1784,567 \text{ Watt}$$

3.14 Penentuan parameter input simulasi

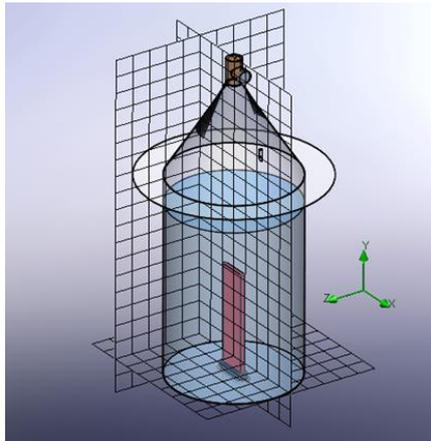
Sebelum memulai simulasi pada perangkat lunak Solidworks 2020, terlebih dahulu menentukan parameter yang diperlukan untuk melakukan simulasi.

Tabel 2. Daftar parameter yang akan diinput dalam simulasi

Parameter	Uraian
Temperatur Ruangan	26,5 °C
Tekanan Udara Normal	1 atm
Gaya Gravitasi	9,81 m/s
Fluida	Udara & Etanol
Lama Waktu Simulasi	4020 s
Daya Elemen Pemanas	1800 watt

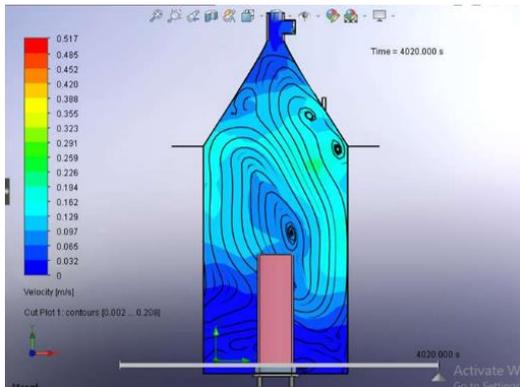
3.1.5 Pemodelan dan Simulasi Aliran Fluida dan Tekanan Uap dalam Tangki Pemanas di Solidworks

Pada tahap ini akan dibuat Pemodelan pada Solidwork 2020 dengan menggunakan ukuran dimensi yang sudah dihitung di subbab sebelumnya. Hasil pemodelan bisa dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 5. Model tangki pemanas 3D setelah diinput parameter simulasi

Pada tahap ini akan dilakukan simulasi untuk melihat kecepatan aliran fluida yang terjadi pada tangki pemanas, tekanan dalam tangki pemanas menggunakan perangkat lunak solidworks 2020.



Gambar 6. Hasil simulasi streamline kecepatan maksimum aliran fluida dalam tangki pemanas

Gambar 6 adalah hasil simulasi aliran fluida dalam tangki. Selama simulasi berlangsung hingga selesai tidak ada terjadi indikator error Hasil simulasi akan dirangkum dalam tabel berikut,

Tabel 3. Hasil simulasi kecepatan aliran fluida dalam tangki

Goal Name	Unit	Value
GG Maximum Velocity 5	[m/s]	0,516673501
GG Average Velocity 4	[m/s]	0,090172683

Pada tabel 3. menunjukkan data dari hasil simulasi yang telah dilakukan pada software Solidworks 2020, dengan parameter input simulasi seperti pada tabel 4.2 didapatkan kecepatan aliran maksimum fluida pada tangki pemanas adalah 0,516 m/s. dan rata-rata kecepatan aliran fluida dalam tangki adalah 0,090 m/s.

Pada tahap ini disimulasikan kembali tangki pemanas berdasarkan parameter input yang sama pada simulasi kecepatan aliran fluida, untuk melihat besar tekanan

maksimum yang dihasilkan tangki pemanas.



Gambar 7. Hasil simulasi tekanan fluida dalam tangki pemanas

Dari simulasi yang dilakukan, pada gambar 4.7 diperoleh data besar tekanan maksimum dengan nilai 104004,09 Pa atau sama dengan 1,02 atm .

### 3.1.6 Perhitungan teoretis tekanan uap dalam tangki

Tekanan uap dalam tangki pada kondisi 1 dan 2 (lihat gambar 4) mengalami proses volume konstan. dapat dihitung secara teoretis dengan menggunakan persamaan,

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Sehingga,

$$\frac{1 \text{ atm}}{26,5^\circ\text{C}} = \frac{P_2}{80^\circ\text{C}}$$

$$\frac{1 \text{ atm}}{299,65 \text{ K}} = \frac{P_2}{353 \text{ K}}$$

$$P_2 = \frac{1 \text{ atm} \cdot 353 \text{ K}}{299,65 \text{ K}}$$

$$P_2 = 1,17 \text{ atm}$$

Selanjutnya nilai P2 tersebut akan digunakan pada persamaan rumus hukum Boyle sebab pada hasil tekanan tersebut temperatur sudah mencapai 80°C dan proses 2 ke 3 berlangsung pada temperatur konstan. Digunakan persamaan,

$$P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_3$$

Nilai – nilai yang telah diketahui pada persamaan rumus hukum Boyle antara lain, P2 = 1,17 atm, V2 = 0,00658 m<sup>3</sup> (volume awal) , V3 akan > 0,00658 m<sup>3</sup> karena merupakan volume akhir dari ruang uap dalam tangki yang akan bertambah seiring berkurangnya jumlah volume air nira karena etanol yang telah menguap akibat perlakuan panas terhadap air nira aren. Oleh karena itu diasumsikan nilai V3 dalam beberapa presentase volume etanol pada nira aren yang menguap yaitu 5%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari total volume nira aren yaitu 0,02 m<sup>3</sup> dan dijumlahkan dengan volume pada ruang ksoeng tutup kerucut yaitu 0,00658 m<sup>3</sup>.

Sehingga,

$$\text{asumsi } V_3 = (5\% \cdot 0,02 \text{ m}^3) + 0,00658 \text{ m}^3 = 0,00758 \text{ m}^3$$

$$1,2 \cdot 0,00658 \text{ m}^3 = P_3 \cdot 0,00858 \text{ m}^3$$

$$P3 = \frac{(1,17) \cdot 0,00658 \text{ m}^3}{0,00758 \text{ m}^3}$$

$$P3 = 1,01 \text{ atm}$$

$$\text{asumsi } V3 = (10\% \cdot 0,02 \text{ m}^3) + 0,00658 \text{ m}^3 = 0,00858 \text{ m}^3$$

$$1,2 \cdot 0,00658 \text{ m}^3 = P3 \cdot 0,00858 \text{ m}^3$$

$$P3 = \frac{(1,17) \cdot 0,00658 \text{ m}^3}{0,00858 \text{ m}^3}$$

$$P3 = 0,89 \text{ atm}$$

$$\text{asumsi } V3 = (20\% \cdot 0,02 \text{ m}^3) + 0,00658 \text{ m}^3 = 0,01058 \text{ m}^3$$

$$1,2 \cdot 0,00658 \text{ m}^3 = P3 \cdot 0,01058 \text{ m}^3$$

$$P3 = \frac{(1,17) \cdot 0,00658 \text{ m}^3}{0,01058 \text{ m}^3}$$

$$P3 = 0,72 \text{ atm}$$

$$\text{asumsi } V3 = (30\% \cdot 0,02 \text{ m}^3) + 0,00658 \text{ m}^3 = 0,01258 \text{ m}^3$$

$$1,2 \cdot 0,00658 \text{ m}^3 = P3 \cdot 0,01258 \text{ m}^3$$

$$P3 = \frac{(1,17) \cdot 0,00658 \text{ m}^3}{0,01258 \text{ m}^3}$$

$$P3 = 0,61 \text{ atm}$$

$$\text{asumsi } V3 = (40\% \cdot 0,02 \text{ m}^3) + 0,00658 \text{ m}^3 = 0,01458 \text{ m}^3$$

$$1,2 \cdot 0,00658 \text{ m}^3 = P3 \cdot 0,01458 \text{ m}^3$$

$$P3 = \frac{(1,17) \cdot 0,00658 \text{ m}^3}{0,01458 \text{ m}^3}$$

$$P3 = 0,52 \text{ atm}$$

Secara keseluruhan dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa “semakin bertambah volume ruang uap dalam tangki, maka tekanan uap dalam tangki semakin berkurang, sebaliknya semakin berkurang atau kecil volume ruang uap dalam tangki, maka tekanan uap dalam tangki semakin besar”. Dari hasil perhitungan manual diketahui tekanan terbesar terjadi pada saat volume ruang uap (P3) sebesar 0,00758 m<sup>3</sup> dengan besar tekanan yaitu 1,01 atm.

### 3.1.7 Validasi Tekanan Uap Hasil Simulasi dan Teoretis

Untuk membuktikan apakah simulasi tekanan uap valid maka akan dibuktikan dengan membandingkan hasil dari perhitungan manual dan hasil simulasi tekanan. Hasil simulasi tekanan diperoleh dengan nilai 1,17 atm, sedangkan hasil perhitungan teoretis tekanan diperoleh nilai 1,02 atm.

Presentase perbedaan dari kedua analisis yaitu (1,02 atm – 1,01 atm):1,02 atm = 0,0098 x 100% = 0,98% dari hasil ini diketahui bahwa hasil simulasi terhadap teoretis dapat diterima.

### 3.1.8 Perhitungan Teoretis Tekanan Hidrostatik Nira Aren dalam Tangki

Air nira aren yang mengandung etanol memiliki massa jenis  $\gamma = 939,5 \text{ kg/m}^3$  (Sanusi,2019). Besarnya tekanan akibat berat air (hidrostatik) nira aren dapat dicari dengan persamaan 2.8. Adapun parameter nilai yang telah diketahui adalah Air nira aren yang mengandung etanol memiliki massa jenis  $\gamma = 939,5 \text{ kg/m}^3$  (Sanusi,2019), ketinggian air nira dalam tangki, 0,36 m, gaya gravitasi  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

$$p = \gamma \cdot g \cdot h$$

Sehingga,

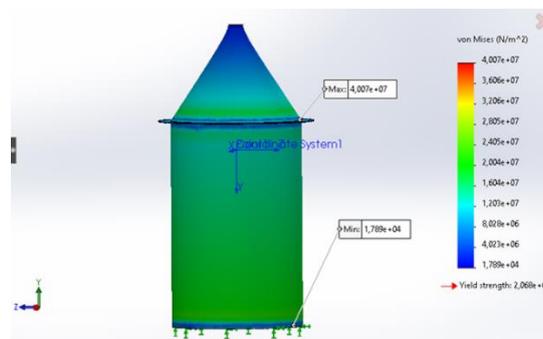
$$p = (939,5 \text{ kg/m}^3) \cdot (9,81 \text{ m/s}^2) \cdot (0,36 \text{ m}) = 3317,938 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

Jadi dengan tinggi tangki  $h = 0,36 \text{ m}$  diperoleh tekanan hidrostatik dalam tangki sebesar 3317,938 kg.m/s<sup>2</sup> atau sebesar 3317,938 n/m<sup>2</sup>.

### 3.1.9 Simulasi Tegangan berdasarkan Tekanan Hidrostatik dan Tekanan Uap

Berdasarkan pada perhitungan teoretis tekanan hidrostatik pada tangki pemanas di subbab sebelumnya telah diketahui yaitu 3317,938 n/m<sup>2</sup> dan besar tekanan uap maksimum dalam tangki pemanas berdasarkan hasil simulasi pada subbab sebelumnya yaitu 104004,09 Pa

Bahan yang akan digunakan pada tangki pemanas. Direncanakan bahan yang digunakan mampu menerima suhu tinggi, tegangan dalam tangki, ringan dan tahan karat. Jenis bahan yang memenuhi kriteria tersebut adalah pelat stainless steel tipe grade 304 (Lampiran .2), dengan massa jenis( $\rho$ ) = 8000 kg/m<sup>3</sup>, kekuatan tegangan luluh( $\sigma_y$ ) = 206,80 MPa, nilai kekuatan tegangan maksimum ( $\sigma_u$ ) = 517,01 MPa dan ketebalan pelat 0,01 m.



Gambar 8. Tegangan von mises maksimum pada tangki pemanas

Berdasarkan Gambar 8. besar tegangan *von mises* ( $\sigma'$ ) maksimum yang terjadi pada tangki pemanas adalah 40070000 Pa atau sama dengan 40,07 MPa. Sedangkan tegangan *von mises* minimum 17890 Pa atau sama dengan 0,01789 MPa.

### 3.1.10 Perhitungan Teoretis Tegangan pada Tangki Pemanas

Untuk menentukan nilai tegangan pada tangki pemanas digunakan perhitungan longitudinal dan circumferential stress, terlebih dahulu menentukan tangki pemanas yang dirancang termasuk dalam kategori berdinding tipis atau berdinding tebal,

$$\frac{Dm}{t} = \frac{0,265}{0,001} = 265 > 20$$

Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh hasil lebih dari 20, sehingga tangki pemanas dianggap sebagai silinder berdinding tipis.

Bagian – bagian perhitungan tekanan Longitudinal dan circumferential stress pada tangki pemanas berdinding tipis menggunakan persamaan,

- Longitudinal (*axial stress*) :  $\sigma_{axial} = \frac{pDm}{4t}$

$$= \frac{103351,5 \times 0,265}{4 \times 0,001}$$

$$= 6847036,8 \text{ Pa}$$

• Circumferential (hoop stress):  $\sigma_{hoop} = \frac{pDm}{2t}$

$$= \frac{103351,5 \times 0,265}{2 \times 0,001}$$

$$= 13694073,7 \text{ Pa}$$

•  $\sigma_{radial}$  (radial stress) = 0

Karena tegangan geser bernilai sangat kecil maka dianggap tidak ada, sehingga diperoleh hasil,

$$\sigma_1 = \sigma_{hoop} = 13694073,7 \text{ Pa}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{axial} = 6847036,8 \text{ Pa}$$

$$\sigma_3 = \sigma_{radial} = 0$$

Menggunakan kriteria von mises, tegangan yang terjadi dapat dicari dengan menggunakan persamaan,

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(4688191431 \times 10^{14}) + 4688191294 \times 10^{14} + (1875276545 \times 10^{14})}{2}}$$

$$\sigma' = 7204912,893 \text{ Pa}$$

### 3.1.11 Tegangan Von Mises Maksimum Tangki Pemanas

Dari kedua tahap tersebut diperoleh besar tegangan von mises masing – masing yang dirangkum pada tabel, Tabel 4. Rangkuman Hasil Perhitungan Tegangan von mises

Perhitungan Tegangan von mises Maksimum	Nilai (Mpa)
Simulasi Tegangan Tekanan Hidrostatik dan Tekanan Gas	40,07
Perhitungan Teoretis Tegangan pada Tangki Pemanas	7,20

Selanjutnya, dari rangkuman hasil tegangan von mises yang diperoleh diambil nilai von mises terbesar yaitu 40,07 Mpa. Nilai ini akan digunakan untuk menjadi acuan dasar pada tahap pengecekan tegangan pada sub bab selanjutnya.

### 3.1.12 Pengecekan Tegangan

$$\sigma' < \sigma_{izin}$$

$$\sigma' < \frac{206,8 \text{ MPa}}{3}$$

$$40,07 \text{ MPa} < 82,72 \text{ MPa}$$

Dari hasil pengecekan tegangan diperoleh tegangan von mises tidak melebihi tegangan izin material. Sehingga dapat disimpulkan tangki pemanas tidak akan mengalami kegagalan material.

## 3.2 Pembuatan

Setelah dilakukan perancangan tangki pemanas pada alat distilasi nira aren dan divalidasi hasil simulasi, selanjutnya akan dilakukan pembuatan model fisik dalam bentuk sebenarnya. Model fisik yang akan dibuat menggunakan dimensi sebenarnya mengikuti ukuran dimensi dan satuan dari hasil perancangan pada bab

sebelumnya. Untuk material yang dipakai adalah Stainless Steel grade 304.

### 3.2.1 Pemotongan Pelat Material

Pemotongan material dilakukan menggunakan mesin gerinda tangan. Material di potong menjadi 2 bagian yaitu untuk bodi tangki dan tutup kerucut tangki.

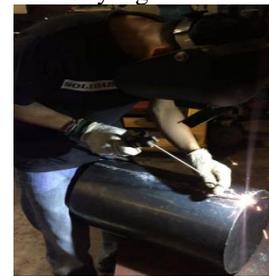
### 3.2.2 Pembuatan bodi tangki pemanas

Bagian pertama material pelat dipotong dengan ukuran, 0,42 m x 0,83 m. kemudian dilakukan bending pada alat roll bending untuk membentuk rupa tabung dengan tinggi 0,42 m dan diameternya 0,265 m.



Gambar 9. Proses pembengkokkan pelat

Selanjutnya pengelasan untuk menyambung kedua ujung sisi pelat dan pengelasan pada alas tangki pemanas sesuai ukuran diameter yang ada.



Gambar 10. Pengelasan bodi tangki pemanas

### 3.2.3 Pembuatan Tutup Kerucut tangki pemanas

Bagian kedua material pelat dibentuk kerucut secara manual menggunakan tangan, dengan diameter alas kerucut 0,265 m dan tinggi kerucut 0,195 m. Kemudian dilakukan pengelasan untuk menyambung kedua sisi ujungnya. Setelah itu pengelasan sirip tutup tangki berbentuk lingkaran berdiameter dalam 0,265 m dan lebar sirip 0,058 pada alas kerucut.

### 3.2.4 Penyambungan bodi tangki dan tutup kerucut

Kedua bagian utama kemudian di satukan dengan melakukan pengelasan secara menyeluruh pada bagian yang aka di las.



Gambar 11. Penyambungan bodi tangki dan tutup kerucut

### 3.2.5 Pemasangan elemen pemanas pada tangki

Elemen pemanas yang digunakan memiliki daya 1800 watt seperti pada lampiran 5. Penempatan elemen pemanas terletak di dasar tangki dipasang secara vertikal. Bagian alas tangki dilubangi sesuai ukuran elemen pemanas agar bisa masuk.



Gambar 12. Pemasangan baut pengunci pada elemen pemanas

### 3.2.6 Pemasangan T- Elbow pada tutup kerucut

T-elbow berguna sebagai lubang tempat memasukkan nira aren dan lubang yang lain untuk menghubungkan ke bagian pipa penghubung menuju tabung kondensor. Pada lubang pemasukkan nira aren dilengkapi dengan drat untuk pressure gauge atau barometer.



Gambar 13. Pemasangan T-elbow

### 3.2.7 Pemasangan alat ukur tekanan (barometer)



Gambar 14. Pemasangan alat ukur tekanan

### 3.2.8 Pemasangan termometer digital kontroler



Gambar 15. Pemasangan thermostat digital kontrol

### 3.2.9 Perakitan mekanisme sumber daya listrik tangki pemanas



Gambar 16. Pemasangan rangkaian sumber daya listrik

### 3.2.10 Pendempulan tangki pemanas

Untuk mencegah terjadinya kebocoran pada saat proses pengujian, dilakukan pendempulan menggunakan obat dempul di beberapa bagian penyambungan setelah dilakukan pengelasan



Gambar 17. Pendempulan tangki pemanas

### 3.2.11 Hasil Pembuatan

Setelah tangki pemanas selesai dibuat, selanjutnya tangki pemanas dipasang di atas meja distilasi. Kemudian diikuti dengan pemasangan tabung kondensor, pipa penghubung, dan tangki penampungan air.



Gambar 18. Hasil pembuatan alat distilasi

### 3.3 Pengujian alat

Pengujian alat dilakukan di Lab Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Unsrat dan bahan baku nira aren didapat dari pengepul atau petani nira aren di wilayah Pinaras, Tomohon. Untuk dapat lebih jelas uji coba alat diterangkan dalam beberapa langkah berikut,

#### 3.3.1 Memasukkan bahan baku nira aren ke dalam tangki pemanas

Bahan baku nira aren berjumlah 20 liter dimasukkan ke dalam tangki pemanas menggunakan corong kecil melalui lubang yang sudah di sediakan

#### 3.3.2 Memasukkan air pendingin pada tabung kondensor

Tabung kondensor kemudian di isi dengan air dingin (air keran) sampai pada batas lubang output yang dibuat,

### 3.3.3 Memastikan semua komponen kelistrikan terhubung

Dilakukan kembali pemeriksaan terhadap komponen kelistrikan, terlebih pada sambungan kabel agar tidak ada yang terputus atau salah jalur arus.

### 3.3.4 Menghubungkan kepala steker ke sumber listrik

Setelah selesai melakukan pemeriksaan, selanjutnya kepala steker dihubungkan ke stopkontak yang memiliki sumber arus listrik. Pastikan tangan dalam kondisi kering.

### 3.3.5 Menyalakan MCB

Kemudian, saat kepala steker sudah terpasang dengan benar dan kuat, MCB di posisikan dalam posisi on dan MCB sudah dalam kondisi terdapat arus listrik

### 3.3.6 Menyalakan sakelar on/off

Sakelar on/off dinyalakan pada posisi on sampai lampunya menyala dan Thermometer digital controller ikut menyala secara otomatis.

### 3.3.7 Mengatur batas maksimum dan minimum suhu pada TDC

Thermostat akan menyala secara otomatis saat sakelar dalam posisi on, Untuk mengatur suhu maksimum, Menekan selama 3 detik tombol set dan pilih mode F1 dan untuk suhu minimum menekan selama 3 detik mode F2.

### 3.3.8 Alat distilasi sudah dalam posisi menyala

Saat suhu maksimum dan suhu minimum telah disetting, thermostat akan bekerja sesuai tugasnya meneruskan arus listrik menuju ke elemen pemanas, dan akan memutuskan arus secara otomatis saat mencapai suhu maksimum, kemudian akan terhubung kembali saat mencapai suhu minimum.

## 3.4 Hasil pengujian

### 3.4.1 Data hasil pengujian alat

Selama proses pengujian alat dilakukan pengambilan data penting seperti nilai temperatur, waktu dan volume produk alkohol yang dihasilkan. Selengkapnya pada tabel berikut.

**Tabel 5. Data hasil pengujian alat**

Hari/Tgl	Kapasitas Air Nira Aren (mL)	Jumlah hasil produk (mL)	Waktu (menit)	Suhu (°C)					Keterangan
				Pipa Pengalir	Pipa Kondensor	Air Perampungan	Air Tabung Kondensor	Air Nira	
Rabu, 18 Januari 2023 (11:10 WITA)	20000	0	0	30,9	27,6	27,2	27,3	27	Aval/Perobaan
		140	53	80,9	55	31	33	29	Perobaan setelah nilai MCB mati
Kamis, 19 Januari 2023 (16:20 WITA)	20000	0	0	30,1	26	26,5	26,8	29	Aval/Perobaan
		54	92	88	32,4	41	29,4	29,4	Tetes 1 (Heater suhu konstan)
		64	89	73	40	48	30,5	100 Mend dari tetapan 1	
		75	84	68	45	55	33	21 mend dari tetapan 1	
		82	79	60,2	49	58	31,9	28 mend dari tetapan 1	
		85	69	50,4	49	50	35,6	31 mend dari tetapan 1	
		88						34 mend dari tetapan 1 (suhu heater mati 50°C)	
		100	92	54	40	43	50	35 mend dari tetapan 1 (suhu 50°C Heater mati suhu turun)	

Tabel 6. Perbandingan produk alkohol hasil distilasi

Kadar Alkohol (%)	Volume (ml)	Lama fermentasi nira (hari)	warna
35%	140	± 14 hari	Menguning (tidak terdapat endapan)
55%	1800	3 hari	Bening (terdapat endapan)



Gambar 19. Pengukuran kadar alkohol 55%



Gambar 20. Pengukuran kadar alkohol 35%

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut. Perancangan tangki pemanas untuk distilator nira aren penghasil alkohol telah berhasil dilakukan. Tangki pemanas dirancang berkapasitas 20 liter dengan dimensi, diameter tangki pemanas 0,265 m, jari-jari tangki pemanas 0,1325 m, tinggi tangki pemanas 0,42 m, lebar sirip utup tangki 0,058 m, tinggi tutup kerucut 0,195 m, dan diameter alas tutup kerucut 0,265 m. Berdasarkan hasil simulasi Solidworks tegangan von mises maksimum tangki sebesar 40,07 MPa, tegangan tersebut masih di bawah tegangan ijin material.

Pembuatan tangki pemanas juga telah berhasil dilakukan. Selanjutnya tangki tersebut telah dirakit bersama komponen yang lain sehingga menghasilkan satu unit distilator nira aren penghasil alkohol. Tangki pemanas dibuat dengan menggunakan bahan pelat Stainless Steel. Pelat dipotong mengikuti ukuran dimensi rancangan kemudian di sambungkan melalui proses pengelasan, diikuti pemasangan komponen-komponen lainnya yaitu pemasangan elemen pemanas dalam tangki, pemasangan thermostat digital kontrol, dan alat ukur tekanan.

Pengujian telah dilakukan total sebanyak dua kali, keduanya menghasilkan produk dengan kadar yang alkohol berbeda. Pada pengujian pertama menghasilkan produk dengan kadar alkohol 55% dan pada pengujian kedua menghasilkan produk dengan kadar alkohol 35%.

**Daftar Pustaka**

- A. Lay, P.M. Pasang dan Teuku A. I. 2010. Distilasi-Dehidrasi Bioetanol dari Nira Aren dan Karakteristiknya. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado 95001
- Anonymus. Alat/ Mesin Penyuling (Distilasi). Institut Pertanian Bogor
- Arief,M. 2016. Perhitungan Tegangan Pipa Dari Discharge Kompresor Menuju Air Cooler Menggunakan Software Caesar Ii 5.10 Pada Proyek Gas Lift Compressor Station. JTM. Vol.05. No.2. pp. 52-53.
- Astrid, R, R. 2014. Efektivitas Penggunaan Bioetanol Sari Buah Semu Jambu Mete (*Anacardium Occidentale L.*) Terhadap Lama Pembakaran Kompiler Bioetanol. Skripsi program S1 Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November.
- Astrid,R. 2015. The effectiveness of anacardium occidentale L. Extract on the burning proces of bioethanol stove. Skripsi program studi biologi Institut teknoloi sepuluh november.
- Delly,J , Balaka. R, Baso. M dan Sihombing R. 2015. Pembuatan Sistem Distilasi Untuk Menghasilkan Etanol Dari Nira Aren Sebagai Bahan Bakar Alternatif. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)
- Edi Suryanto, Assa R.Jan dan Tompodung Alexander, 2008, Destilasi Fraksinasi Alkohol dari Nira Aren Sebagai Model Teknologi Tepat Guna Pedesaan, Jurnal Teknika, Manado.
- Hasan,S. 2015. Analisis Tegangan Von Mises Pegas Daun Mobil Listrik Angkutan Massal Menggunakan Metode Elemen Hingga. Skripsi program S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Semarang.
- Ilmi, U. 2019. Studi Persamaan Regresi Linear Untuk Penyelesaian Persoalan Daya Listrik. Jurnal Teknika. Vol. 11. No. 9
- Ismail.Y.N.N, Solang,M, Uno.W.D. 2020. Komposisi Proksimat Dan Indeks Glikemik Nira Aren. *Biospecies*. Vol 13. No 2.
- Jeon, B.Y. (2007). Development of a serial bioreactor system for direct ethanol production from starch using *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 12: 566- 573.
- Junior, W. 2022. Perancangan Rotor Turbin Angin Savonius Tipe-L Untuk Pembangkit Listrik Pada Rumah Tinggal. Skripsi program S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.
- Kartika, dkk. 1988. Pedoman Uji Inderawi Bahan Pangan. Yogyakarta: UGM.
- Kister, Henry. *Distillation Design*. McGraw-Hill Inc. United State. 1992.
- Lutony, T.L., 1993.Tanaman Sumber Pemanis. P.T Penebar Swadaya, Jakarta.
- M, Rizky. dkk. 2018. Rancang Bangun Tangki Pemanas Pada Distilator Bioetanol Dengan Sistem Continue Berkapasitas 5 Liter/Jam Untuk Sekala Umkm. pp. 55-56.
- Meilani .M .M , Gusti .H, Netti. H. 2016. Pembuatan Bioetanol Dari Nira Aren (*Arenga pinnata Merr*) Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 5, No. 4
- Novan G. S, Robert. M dan Frans.W. 2020. Analisis Ekonomi Penggunaan Alat Penyulingan Nira Aren Menjadi Bioetanol Di Kelompok Tani Hutan Teyapu Di Desa Talawaan Kecamatan Talawaan Kabupaten Minahasa Utara.
- Paulus,Tofan. dkk. 2012. Pengaturan Suhu Distilator Pada Proses Destilasi Bio-Etanol Berbasis Kendali Proporsional Menggunakan Plc Omron Cpm2a. *Paradigma*. Vol. XIV. No.1. pp. 1.
- Rizal, M. dkk. 2018. Modifikasi Tungku Pembuatan Gula Aren (*Arenga Pinnata*) Menggunakan Bahan Bakar Lpg (Liquified Petroleum Gas). Skripsi Program S1 Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi.
- Robert,L.Mott. dkk. *Buku Machine Elements in Mechanical Design*, cetakan ke 6. Pearson. New York. 2004.
- Saing, W. dkk. 2018. Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metanol Kapasitas Produksi 355.000 Ton/Tahun. Skripsi program S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Setiawan,A. dkk. 2018. Perancangan Dan Analisis Tegangan Separator Produksi Menggunakan Software PV Elite Dan Solidworks. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 7. No. 2.
- Setiawan.T. 2018. Rancang Bangun Alat Distilasi Uap Bioetanol Dengan Bahan Baku Batang Pisang. *Fakultas Teknik Universitas Galuh Ciamis*. Vol 4, No 2
- Soeseno, S., 1991. *Bertanam Aren*. P.T. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Tangkuman H.D, Rorong J.A, Pandara.D, dan Tamuntuan.G. 2010. Produksi Bioetanol Dari Nira Aren Menggunakan Energi Geothermal. *Chem. Prog*. Vol. 3, No. 1.
- Trivano. S dkk. (2020). Uji Kinerja Alat Penyulingan Nira Aren Menjadi Bioetanol Di Kelompok Tani Hutan Tayapu Desa Talawaan Kecamatan Talawaan Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol. 11. No. 1.
- Wibisono. Y.G. 2012. Rancang Bangun Alat Distilasi Bioethanol Model Kolom Spiral. Skripsi Program S1 Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Wisnuwati, 1996. *Manfaat Aren*. Balai Pustaka, Jakarta.
- Zelviani, S. dkk. 2020. Nilai Termofisika Daun Kapuk, Daun Sirih, Dan Daun Bunga Kembang Sepatu Sebagai Bahan Kompres Demam. *Jurnal Fisika dan Terapannya*. Vol. 7. No. 2.
- Sanusi, G. dkk. 2019. Pemisahan dan Karakterisasi Etanol dari Nira Aren (*Arenga pinnata*) (Separation and Characterization of Ethanol from Palm Sap (*Arenga pinnata*)). *IPTEK Journal of Proceedings Series* No. 4