

RANCANG BANGUN OVEN *AUTOCLAVE* KAPASITAS 180 LITER

Jeri Jaelani¹⁾, Gatot Eka Promono¹⁾, Dwi Yuliaji¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor
e-mail: jeri.jaelani89@gmail.com

ABSTRAK

Oven *autoclave* merupakan bejana tekan yang diberikan tekanan dengan pemberian panas secara langsung kedalam oven *autoclave*. Komponen utama memiliki ketebalan *plate* 4 mm serta beroperasi pada tekanan hingga 2 bar dengan temperature maksimal 200° C. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisa kekuatan struktur oven *autoclave* dengan metode penyelesaian persamaan dan simulasi. Setelah dilakukan analisa menggunakan penyelesaian perhitungan dan simulasi, didapatkan hasil persamaan tegangan untuk material dengan tebal 4 mm. Nilai *yield strength* dari analisa perhitungan pada tekanan 2 bar menghasilkan tegangan 20,9 MPa, 10 bar sebesar 104,6 MPa, 20 bar sebesar 209,2 MPa dan pada tekanan 30 bar sebesar 313,8 MPa. Sedangkan berdasarkan analisa simulasi, pada tekanan 2 bar menghasilkan tegangan *yield strength* sebesar 21 MPa, 10 bar sebesar 103 MPa, 20 bar sebesar 206 MPa, dan di 30 bar sebesar 309 MPa. Untuk penggunaan material plat AISI 1015 dengan ketebalan 4 mm, tekanan yang bekerja sebesar 2 bar masih aman untuk digunakan. Karena pada tekanan 2 bar menghasilkan *yield strength* sebesar 20,9 Mpa (analisa perhitungan) dan 21 MPa (analisa simulasi) masih jauh dari nilai maksimal standard yaitu 325 MPa.

Kata kunci : *autoclave; perhitungan; plat AIS 1015; rancang bangun; simulasi; yield strength*

ABSTRACT

An autoclave oven is a pressure vessel that is given pressure by applying heat directly into the autoclave oven. The main components have a plate thickness of 4 mm and operate at a pressure of up to 2 bar with a maximum temperature of 200° C. This study aimed to analyze the structural strength of the autoclave oven by solving equations and simulation methods. After analyzing using calculations method and simulations, the results of the stress equation for the material with a thickness of 4 mm were obtained. The yield strength value from the calculation analysis at a pressure of 2 bar produced a stress of 20.9 MPa, 10 bar of 104.6 MPa, 20 bar of 209.2 MPa, and at a pressure of 30 bar of 313.8 MPa. Based on the simulation analysis, a force of 2 bar produces a yield strength of 21 MPa, 10 bar of 103 MPa, 20 bar of 206 MPa, and 30 bar of 309 MPa. For the use of AISI 1015 plate material with a thickness of 4 mm, the working pressure of 2 bar is still safe. Because at a pressure of 2 bar, it produces a yield strength of 20.9 MPa (calculation analysis) and 21 MPa (simulation analysis), which is still far from the standard maximum value of 325 MPa.

Keywords : *AISI 1015 plat, autoclave; calculate; design; simulation; yield strength*

PENDAHULUAN

Menghadapi perubahan kemajuan teknologi pada industri manufaktur, mahasiswa Universitas Ibn Khaldun yang merupakan lembaga perguruan tinggi harus menghadapi serangkaian tantangan baru untuk kemajuan teknologi. Kreatifitas mahasiswa untuk membuat inovasi-inovasi baru terutama pada fakultas teknik harus dapat bereksistensi pada kemajuan teknologi dan menjadikan lulusan yang berkemampuan profesional

Perkembangan teknologi semakin pesat terutama pada kegiatan industri di Indonesia. Kegiatan proses produksi tidak luput dari bantuan mesin dan

juga alat yang canggih. Dalam industriomotif terdapat beberapa *spare part* seperti body motor berbahan *cavlar*. Materil ini harus dibentuk terlebih dahulu pada cetakan atau *mold* dan dilapisi resin. Proses tersebut harus dilakukan pemasakan terlebih dahulu menggunakan oven *autoclave* dengan tenaga uap panas untuk memasak *rubber* dan *cavler* tersebut.

Oven *autoclave* menggunakan tenaga uap panas dalam memasak material *rubber* atau *cavler* yang membutuhkan sumber panas dari boiler dengan skala besar dan membutuhkan tempat, biaya dan energi besar. Untuk mengefesienkan tempat, biaya dan energi, maka sumber tenaga uap perlu diganti dengan penggunaan energi panas dengan *heater*.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini bermaksud untuk merancang konstruksi oven *autoclave* dengan menggunakan pemanas *heater*.

Oven *AutoClave*

Autoclave adalah sebuah bejana ruangan dengan tekanan tertentu yang digunakan untuk melakukan proses industri dan ilmiah yang membutuhkan suhu dan tekanan tinggi yang berhubungan dengan ambien. Alat ini digunakan dalam aplikasi medis untuk melakukan sterilisasi, dan dalam industri kimia untuk *cure coating* dan vulkanisir karet dan untuk sintesis hidrotermal. *Industrial autoclave* digunakan dalam berbagai aplikasi industri, terutama dalam pembuatan komposit.

Prinsip Kerja Oven *Autoclave*

Pada prinsipnya, *autoclave* menggunakan panas dan bertekanan dari uap panas yang biasanya berasal dari alat seperti boiler untuk skala industri besar, dan juga uap air panas untuk skala industri ke bawah seperti di rumah sakit.

Komponen *Autoclave*

Pada *autoclave* terdapat beberapa fungsi komponen yang sering dioperasikan. Diantaranya adalah:

1. Bejana Tekan
2. Ruang Uap
3. Elemen Pemanas
4. Katup Uap
5. Katup Pengaman
6. Sensor Temperatur
7. Pressure Gauge

Perancangan

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai, memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik sistem fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada. Perancangan suatu alat termasuk dalam metode teknik, dengan demikian langkah-langkah pembuatan perancangan akan mengikuti metode teknik. Merris Asimov menerangkan bahwa perancangan teknik adalah suatu aktivitas dengan maksud tertentu menuju kearah tujuan dari pemenuhan kebutuhan manusia,

terutama yang dapat diterima oleh faktor teknologi peradaban kita. Dari definisi tersebut terdapat tiga hal yang harus diperhatikan dalam perancangan yaitu :

- 1) Aktifitas dengan maksud tertentu,
- 2) Sasaran pada pemenuhan kebutuhan manusia
- 3) Berdasarkan pada pertimbangan teknologi. Sebelum perancangan atau pembuatan sebuah alat perlu di siapkan bahan/material terlebih dahulu. Pada Perancangan atau pembuatan oven *autoclave* perlu disiapkan terlebih dahulu material yang diperlukan serta metode untuk pemilihan material tersebut

Pemilihan Bahan

Spesifikasi AISI 1015 adalah *Plate* baja karbon rendah dengan kualitas dapat diprediksi. Memiliki sifat pengelasan dan pembengkokan yang sangat baik. Aplikasi struktur *plate* AISI 1015 adalah baja karbon rendah yang menawarkan kemampuan kerja dan kemampuan mesin yang unggul. Paduan rekayasa dan mesin serbaguna, *plate* AISI 1015 dapat digunakan dengan pengerjaan normalisasi, pengerjaan roll panas, pengerjaan dingin atau annealing.

FEM (*Finite Element Method*)

Finite Element Method (FEM) atau biasanya disebut *Finite Element Analysis* (FEA), adalah prosedur numeris yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*), seperti analisa tegangan pada struktur, frekuensi pribadi dan *mode shape*-nya, perpindahan panas, elektromagnetis, dan aliran fluida (Moaveni). Metode ini digunakan pada masalah-masalah rekayasa dimana *exact solution/analytical solution* tidak dapat menyelesaikannya. Inti dari FEM adalah membagi suatu benda yang akan dianalisa, menjadi beberapa bagian dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen yang tiap elemen satu dengan elemen lainnya dihubungkan dengan nodal (*node*). Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut *meshing*.

Kekuatan Material

Spesifikasi kekuatan materil untuk beberapa jenis material yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kekuatan Material

Bahan	Kekuatan Tarik (N/m ²)	Kekuatan Tekan (N/m ²)	Kekuatan Geser (N/m ²)
Besi, gips	170 × 10 ⁶	550 × 10 ⁶	170 × 10 ⁶
Baja	500 × 10 ⁶	500 × 10 ⁶	250 × 10 ⁶
Kuningan	250 × 10 ⁶	250 × 10 ⁶	200 × 10 ⁶
Aluminium	200 × 10 ⁶	200 × 10 ⁶	200 × 10 ⁶
Beton	2 × 10 ⁶	20 × 10 ⁶	2 × 10 ⁶
Batu bata		35 × 10 ⁶	
Marmar		80 × 10 ⁶	
Granit		170 × 10 ⁶	
Kayu (pinus)			
(sejajar dengan urat kayu)	40 × 10 ⁶	35 × 10 ⁶	5 × 10 ⁶
(tegak lurus terhadap urat kayu)		10 × 10 ⁶	
Nilon	500 × 10 ⁶		
Tulang (tungkai)	130 × 10 ⁶	170 × 10 ⁶	

- Rumus tekanann/ kekuatan material

$$\alpha = \frac{F}{A} \dots (1)$$

Keterangan:

F : Besar gaya tekan/Tarik (N)

A : Luas penampang (m²)

α : Tegangan (N/m²)

- Rumus tekanan gas pada ruangan tertutup

$$P.V = \text{Konstan}$$

$$P_1.V_1 = P_2.V_2 \dots (2)$$

Untuk gas campuran :

$$P_{campuran} = (P_1.V_1) + (P_2.V_2) / (V_1+V_2) \dots (3)$$

Tekanan pada gas sering dinyatakan dengan satuan atmosfer (atm), di mana :

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa, atau } 1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg}$$

Keterangan :

P₁ = tekanan awal (atm)

V₁ = volume awal (m³)

P₂ = tekanan akhir (atm)

V₂ = volume akhir (m³)

- Rumus suhu

Rumus menentukan temperatur gas dalam silinder tertutup

$$PV = n R T \text{ atau}$$

$$T = (P V) / (n R)$$

$$T = (2 \times 10 \times 5 \times 10) / (4 \times 10 \times 8310)$$

$$T = 300,8 = 301 \text{ k}$$

Jadi temperatur gas dalam silinder adalah 300k

$$P.V = n.R.T$$

Dengan:

R = Konstansi gas (0,082 atm.L/mol k)

V = Volume gas (L)

P = Tekanan gas (atm)

n = Mol gas (mol)

T = Temperatur (K)

Perhitungan suhu tersebut dengan pelakuan *hot working* yaitu pengerjaan panas pada logam merupakan proses deformasi pada logam yang dilakukan pada kondisi temperatur dan laju regangan tertentu sehingga proses deformasi dan proses *recovery* terjadi bersamaan. Batas dari temperatur pengerjaan panas ditentukan oleh temperatur dimana telah terjadi oksidasi berlebihan atau temperatur titik leleh logamnya. Umumnya temperature tertinggi pengerjaan panas di batasi samapi 100 Fahrenheit dibawah titik leburnya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian kali ini dilakukan pada Lab Manufaktur Fakultas Teknik Mesin Universitas Ibn Khaldun Bogor, Jalan Sholeh Iskandar, Kedungbadak, Kecamatan Tanah Sareal, Kota Bogor, 16162.

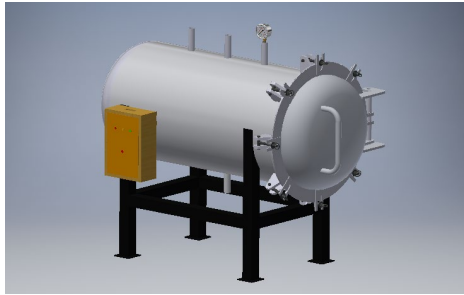
Metode Pengambilan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu analisis dan simulasi. Metode analisis adalah suatu metode yang digunakan dengan cara pemberian beban. Adapun beban yang digunakan untuk pengujian dilakukan secara statis dan dinamis. Dimana beban ini didapat dari asumsi kekuatan tabung pada tekanan yang diberikan. Sehingga didapat hasil yang sesuai dengan *safety factor*.

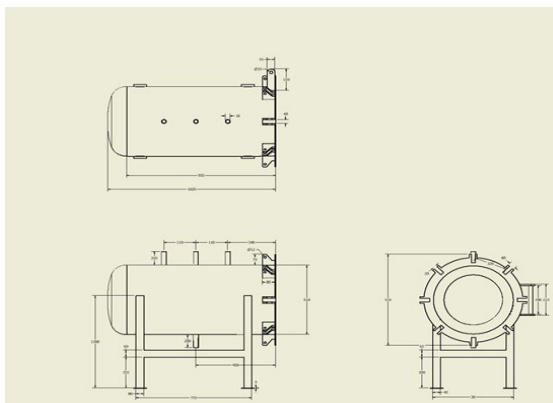
Validasi hasil simulasi yang digunakan akan menentukan kekuatan tabung, yaitu untuk variabel defleksi, tegangan maksimum dan *safety factor*. Dari ketiga simulasi ini akan didapatkan hasil yang akan menentukan tingkat kesesuaian material apa yang akan digunakan dalam perancangan, serta mendapatkan desain rancang bangun kontruksi oven *autoclave* yang kuat.

Cara pengujian pada kontruksi oven *autoclave* menggunakan 2 pengujian. Pengujian pertama menggunakan *software Inventor* untuk mendapatkan hasil kekuatan material yang sesuai. Dan yang kedua dengan perhitungan teori menggunakan rumus tegangan kekuatan material dan suhu.

Desain Oven *Autoclave*



Gambar 1. Desain 3D *actual oven autoclave*



Gambar 2. Desain 2D *actual body oven autoclave*

HASIL DAN PEMBAHASAN

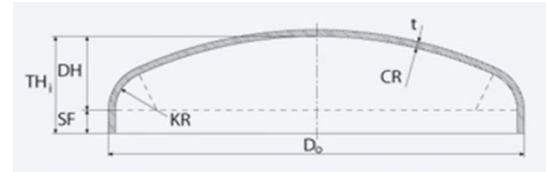
Kekuatan Struktur Oven *Autoclave*

Analisa pada bejana *autoclave* tidak terlepas dari perencanaan kekuatan material bejana *autoclave*. Dengan memperhatikan setiap dimensi pada struktur bejana *autoclave*, maka dapat diperoleh langkah-langkah perhitungan. Bejana oven *autoclave* menggunakan material *plate mild steel* AISI 1015. Konstruksi bejana oven *autoclave* terdiri dari *head* dan *body* yang dilas dengan tipe pengelasan *buttjoint*.

Pada penelitian ini terdapat analisis perhitungan dengan tekanan operasional dan analisis simulasi bertekanan pada *software* dengan tekanan 2 bar sampai 10 bar. Disamping dari itu oven *autoclave* dapat dioptimasi dengan mengubah dimensi oven dengan tekanan operasional yang sama.

Volume Oven *Autoclave*

- a. Perhitungan kapasitas bejana *Autoclave*
Kapasitas bejana *autoclave* dapat diketahui sebagai berikut :



Diketahui :

$$D_{\text{luar}} = 510 \text{ mm} = 0,510 \text{ m}$$

$$D_{\text{dalam}} = 502 \text{ mm} = 0,502 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tabung} = 0.9 \text{ m}$$

$$Sf = 50 \text{ mm} = 0.05 \text{ m}$$

$$\text{Tebal plat } (t) = 4 \text{ mm} = 0,004 \text{ m}$$

- $Dh = 0,1935 \times D - (0,455 \times t)$
 $Dh = 0,1935 \times 0,51 \text{ m} - (0,455 \times 4)$
 $Dh = 0,1 \text{ m}$

- $V_{\text{cup}} = \pi \times Dh \times \left(\frac{3 \times r \times dh}{3}\right)$
 $V_{\text{cup}} = \pi \times 0,1 \times \left(\frac{3 \times 0,255 \text{ m} \times 0,1}{3}\right)$
 $V_{\text{cup}} = 0,314 \times 0,0255$
 $V_{\text{cup}} = 0,008$

- $V_{\text{tutup tabung}} = \pi \cdot h_{\text{bejana}} \cdot r^2$
 $= 3,14 \times 0,05 \times (0,255)^2$
 $= 0,01 \text{ m}^3$

- $V_{\text{tup bejana}} = 2 \times (V_{\text{Cup}} + V_{\text{tabung}})$
 $= 2 \times (0,008 \text{ m}^3 + 0,01 \text{ m}^3)$
 $= 0,216 \text{ m}^3$

- $V_{\text{tabung}} = \pi \cdot h_{\text{tabung}} \cdot r^2$
 $= 3,14 \times 0,7 \times (0,254)^2$
 $= 0,141 \text{ m}^3$

- $V_{\text{total}} = V_{\text{tabung}} + V_{\text{bejana}}$
 $= 0,162 \text{ m}^3 + 0,036 \text{ m}^3$
 $= 0,199 \text{ m}^3$

- b. Perhitungan Ketebalan Dinding *Shell* Bejana
Ketebalan dinding bejana menentukan tekanan pada bejana *autoclave*. Oleh karena itu ditentukan ketebalan bejana dengan menggunakan persamaan berikut:

Diketahui :

- P (tekanan) = 2 bar = 0,2 Mpa
- R1 (jari jari dalam) = 0,251 m
- R2 (jari – jari luar) = 0,255 m
- S (tegangan izin material) = 325 Mpa
- E (efisiensi las) = 0,85 %

Jika diameter dalam yang digunakan :

$$t = \frac{P \times R}{(S \times E) - (0,6 \times P)}$$

$$t = \frac{0,2 \text{ Mpa} \times 0,251 \text{ m}}{(325 \times 0,85\%) - (0,6 \times 0,2 \text{ Mpa})}$$

$$t = \frac{0,0502 \text{ Mpa} \cdot \text{m}}{(2,75 \text{ Mpa}) - (0,12 \text{ Mpa})}$$

$$t = 0,00190 \text{ m} = 1,9 \text{ mm}$$

Hasil ketebalan dinding yang sudah dianalisis jika diameter dalam yang digunakan yaitu sebesar 0,00190 m dan jika diameter luar yang digunakan 0,00191 m. Hasil analisis perhitungan lebih kecil dari diameter material yang sudah beroperasi yaitu 0,004 m maka dapat dinyatakan aman.

c. Perhitungan Ketebalan *Shell Ellipsoidal*

Menghitung ketebalan dinding kepala bejana tekan terbentuk setengah lingkaran (*Ellipsoidal*) dimana perbandingan diameter (D) dan tinggi (h) adalah 2:1.

Diketahui :

- P (tekanan) = 2 bar = 0,2 MPa
- R1 (jari jari dalam) = 0,251 m
- R2 (jari – jari luar) = 0,255
- S (tegangan izin material) = 325 MPa
- E (efisiensi las) = 0,7 %

Jika diameter yang digunakan :

$$t = \frac{P \times D}{2((S \times E) - (0,6 \times P))}$$

$$t = \frac{0,2 \text{ MPa} \times 0,502 \text{ m}}{2((325 \times 0,7\%) - (0,6 \times 0,2 \text{ MPa}))}$$

$$t = \frac{0,1004 \text{ MPa} \cdot \text{m}}{2((2,27 \text{ MPa}) - (0,12 \text{ MPa}))}$$

$$t = 0,00233 \text{ m} = 2.3 \text{ mm}$$

Hasil ketebalan dinding *Ellipsoidal Head* yang sudah dianalisis yaitu sebesar 0,00233 m jika diameter dalam yang digunakan dan 0,00237 m jika diameter luar yang digunakan. Hasil analisis perhitungan lebih kecil dari diameter material yang

sudah beroperasi yaitu 0,004 m maka dinyatakan aman.

d. Perhitungan Tegangan 2 Bar *Circumferential* pada Bejana *Autoclave*

Pada bejana tekan *shemiellipsoidal* untuk mengetahui seberapa besar tekanan internal yang terjadi.

Diketahui :

- P (tekanan) = 2 bar = 0,2 MPa = $2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
- OD (diameter dalam) = 0,255 m
- ID (diameter luar) = 0,251 m
- T (Tebal material) = 0,004 m
- S (tegangan izin material) = 325 MPa

$$\sigma_c = \frac{P \times D}{1,2 \times T}$$

$$\sigma_c = \frac{2 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 0,502 \text{ m}}{1,2 \times 0,004 \text{ m}}$$

$$\sigma_c = 20.916.666 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_c = 20,91 \text{ MPa}$$

Hasil tegangan *Circumferential* yang terjadi pada tekanan 2 bar sebesar 20,9 MPa. Nilai tegangan yang dihasilkan ini masih jauh dari *yield strength* pada material standar AISI 1015 yaitu 325 MPa.

Hasil Dan Pembahasan Pengujian Oven *Autoclave*

Untuk mendapatkan kekuatan struktur yang sesuai desain yang diinginkan supaya mencapai maksimal, dilakukan pengujian kinerja alat *autoclave* dengan cara pengujian langsung alat tersebut dan dengan simulasi menggunakan *software inventor*. Tabel 2 menunjukkan beberapa hasil pengujian langsung oven *autoclave*.

Tabel 2. Hasil perhitungan pada nilai tegangan 2 bar sampai dengan 30 bar

No	Tekanan	Diameter	Tinggi	Tegangan
1	2 Bar	0,51 M	1,25 M	20,9 MPa
2	10 Bar	0,51 M	1,25 M	104,6 MPa
3	20 Bar	0,51 M	1,25 M	209,2 MPa
4	30 Bar	0,51 M	1,25 M	313,8 MPa

Tabel 2 menunjukkan tegangan yang terjadi pada analisis perhitungan di 2 bar menghasilkan tegangan 20,9 Mpa, sedangkan di 10 bar sebesar 104,6 MPa, di 20 bar sebesar 209,2 MPa dan di 30 bar sebesar 313,8

MPa. Semakin angka tekanan dinaikan maka semakin besar hasil tegangan yang terjadi.

Hasil Dan Pembahasan Pengujian Tekanan Oven Autoclave

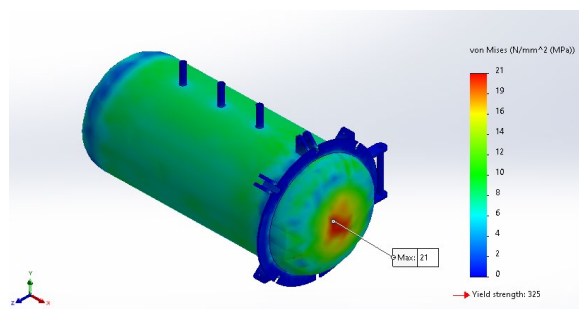
Tabel 3. Pengambilan Data Pengujian Suhu Oven Autoclave

No	Waktu (S)	Temperature Tercapai (C ⁰)	Temperatur Dinding (C ⁰)	Ampere (A)
1	60	62	32	12,75
2	120	104	35	13,17
3	180	136	50	13,25
4	240	165	60	13,36
5	300	189	70	13,49
6	360	200	75	13,59

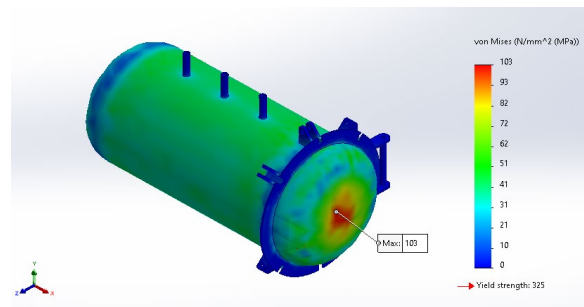
Berdasarkan hasil pengujian aktual oven *autoclave* alat tersebut berfungsi dengan baik sesuai yang diharapkan. Beberapa pengujian yang dilakukan yaitu pengetesan tekanan angin yang mencapai tekanan aktual 3 bar dan pengetesan panas *heater* pada oven *autoclave* mencapai panas aktual 200 derajat celcius.

Simulasi Kekuatan Struktur Tabung Oven Autoclave Berdasarkan Software Inventor

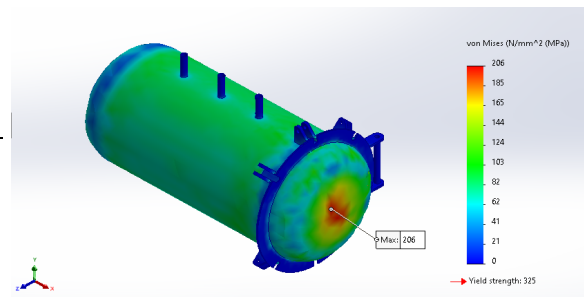
Pengujian bertekanan simulasi oven *autoclave* dengan menggunakan *software inventor*, karena *software inventor* memiliki kelebihan dari *software* lain seperti gambar 3D yang dihasilkan berbentuk dan terlihat seperti benda asli.



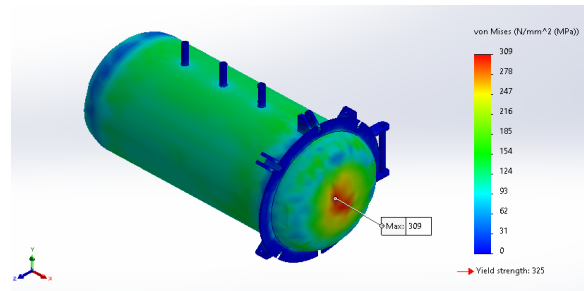
Gambar 3. Hasil Analisa Simulasi Pada Tekanan 2 Bar



Gambar 4. Hasil Analisa Simulasi Pada Tekanan 10 Bar



Gambar 5. Hasil Analisa Simulasi Pada Tekanan 20 Bar



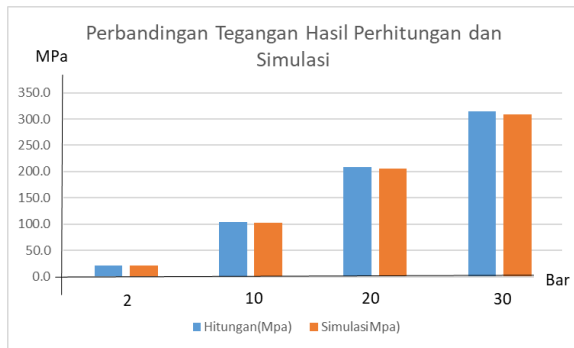
Gambar 6. Hasil Analisa Simulasi Pada Tekanan 30 Bar

Tabel 4. Hasil Analisa Simulasi Kekuatan Material Ketebalan 4 mm

No	Variasi Pressure	Hasil Simulasi Keseluruhan
1	2 Bar	21 MPa
2	10 Bar	103 MPa
3	20 Bar	206 MPa
4	30 Bar	309 MPa

Tabel 4 menunjukkan uji tekanan pada oven *autoclave* dengan simulasi dengan diberi tekanan pada material dengan ketebalan 4 mm sebesar 2 bar sampai

30 bar. Pada simulasi ini menunjukkan tegangan titik puncak terbesar yang terjadi pada tutup ujung tabung yang mana mencapai *nilai yield strenght* material pada 2 bar menghasilkan tegangan 21 MPa, 10 bar sebesar 103 MPa, 20 bar sebesar 206 MPa dan 30 bar sebesar 309 MPa. Karena gaya yang bekerja terfokus menuju pada titik terdalam suatu bidang.



Gambar 7. Grafik perbandingan tegangan hasil perhitungan dan simulasi

Gambar 7 menunjukkan perbandingan dari hasil analisa perhitungan dan simulasi. Dimana terdapat selisih yang kecil antara perhitungan dan simulasi serta angka tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan hasil *yield strenght* pada material *plate* AISI 1015 dengan ketebalan 4 mm .

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan tentang pengujian simulasi pada oven *autoclave* menggunakan analisa perhitungan dan simulasi pada *software inventor* maka dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan analisa menggunakan penyelesaian perhitungan dan simulasi didapatkan hasil persamaan tegangan pada oven *autoclave* dengan tebal material 4 mm. Berdasarkan hasil nilai *yield strenght* dari analisa perhitungan pada 2 bar menghasilkan tegangan 20,9 MPa, 10 bar sebesar 104,6 MPa, 20 bar sebesar 209,2 MPa dan tekanan 30 bar sebesar 313,8 MPa.

Sedangkan pada analisa simulasi pada 2 bar menghasilkan tegangan 21 MPa, 10 bar sebesar 103 MPa, 20 bar sebesar 206 MPa dan 30 bar sebesar 309 MPa. Jadi dapat disimpulkan bahwa dari persamaan hasil analisa dari kedua metode tersebut memiliki selisih yang tidak jauh berbeda.

Penggunaan material plat AISI 1015 dengan tebal 4 mm pada perancangan oven *autoclave* dengan tekanan 2 bar masih aman digunakan. Karena pada tekanan 2 bar menghasilkan *yield strenght* sebesar 20,9 MPa (analisa hitungan) dan 21 MPa (analisa simulasi) masih jauh dari nilai maksimal standard yaitu 325 Mpa.

SARAN

Berdasarkan hasil optimasi maka disarankan ketebalan pada bagian tutup tabung harus menggunakan material lebih tebal dari 4 mm. Karena gaya yang bekerja terfokus mengarah ke bagian titik terdalam dan untuk mengantisipasi ketika terjadi tekanan tinggi agar tidak terjadi defleksi.

REFERENSI

- Adiwiyata, I. (2018). *Analisa Finite Element Method (FEM) untuk Friction Stir Welding* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Astuti, S. D., & Yasin, M. (2014). Potensi Pemaparan Light Emitting Diode (LED) Untuk Fotoinaktivasi Bakteri *Streptococcus Mutans*. *Journal of Physics and Application (Jurnal Fisika dan Terapannya)*, 2(1), 1-11.
- Effendi, R. (2014). Optimasi Kekuatan Horizontal Vessel Menggunakan Analisis Elemen Hingga. *Prosiding Semnastek*, 1(1).
- Elipurwanti. (2016). "Cara Penggunaan Autoklaf". www.korankesehatan.com. Diakses 7 April 2017.
- Hardono, T., & Supriyadi, K. (2020). Modifikasi Autoclave Berbasis Atmega328 (Suhu). *Medika Teknika: Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 1(2), 59-65.
- Hartono, D. F., Pudji, A., & Prastawa, M. A. T. Incubator Bakteri *Bacillus Stearothermophilus* berbasis Mikrokontroler untuk tes Mikrobiologi pada Autoclave. *vol, 1*, 1-14.
- Hutahaean, R. Y. (2014). Mekanika Kekuatan Material. *Jakarta: Graha Ilmu*.
- Prasanna, P., Rao, B. S., & Rao, G. (2010). Finite element modeling for maximum temperature in friction stir welding and its validation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51(9), 925-933.
- Sopacua, Z. R. (2013), "Sterilisator Basah Menggunakan ATMega8535,".

- Vishal Gupta, N., and Shukshith, K.S., (2016).
“*Qualification of Autoclave,*” Int. J. PharmTech
Res., vol. 9, no. 4, pp. 220–226.
- Wahyudi, N., & Fahrudi, Y. A. (2016). Studi
eksperimen rancang bangun rangka jenis ladder
frame pada kendaraan sport. *Journal of
Electrical Electronic Control and Automotive
Engineering*, 1(1), 71-74.