

## **RANCANG BANGUN TANGKI PEMANAS PADA DESTILATOR BIOETANOL DENGAN SISTEM *CONTINUE* BERKAPASITAS 5 LITER/JAM UNTUK SEKALA UMKM**

**Muh Rizqi Maulana**

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Muria Kudus

Email: [201454101@std.umk.ac.id](mailto:201454101@std.umk.ac.id)

**Rochmad Winarso**

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Muria Kudus

Email: [rochmad.winarso@umk.ac.id](mailto:rochmad.winarso@umk.ac.id)

**Rianto Wibowo**

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Muria Kudus

Email: [rianto.wibowo@umk.ac.id](mailto:rianto.wibowo@umk.ac.id)

### **ABSTRAK**

Bioetanol adalah cairan yang dihasilkan dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme, Bioetanol merupakan bahan bakar yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil. Dimana untuk proses produksi etanol sebagai bahan bakar diperlukan adanya kapasitas yang bisa mencukupi kebutuhan tersebut. Destilator sebagai pengolah bioethanol diperlukan adanya tangki pemanas yang dapat digunakan sebagai proses penguapan dalam skala besar. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, proses perancangan, proses manufaktur. Pada hasil penelitian telah dibuat tangki pemanas dengan sistem continue otomatis dan memiliki kapasitas 25 liter dengan dimensi tangki pemanas meliputi tinggi tangki 675mm dan diameter 400 mm. Hasil etanol yang didapatkan sebanyak 2,35 liter/jam dengan tingkat kemurnian etanol 91%.

**Kata kunci:** Bioetanol, Distilator, Tangki Pemanas, Kapasitas

### **ABSTRACT**

*Bioethanol is a liquid produced from the fermentation process of sugar from carbohydrate sources with the help of microorganisms, Bioethanol is a fuel that can be used to replace fossil fuels. Where to process the production of ethanol as a fuel there is a need for a capacity that can meet these needs. Destilator as a bioethanol processor requires a heating tank that can be used as a large-scale evaporation process. The method used includes literature study, design process, manufacturing process. The results of the research have made a heating tank with an automatic continue system and has a capacity of 25 liters with the dimensions of the heating tank covering a tank height of 675mm and a diameter of 400mm. The results of ethanol obtained were 2.35 liters / hour with an ethanol purity level of 91%.*

**Keywords:** bioethanol, destilator, heating tank, capacity

## 1. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu sumber daya alam khususnya bahan bakar semakin lama semakin berkurang. Bahan bakar alternatif adalah bahan bakar yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar konvensional. Ini menuntut kita untuk dapat menghasilkan bahan bakar selain bahan bakar fosil/minyak bumi karena minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Bahan Bakar Minyak, yang lebih kita kenal dengan BBM merupakan bahan bakar yang diproses dan diolah dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Karena sifatnya yang tidak dapat diperbaharui ini maka minyak sebagai sumber bahan bakar akan semakin menipis dan habis pada suatu saat nanti. Bahan bakar minyak merupakan sumber energi utama dalam menggerakkan roda kehidupan dunia, termasuk didalamnya roda ekonomi.

Bioetanol adalah etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen pati atau selulosa, seperti singkong dan tetes tebu, dalam dunia industri, etanol umumnya digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, serta bahan baku farmasi dan kosmetika [1].

Pada penelitian [2] telah dirancang alat destilator bioetanol dengan dimensi sebagai tangki pemanas menggunakan material plat *Stainless Steel* 304 yang berdiameter 400 mm dengan ketinggian 500 mm.

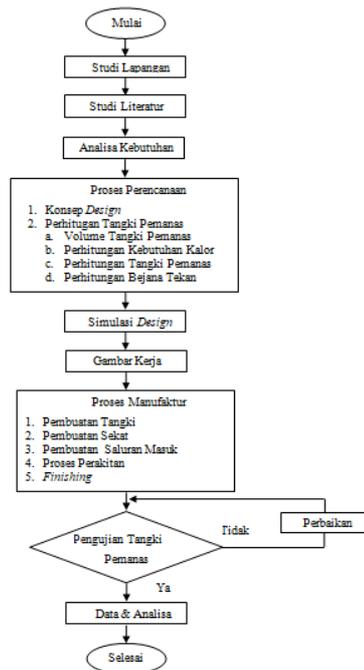
Pada penelitian berikutnya [3] telah dikembangkan alat destilator bioetanol dengan tingkat kemurnian alkohol 76 %. Kemudian berlanjut pada penelitian [4] sehingga diperoleh tingkat kemurnian 92 % pada penelitian tersebut.

Dilaporkan pada penelitian sebelumnya bahwa proses rancang bangun pada tangki pemanas destilator bioetanol masih perlu adanya penyempurnaan atau perbaikan dari proses pengoperasian sistem *continue* nya. Dimana untuk sistem *continue* pada tangki pemanas sebelumnya masih dilakukan secara manual, sehingga masih kurang dari segi efisiensinya.

Untuk tangki pemanas pada destilator bioetanol ini akan dilakukan proses penyempurnaan dari sistem kontrol *continue* nya. Dimana untuk sistem kontrol pada tangki pemanas ini akan disempurnakan dengan penambahan sensor untuk proses kerja *continue* secara otomatis.

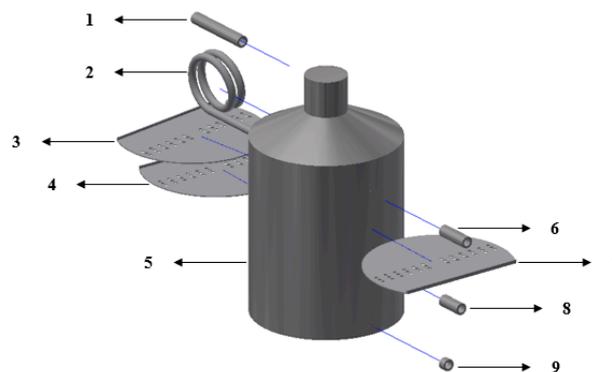
## 2. METODOLOGI

Tahap proses perancangan Rancang Bangun Tangki Pemanas Pada Destilator Bioetanol Dengan Sistem *Continue* Berkapasitas 5 Liter/Jam Untuk Skala UMKM dapat dilihat pada gambar 2. dibawah ini



**Gambar 1. Diagram alir rancang bangun**

Studi literature merupakan satu cara yang dipakai data untuk menghimpun data-data yang berhubungan dengan tangki pemanas dalam suatu penelitian. Konsep *design* pada tangki pemanas dapat dilihat dari analisa kebutuhan, dimensi prinsip kerja serta material yang digunakan untuk tangk pemanas. Perhitungan pemanas meliputi volume tangki pemanas, perhitungan kebutuhan kalor, perhitungan tangki pemanas, perhitungan bejana tekan. Simulasi *design* bertujuan untuk menentukan *design* untuk menentukan hasil *output* simulasi adalah *von mises stress*, *displacement*, *strain* dengan tekanan 5 bar pada tangki pemanas. Gambar kerja dipergunakan untuk membirakn informasi mengenai bentuk ukuran, jumlah dan cara membuat suatu benda. Proses manufaktur meliputi pembuatan tangki, pembuatan sekat, pembutana saluran masuk, proses perakitan. Pengujian tangki pemanas bertujuan untuk menentukan aman tidaknya sistem kerja tangki pada temperature tertentu. Untuk gambar tangki pemanas dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini :



**Gambar 2. Tangki pemanas**

Keterangan:

1. Saluran penyambung
2. Saluran sprayer
3. Sekat 1
4. Sekat 2
5. Tangki
6. Saluran masuk
7. Saluran pelimpah
8. Saluran pembuangan

Prinsip kerja dari tangki pemanas destilator bioetanol 5 liter/jam adalah sebagai berikut :

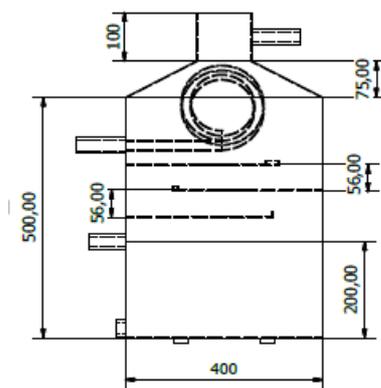
1. Cairan bahan baku yang mengandung 90% etanol dan 10% air dimasukkan kedalam bak.
2. Cairan bahan baku dipompa dan disemprotkan ke dalam tangki pemanas melalui saluran *sprayer*.
3. Semprotan cairan bahan baku fermentasi akan mengisi tangki pemanas.
4. Cairan bahan baku fermentasi akan mengalir melalui sekat – sekat yang ada didalam tangki pemanas.
5. Cairan bahan baku fermentasi pada tangki pemanas akan dipanaskan sehingga akan terjadi proses penguapan.
6. Selanjutnya uap akan mengalir menuju ke menara refluks untuk proses kondensasi dan menuju ke kondensor untuk proses pendinginan sehingga dihasilkan bioetanol.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Proses Perencanaan

Perhitungan tangki pemanas destilator sistem *continue* dibutuhkan proses perhitungan untuk mempermudah proses pembuatan atau perancangan. Dalam proses perhitungan Tangki Pemanas meliputi perencanaan volume tangki pemanas, perhitungan kebutuhan uap ruang tangki pemanas dan penguapan, perhitungan waktu penyulingan, perhitungan kalor total, perhitungan kebutuhan bahan bakar.

Perencanaan spesifikasi Tangki Pemanas Destilator merupakan hal yang penting untuk menentukan seberapa maksimal hasil dari *output* pada proses kerja destilator tersebut. Untuk dimensi tangki pemanas dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Dimensi Tangki pemanas

Perencanaan volume pada tangki pemanas bertujuan untuk menentukan seberapa besar kapasitas bahan yang mampu ditampung pada tangki pemanas itu sendiri. Volume tangki pemanas dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$V \text{ bahan baku} = \pi \cdot r^2 \cdot t \quad (1)$$

Volume tangki total dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$V \text{ tangki total} = \pi \cdot r^2 \cdot t \quad (2)$$

Volume ruang penguapan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$V = V \text{ tangki} - V \text{ bahan baku} \quad (3)$$

Perencanaan kebutuhan uap tangki pemanas dan penguapan pada tangki pemanas bertujuan untuk menentukan kebutuhan uap ruang tangki pemanas itu sendiri.

$$\text{Kebutuhan uap} = \frac{\text{kapasitas produksi}}{\text{presentase}} \quad (4)$$

Proses perhitungan waktu penyulingan pada proses destilasi bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu penyulingan tersebut.

$$\text{Waktu penyulingan} = \frac{\text{Volume bahan baku}}{\text{Kebutuhan uap}} \quad (5)$$

Panas yang dibutuhkan untuk memanaskan bahan baku fermentasi yang akan didestilasi  
Menghitung Q air

$$Q \text{ air (sensible)} = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (6)$$

$$Q \text{ air} = m \cdot \Delta H \quad (7)$$

$$Q \text{ air total} = Q \text{ air sensible} + Q \text{ air laten} \quad (8)$$

Menghitung Q etanol

$$Q \text{ etanol (sensible)} = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (9)$$

$$Q \text{ etanol (laten)} = m \cdot \Delta H \quad (10)$$

$$Q \text{ etanol total} = Q \text{ etanol sensible} + Q \text{ etanol laten} \quad (11)$$

Menghitung Q total

$$Q \text{ total} = Q \text{ air total} + Q \text{ etanol total} \quad (12)$$

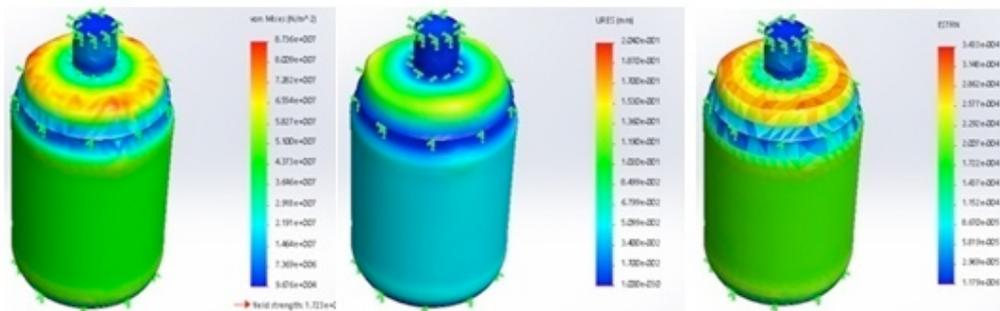
Pada perhitungan perencanaan tangki pemanas dapat dilihat pada tabel 1. dibawah ini

**Tabel 1. Hasil perhitungan perencanaan tangki pemanas**

Perhitungan	Hasil
Volume bahan baku	200 mm
Volume total	68,8 liter
Volume penguapan	37,8 liter
Kebutuhan uap	50 kg/jam
Waktu penyulingan	30 menit
Kebutuhan kalor	514102 kJ/jam
Kebutuhan bahan bakar	11 g/jam

### 3.2 Simulasi Design

Pengujian pada tangki pemanas untuk destilator bioetanol ini dilakukan dengan analisa beban statis pada tangki ini mengguankan *Software Engineering Design*. Diasumsikan tekanan dalam tangki 5 bar sesuai dengan *safety valve*. Pada hasil simulasi *design* ini, maka diperoleh data pada gambar 3 sebagai berikut :



**Gambar 3. Hasil simulasi**

Pada hasil simulasi design dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

**Tabel 2. Mechanical properties**

Properties	Value
Yield Strength	$2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Tensile Strength	$5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Elastic Modulus	$2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
Poisson Ratio	0,28
Mass Density	$7800 \text{ kg/m}^3$
Shear Modulus	$7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
Thermal Expansion Coefficient	$1 \times 10^{-5} /\text{K}$

### 3.3 Perhitungan Bejana Tekan

Proses perhitungan bejana tekan pada tangki pemanas destilator sistem *continue* dibutuhkan proses pehitungan bejana tekan untuk mempermudah proses pembuatan atau perancangan. Untuk tegangan tarik ijin pada tangki pemanas adalah  $102,5 \text{ N/mm}^2$  [5]

Untuk menghitung mengenai kekuatan dinding ketel terhadap kemungkinan belah dan kemungkinan putus dapat dihitung sebagai berikut

Tebal tangki terhadap kemungkinan belah (tb)

$$t_b = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \sigma_t (1 + D/L)} \quad (13)$$

Tebal tangki terhadap kemungkinan putus (tp)

$$t_p = \frac{p \cdot D}{4 \cdot \sigma_t} \quad (14)$$

Hasil perhitungan tebal tangki terhadap kemungkinan putus dan kemungkinan belah dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

**Tabel 3. Hasil perhitungan tebal tangki**

Perhitungan	Hasil
Tebal tangki terhadap kemungkinan belah (tb)	0,46 mm
Tebal tangki terhadap kemungkinan putus (tp)	0,45 mm

Perhitungan tebal dinding terhadap temperatur kerja tangki pemanas dengan tekanan dalam tangki 5bar sesuai *safety factor* pada tangki tersebut.

$$S = \frac{p \cdot D}{200 \cdot \frac{K}{S} \cdot U} + 1 \quad (15)$$

Gaya yang membelah pada bejana (P)

$$P = L \times D \times p \quad (16)$$

Gaya sebesar (P) ditahan oleh dinding bejana, dengan luasan irisan (A<sub>1</sub>) adalah :

$$A_1 = \{ 2 \times L \times t + 2 \times t (D + 2t) \} \quad (17)$$

Dengan terjadinya tegangan didalam dinding bejana tekan sebesar δt, maka dapat ditentukan sebagai berikut :

$$A_1 \cdot \sigma_t = L \cdot D \cdot p \quad (18)$$

Analisa gaya yang mwngakibatkan plat bejana putus

$$P = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \quad (19)$$

Gaya sebesar (P) akan ditahan oleh dinding bejana tekan, dengan luas irisan (A<sub>2</sub>) adalah :

$$A_2 = \frac{\pi}{4} (4 \cdot D \cdot t + 4t^2) \quad (20)$$

Dengan terjadinya tegangan didalam dinding bejana tekan sebesar  $\delta t$ , maka dapat ditentukan sebagai berikut :

$$A_2 \cdot \sigma_t = P \quad (21)$$

$\sigma_{t \text{ ijin}} \geq \sigma_t$  artinya tegangan yang diijinkan ( $\sigma_{t \text{ ijin}}$ ) lebih besar dibandingkan dengan tegangan yang terjadi didalam bejana ( $\sigma_t$ ), maka bejana tekan dinyatakan aman. Hasil perhitungan gaya pada bejana tekan dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

**Tabel 4. Hasil perhitungan gaya pada bejana**

Perhitungan	Hasil
Tebal tangki terhadap temperature kerja	2 mm
Gaya yang membelah dinding	95,2 N/mm <sup>2</sup>
Gaya yang memutuskan dinding	45 N/mm <sup>2</sup>

Analisa tegangan memanjang atau searah bejana tekan (*longitudinal*) yang terjadi pada bejana tekan, karena ada gaya yang ada dalam bejana tekan akan yang arahnya searah dengan posisi bejana tekan (*longitudinal*) maka menimbulkan suatu tegangan.

$$S_{1\sigma} = \frac{p \cdot D}{4t} \quad (22)$$

$\sigma_{t \text{ ijin}} \geq S_{1\sigma}$  artinya tegangan yang diijinkan ( $\sigma_{t \text{ ijin}}$ ) harus lebih besar dibandingkan dengan tegangan *longitudinal* yang terjadi didalam bejana ( $S_{1\sigma}$ ), maka bejana dinyatakan aman.

Analisa tegangan melingkar atau searah diameter bejana (*circumferential*) yang terjadi pada bejana bertekanan arena adanya gaya yang ada dalam bejana tekan yang arahannya melingkar dengan diameter bejana tekan (*circumferential*), maka akan menimbulkan suatu tegangan.

$$S_{2\sigma} = \frac{p \cdot D}{2t} \quad (23)$$

$\sigma_{t \text{ ijin}} \geq S_{2\sigma}$  artinya tegangan yang diijinkan ( $\sigma_{t \text{ ijin}}$ ) lebih besar dibandingkan dengan tegangan *circumferential* yang terjadi didalam bejana ( $S_{2\sigma}$ ), maka bejana dinyatakan aman.

Analisa pertambahan panjang (*expantion*) yang terjadi pada bejana tekan dimana sebelum kita mencari pertambahan panjang, terlebih dahulu mengetahui angka atau konstanta yang diperlukan.

$$\Delta L = \frac{\Delta t \cdot L \cdot k}{100} \quad (24)$$

Pada hasil perhitungan tegangan bejana tekan dapat dilihat pada tabel 5 berikut :

**Tabel 5. Hasil perhitungan tegangan pada bejana tekan**

Perhitungan	Hasil
Tegangan <i>longitudinal</i>	50 N/mm <sup>2</sup>
Tegangan <i>circumferential</i>	100 N/mm <sup>2</sup>
Pertambahan panjang	0,45 mm

### 3.4 Proses Pengujian

Pada pengujian ini dilakukan pengujian *software* simulasi, pengujian tangki pemanas, pengujian destilator bertujuan untuk proses perancangan pada tangki pemanas dan pengujian lapangan untuk mengetahui sistem kerja tangki pemanas pada destilator bioetanol sehingga akan didapatkan kapasitas hasil yang sesuai dengan perencanaan yang diharapkan.

Pengujian pada tangki pemanas untuk destilator bioetanol ini dilakukan dengan analisa beban statis pada tangki ini menggunakan *Software Engineering Design*. Tujuan dari analisa statis ini adalah untuk mengetahui titik terlemah dari tegangan *Von Mises Stress*, *Displacement*, *Strain*. Pada hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini :

**Tabel 6. Hasil simulasi**

<i>Name</i>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
<i>Mass</i>	14,663 kg	-
<i>Volume</i>	0,00187987 m <sup>3</sup>	-
<i>Von Mises Stress</i>	88510 N/m <sup>2</sup>	9 x 10 <sup>7</sup> N/m <sup>2</sup>
<i>Displacement</i>	0 mm	0,208548 mm
<i>Strain</i>	9 x 10 <sup>-7</sup>	0,000340344

Berdasarkan tabel pengujian *software* dengan tekanan 5 bar didapatkan hasil perbandingan *Von Mises Stress* 9,9 x 10N/m<sup>7</sup> N/m<sup>2</sup> Sehingga tangki dinyatakan aman karena *Von Mises Stress* lebih kecil dibandingkan dengan material bahan *Yield Strenght* 2 x 10<sup>8</sup> N/m<sup>2</sup>

Perhitungan galat presentase pada bejana tekan meliputi *von mises stress* dan *dicplacement* adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ eror} = \frac{\text{perhitungan teoritis} - \text{simulasi software}}{\text{simulasi software}} \cdot 100 \quad (25)$$

Pada hasil perhitungan galat dapat dilihat pada tabel 7 berikut

**Tabel 7. Hasil perhitungan galat**

<b>Perhitungan</b>	<b>Hasil</b>
<i>Von Misess Stress</i>	1,0 %
<i>Displacement</i>	1,9 %

Pengujian tangki pemanas bertujuan untuk menentukan aman tidaknya sistem kerja tangki pada temperature tertentu. Pada pengujian tangki pemanas melalui beberapa pengujian diantaranya adalah kebocoran pada tangki dengan cara menganalisa sistem kerja tangki. Hasil perhitungan pengujian tangki pemanas dapat dilihat pada tabel 8 berikut :

**Tabel 8. Hasil pengujian tangki pemanas**

<b>No</b>	<b>Bahan Baku (l)</b>	<b>Temperatur Tangki (°C)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Kebocoran</b>	<b>Ketahanan</b>
1	50	50	45	Tidak	Aman
2	50	75	60	Tidak	Aman
3	50	100	75	Tidak	Aman

Pengujian tangki pemanas ini dibutuhkan bahan baku fermentasi 50 liter dan berdasarkan pengujian dengan variasi temperatur kerja tangki (50°C, 75°C, 100°C) hasil yang didapatkan tangki masih aman untuk beroperasi

Pengujian destilator bertujuan untuk mengetahui hasil etanol terhadap lama fermentasi menggunakan tetes tebu sebagai bahan ujinya. Pada pengujian ini hasil yang diperoleh adalah kapasitas hasil dan tingkat kemurnian etanol. Hasil pengujian tangki pemanas dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini.

**Tabel Hasil 9. Pengujian tangki pemanas**

No	Bahan Baku (l)	Lama Fermentasi (hari)	Temperatur Refluks (°C)	Waktu Destilasi (jam)	Hasil Etanol (l)	Kadar Etanol (%)
1	50	7	78	1	2,27	91

Berdasarkan hasil pengujian mesin destilator bioetanol dengan lama fermentasi 7 hari di dapatkan hasil etanol 2,27 liter dengan kadar etanol 91 %.

#### 4. KESIMPULAN

Dari rancang bangun tangki pemanas destilator bioetanol dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Design* tangki pemanas menggunakan plat Stainless Steel 304 dengan tinggi 675 mm, diameter 400 mm, dan tebal 2 mm dengan menggunakan sistem *continue* otomatis.
2. Simulasi menggunakan *Software Engineering Design*, hasil yang diperoleh dengan nilai maksimal *von mise*  $9 \times 10^7$  N/mm<sup>2</sup>, *displacemen* 0,02 mm, *strain* 0,00034, pada simulasi ini didapatkan kesimpulan bahwa nilai maksimal dari *von mises* lebih rendah dari *yield strength* material bahan maka tangki pemanas dinyatakan aman.
3. Pada proses pengujian mesin dengan bahan baku tetes tebu didapatkan hasil etanol 2,35 liter/jam dengan tingkat kemurnian etanol 91%.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hambali, Erliza, and S. Mujdalipah, *Teknologi Bioenergi*. Jakarta, 2007.
- [2] R. Winarso, B. S. Nugraha, and Taufiq Santoso, "Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Model Refluk," *J. SIMETRIS*, vol. 5, no. 2, p. 104, 2014.
- [3] R. Winarso, B. S. Nugraha, A. Muttaqin, and N. Rofiudin, "Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif," vol. Prossiding, pp. 7–12, 2014.
- [4] M. Ischsan, B. S. Nugraha, and R. Winarso, "Analisa Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Pada Mesin Destilator Model Reflux," *J. SIMETRIS*, vol. 6, no. 2, p. 318, 2015.
- [5] Djokosetyardjo, *KETEL UAP*. Jakarta: Paradndya Paramita, 2003.