

Pressure Simulation Analysis of Mini Steam Boilers

Lutfi Bachtiar¹, Arian Irfansyah², M. Ikhsan Maulana³, Badruzzaman⁴, Felix Dionisius⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu 45252

Email : lutfibachtiar1997@gmail.com

Email : arianirfansyah02@gmail.com

Email : maulanaikhsan266@gmail.com

Email : badruzzaman@polindra.ac.id

Email : dionisiusfelix@gmail.com

ABSTRAK

Ketel Uap (*Boiler*) merupakan jenis bejana tekan. Tekanan pada tabung ini berasal dari isi atau fungsi tabung sebagai tempat penyimpanan fluida gas yang bertekanan. Tujuan analisa ini diantaranya untuk mengetahui karakteristik desain tabung, menghitung kekuatan material bahan menggunakan rumus formula serta mengetahui fenomena yang terjadi pada penggunaan material terhadap pengaruh pressure menggunakan simulasi *software solidworks 2014*. Pada penelitian ini, dilakukan analisa simulasi statik dengan bahan material baja paduan (*Alloy Steel*), Dari keseluruhan hasil perhitungan dan analisa didapatkan *factor of safety* yang baik, aman digunakan bahkan pada tekanan 4900 N/m².

Kata Kunci

Boiler, Pressure, Solidworks, Factor Of Safety, Simulation

1. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini penggunaan uap air sangat luas dalam kehidupan sehari-hari baik dalam rumah tangga maupun dalam industri. Salah satu alat yang mampu menghasilkan uap air adalah ketel uap atau *boiler* [1].

Ketel uap adalah pesawat untuk memproduksi uap pada suatu jumlah tertentu pada setiap jamnya dengan suatu tekanan dan suhu yang telah ditentukan besarnya. Proses pendidihan memerlukan energi panas yang diperoleh dari sumber panas misalnya dari pembakaran bahan bakar yang berupa padat, cair dan gas [2].

Boiler menghasilkan uap air yang memiliki tekanan tinggi. Jika terjadi kebocoran akan dapat melukai tenaga operasinya, atau bahkan dapat meledak dan akan merusak lingkungan disekitarnya [3].

Keselamatan merupakan masalah yang sangat diperhatikan dalam proses perancangan dan pengoperasian suatu bejana tekan. Oleh sebab itu, metode analisis yang digunakan dalam semua kegiatan tersebut harus teliti dan kuat sehingga mampu memprediksi berbagai kondisi pengoperasian, baik pada kondisi operasi normal maupun pada saat terjadi kecelakaan. Bahan, suhu, tekanan, pembebanan, coran dan korosi sangat penting untuk diketahui, karena faktor tersebut mempengaruhi apakah desain bejana tekan yang digunakan baik atau tidak [4].

Oleh karena itu bagaimana mensimulasikan tekanan yang ada pada tabung tersebut untuk mengetahui

nilai *safety factor* yang baik dengan menggunakan simulasi *software solidworks 2014*.

Dimana, riset pustaka yang dilakukan dimulai dengan pemilihan material tabung, perhitungan analitik dan dilanjutkan dengan simulasi *software solidworks 2014*.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Research and Development* dengan bantuan perangkat lunak (*software*) yang mempunyai kemampuan untuk menganalisis karakteristik statis suatu model. *Research and Development* yaitu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan sebuah perancangan, dimana dalam perancangan tersebut mengetahui sebuah rancangan yang akan diuji. Secara umum proses perancangan suatu produk melibatkan iterasi yang panjang dan berulang-ulang [5].

Objek dari penelitian ini adalah hasil pengujian tekanan pada struktur konstruksi *boiler* yang kemudian akan diketahui tingkat *displacement* dan *stress*, yang ditunjukkan dengan distribusi tegangan pada struktur *boiler* yang ditampilkan dalam kontur warna pada geometri struktur *boiler* dan angka-angka yang menunjukkan besarnya tegangan pada tiap-tiap elemen. Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan melakukan pengujian desain atau analisis statis desain *boiler* dengan menggunakan *software solidworks 2014*.

3. DISKUSI DAN PEMBAHASAN

3.1 Perbandingan Variasi Tekanan Air

Tekanan dapat didefinisikan sebagai gaya normal per satuan luas. Satuan SI tekanan adalah pascal dimana 1 pascal = 1 Pa = N/m². Secara umum, tekanan dapat dirumuskan sebagai berikut[6].

$$P = \frac{dF}{dA}$$

Keterangan :

P = tekanan (Pa)
 F = gaya normal (N)
 A = luas (m²)

Tekanan hidrostatik disebabkan oleh fluida tak bergerak. Persamaan tekanan oleh fluida dituliskan sebagai berikut[6].

$$P = \rho V g / A$$

P = massa jenis (kg/m³)
 V = volume (m³)

Volume fluida di dalam bejana merupakan hasil perkalian antara luas permukaan bejana (A) dan tinggi fluida dalam bejana (h). Persamaan tekanan hidrostatik di dasar bejana akibat fluida setinggi h dapat dituliskan sebagai berikut[6].

$$Ph = \frac{\rho(Ah)g}{A} = \rho gh$$

Keterangan :

Ph = tekanan hidrostatik (N/m²)
 A = luas permukaan (m²)
 h = tinggi bejana (m)
 g = gravitasi (m/s²)

a. Tekanan Air 1

Diketahui :

A = 580 mm = 0,58 m
 h = 500 mm = 0,5 m
 ρ = 1000 kg/m³
 g = 9,8 m/s²

Dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} Ph &= \rho \cdot g \cdot h \\ &= 1000 \times 9,8 \times 0,5 \\ &= 4900 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

b. Tekanan Air 2

Diketahui :

A = 580 mm = 0,58 m
 h = 300 mm = 0,3 m
 ρ = 1000 kg/m³
 g = 9,8 m/s²

Dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} Ph &= \rho \cdot g \cdot h \\ &= 1000 \times 9,8 \times 0,3 \end{aligned}$$

$$= 2940 \text{ N/m}^2$$

c. Tekanan Air 3

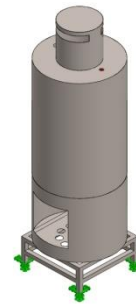
Diketahui :

A = 580 mm = 0,58 m
 h = 100 mm = 0,1 m
 ρ = 1000 kg/m³
 g = 9,8 m/s²

Dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} Ph &= \rho \cdot g \cdot h \\ &= 1000 \times 9,8 \times 0,1 \\ &= 980 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

3.2 Model Information



Keterangan:

Diameter = 590 mm
Tinggi Tabung = 900 mm

3.3 Material Properties

Memberikan informasi tentang sifat – sifat yang ada pada masing – masing model setelah di simulasikan.

Tabel 1. Material Properties Tekanan Air 1

Properties	
Name:	Alloy Steel
Model type:	Linear Elastic Isotropic
Default failure criterion:	Max von Mises Stress
Yield strength:	6.20422e+008 N/m ²
Tensile strength:	7.23826e+008 N/m ²
Elastic modulus:	2.1e+011 N/m ²
Poisson's ratio:	0.28
Mass density:	7700 kg/m ³
Shear modulus:	7.9e+010 N/m ²
Thermal expansion coefficient:	1.3e-005 /Kelvin

Tabel 2. Material Properties Tekanan Air 2

Properties	
Name:	Alloy Steel
Model type:	Linear Elastic Isotropic
Default failure criterion:	Max von Mises Stress
Yield strength:	6.20422e+008 N/m ²
Tensile strength:	7.23826e+008 N/m ²
Elastic modulus:	2.1e+011 N/m ²
Poisson's ratio:	0.28

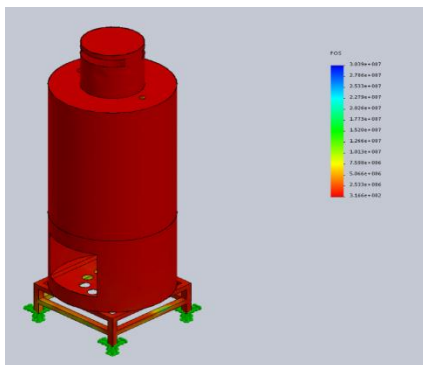
Mass density:	7700 kg/m ³
Shear modulus:	7.9e+010 N/m ²
Thermal expansion coefficient:	1.3e-005 /Kelvin

Tabel 3. Material Properties Tekanan Air 3

Properties	
Name:	Alloy Steel
Model type:	Linear Elastic Isotropic
Default failure criterion:	Max von Mises Stress
Yield strength:	6.20422e+008 N/m ²
Tensile strength:	7.23826e+008 N/m ²
Elastic modulus:	2.1e+011 N/m ²
Poisson's ratio:	0.28
Mass density:	7700 kg/m ³
Shear modulus:	7.9e+010 N/m ²
Thermal expansion coefficient:	1.3e-005 /Kelvin

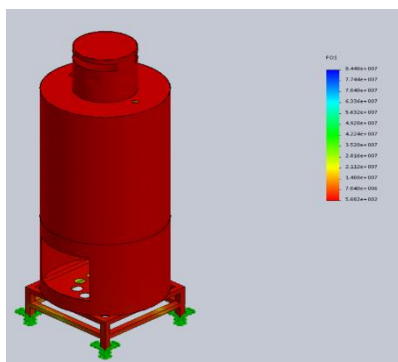
3.4 Perbandingan Factor of Safety

Hasil simulasi statik pada *software solidworks 2014* dengan titik acuan tekanan dapat dilihat pada tabel dan gambar tersebut:



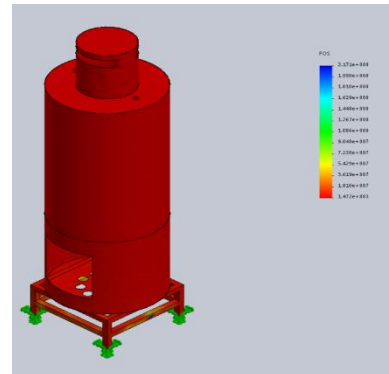
Gambar 1. Hasil Simulasi Tekanan Air 1

Gambar 1 menunjukkan hasil simulasi statik dengan nilai tekanan 4900 N/m².



Gambar 2. Hasil Simulasi Tekanan Air 2

Gambar 2 menunjukkan hasil simulasi statik dengan nilai tekanan 2940 N/m².



Gambar 3. Hasil Simulasi Tekanan Air 3

Gambar 3 menunjukkan hasil simulasi statik dengan nilai tekanan 980 N/m².

Tabel 1. hasil simulasi statik.

Nama	Ph	Min	Max
Tekanan Air 1	4900 N/m ²	316.609	3.03915e+007
Tekanan Air 2	2940 N/m ²	508.247	8.44786e+007
Tekanan Air 3	980 N/m ²	1527.65	2.47553e+008

Berdasarkan hasil simulasi statik dengan memasukkan tiga variable tekanan air di dapatkan minimal dan maksimal dari *factory of safety* pada masing – masing tekanan. Dari tekanan yang ada menunjukkan jika tekanan itu besar maka *factory of safety* besar artinya mendekati ketidak amanan perancangan tersebut.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini memberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan analitik dengan menggunakan rumus formula diperoleh hasil perhitungan digunakan untuk nilai tekanan pada simulasi
2. Nilai Factor of Safety (FOS) pada simulasi *software CAD SOLIDWORKS 2014* menunjukkan material tabung yang digunakan memiliki nilai FOS yang menunjukkan material aman digunakan.
3. Dari hasil uji menggunakan *software CAD SOLIDWORKS 2014*, faktor internal yakni material tabung yang digunakan Alloy Stell menunjukkan material aman digunakan bahkan pada tekanan 4900 N/m².

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aneka Firdaus, Erwin Sirait, " *Analisa Pengaruh Variasi Kapasitas Uap Terhadap Efisiensi Ketel Uap Di Pt. Sinar Sosro Banyuasin-Sumatera Selatan.* "Sumatera Selatan:Universitas Sriwijaya. 2015.

- [2] Harry Christian Hasibuan, Farel H. Napitupulu, *"Analisa Pemakaian Bahan Bakar Dengan Melakukan Pengujian Nilai Kalor Terhadap Performansi Ketel Uap Tipe Pipa Air Dengan Kapasitas Uap 60 Ton/Jam,"* Sumatera Utara :Universitas Sumatera Utara, Maret. 2013.
- [3] Dwi Ardiyanto Effendy, Sunyoto, Masugino, *"Rancang Bangun Boiler Pada Industri Tahu Untuk Proses Pemanasan Sistem Uap Dengan Menggunakan Catia V5,"* Semarang:Universitas Negeri Semarang. 2013.
- [4] Anwar Ilmar Ramadhan, Ery Diniardi, Wiwit Kartika Sari, *"Analisa Desain Tabung Bahan Bakar Gas Jenis Compressed Natural Gas (Cng) Pada Mobil Bus Tekanan 200 Bar,"* Jakarta:Universitas Muhammadiyah Jakarta, November, 2014.
- [6] Nuroh Hidayati, *"Studi Karakteristik Aliran Gas Berbagai Polutan Menggunakan Simulasi CFD (Computational Fluid Dynamic),"* Jember:Universitas Jember. 2019.