

DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN TANGKI *FIRE WATER STORAGE TANK* TIPE *FIX CONE ROOF* KAPASITAS 1500 KL DENGAN PERHITUNGAN AKTUAL DAN SIMULASI *SOFTWARE*

¹Aji Abdillah Kharisma, ²Ahmad Fadel Givari, ³Irvan Septyan Mulyana

^{1,2,3} Universitas Gunadarma

^{1,2,3} Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹ajiabdillah@staff.gunadarma.ac.id, ²ahmadgivari29@gmail.com,

³irvansepty@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Storage tank adalah alat yang dibutuhkan dalam industri minyak bumi dan gas. Fungsi dari *storage tank* ialah untuk menyimpan fluida dalam jumlah yang besar. Tangki timbun harus memiliki dinding yang kuat untuk menahan suatu tekanan, maka tangki tersebut tidak mengalami kerusakan. Penelitian ini membahas tentang kekuatan desain *fire water storage tank*, dari kriteria faktor keamanan, von mises, dan displacement. Metode yang digunakan adalah metode perhitungan actual dan metode analisis simulasi (*analysis simulation*). Data input desain shell diberi internal pressure sebesar (1 atm) atau (0,101325 MPa), pada hasil simulasi *solidworks* didapatkan nilai dari von mises stress sebesar (150,49 MPa), safety factor (1,36), dan displacement (5,95 mm). Hasil metode perhitungan actual didapatkan nilai von mises sebesar (155,245 MPa), safety factor (1,32), dan displacement (4,274 mm). Berdasarkan hasil analisa desain dari *storage tank* dapat dinyatakan aman digunakan dikarenakan nilai von mises berada dibawah nilai yield strength (205 MPa), safety factor berada pada kisaran (1-10), serta displacement yang tidak terlalu signifikan.

Kata Kunci: Analisa displacement, faktor keamanan, von mises, *fire water storage tank*

Abstract

Storage tank is a tool needed in the petroleum and gas industry. The function of the *storage tank* is to store large amounts of fluid. The *storage tank* must have a strong wall to withstand a pressure, so the tank is not damaged. This study discusses the strength of the *fire water storage tank* design, from the criteria for safety factors, von mises, and displacement. The method used is the actual calculation method and analysis simulation method (*analysis simulation*). The input data for the shell design is given an internal pressure of (1 atm) or (0.101325 MPa), in the *solidworks* simulation results, the value of von mises stress is (150.49 MPa), safety factor (1.36), and displacement (5). , 95 mm). The results of the actual calculation method obtained the von mises value of (155.245 MPa), safety factor (1.32), and displacement (4.274 mm). Based on the results of the design analysis of the *storage tank*, it can be declared safe to use because the von mises value is below the yield strength value (205 MPa), the safety factor is in the range (1-10), and the displacement is not too significant.

Keywords: Analysis of displacement, safety factor, von mises, *fire water storage tank*

PENDAHULUAN

Storage Tank atau tangki timbun merupakan peralatan teknik yang mengandung resiko dan bahaya yang tinggi sehingga dapat memicu terjadinya sebuah kecelakaan atau

ledakan. Kinerja dari tangki timbun ini tidak lepas dari perancangan yang dilakukan, dalam perancangannya tentu perlu dilakukan perhitungan yang detail dari kekuatan desain untuk memenuhi nilai tegangan (*stress*), *displacement*, dan sehingga akan memenuhi

keamanan desain (*safety factor*).

Penelitian terdahulu tentang analisa kekuatan tangki penyimpanan *Crude oil 38T kapasitas* 120.000 m³ yaitu menguji kekuatan struktur tangki dengan standar API 650 untuk mendapatkan tegangan maksimal dari pembebanan menggunakan software berbasis metode elemen hingga [1]. Penelitian lain juga dilakukan mengenai desain tangki timbun *external floating roof* untuk fluida condensate dengan volume 75000 metrik ton. Perancangan *shell course* dan bagian lain menggunakan standar API 650 edisi 12 addendum 2018 dengan menggunakan metode *variable design point*. Verifikasi hasil perhitungan yang dihasilkan secara manual dilakukan dengan software elemen hingga [2].

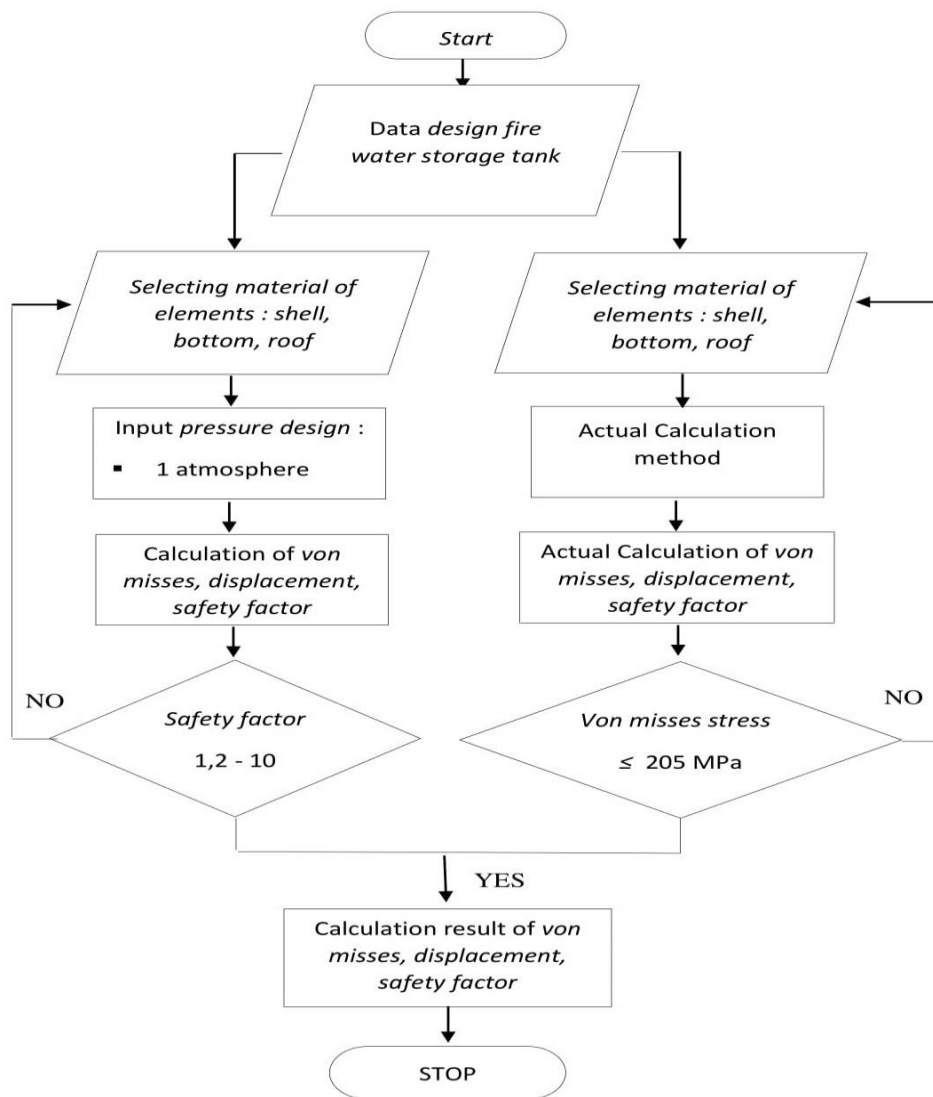
Perancangan *Vessel Reaktor Hidrotermal* melalui tahapan daftar tuntutan yaitu kapasitas 740 L. Pemilihan material untuk konstruksi *pressure vessel* yaitu pipa jenis A53B ukuran 30 in pada *shell*, SA516 grade 70 pada *head*. Analisis menggunakan metode *numeric* yaitu *FEA*[3]. Rancang tipe *treater pemanas vertical pemisah* yang mempertimbangkan tekanan internal, tekanan eksternal, tekanan kerja maksimum yang diijinkan (MAWP), standar yang digunakan (*ASME SEC VIII Div 1, ASCE 7*), pemodelan dan simulasi juga dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak. perhitungan aktual beban angin dan beban gempa [4]. Desain untuk bejana tekan yang digunakan dalam

aplikasi *Coker Blow-down* berdasarkan *ASME Section VIII*, kode desain Divisi 1. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software* dan analisis dilakukan menggunakan *ANSYS* (*software berbasis finite element analysis FEA*) [5].

Tujuan penelitian ini adalah membahas analisa kekuatan desain *fire water storage tank tipe fix cone roof* berkapasitas 1500 KL didasarkan pada output hasil tegangan (*von misses*), *displacement (strain)*, faktor keamanan (*safety factor*). Metode analisis simulasi menggunakan alat bantu berbasis *software* difungsikan untuk menganalisis secara signifikan pada setiap komponen elemen (*FEA*) pada tangki dan dikuatkan dengan metode perhitungan secara teoritis terhadap perancangan desain dengan *fire water storage tank*. Penggunaan *code* dan *standart* perancangan desain tangki menggunakan standar *API 650, ASTM dan ANSI* terhadap pemilihan jenis material, pada komponen *shell* (dinding), *bottom, fix roof cone, platform*, dan *support* pada tangki *fire water storage tank* material yang digunakan adalah *A-283 Gr. C*.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam menganalisa kekuatan desain faktor keamanan dari *fire water storage tank tipe fix cone roof* kapasitas 1500 KL dilakukan dengan beberapa tahap seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Research flowchart

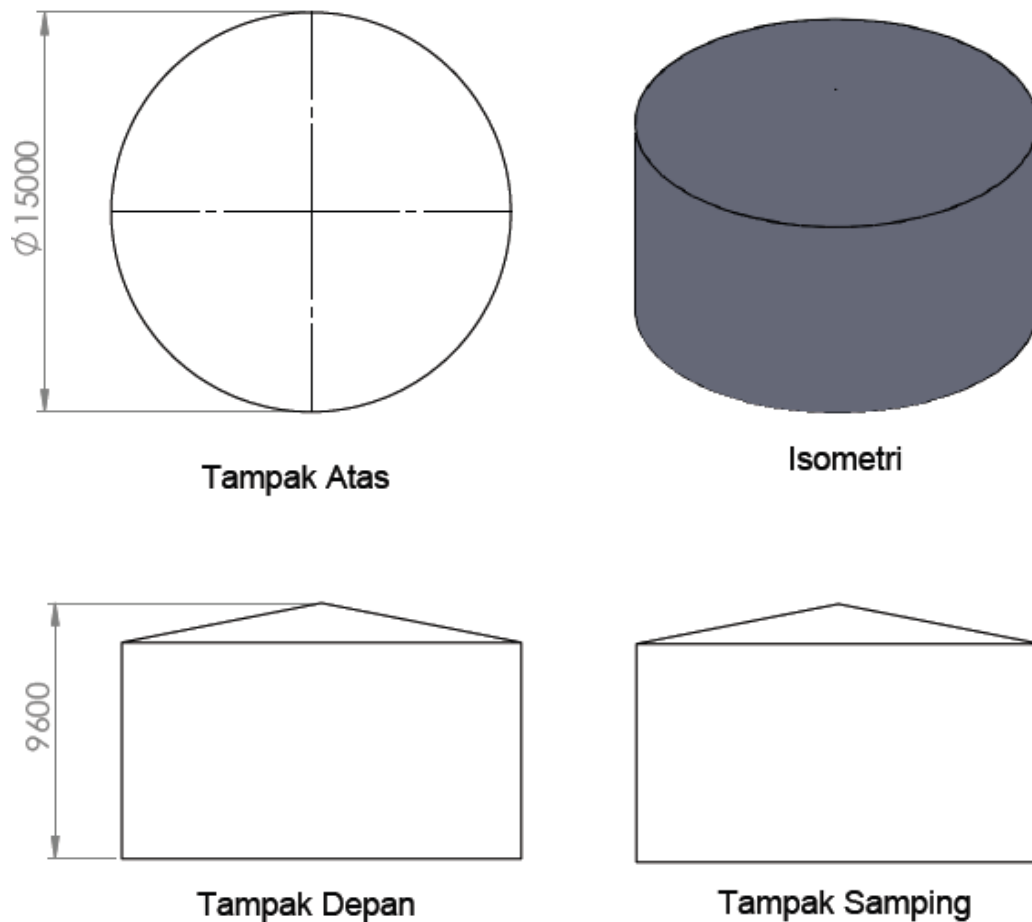
Proses Analisis Simulasi *Fire Water Storage Tank*

Tahapan proses analisis simulasi dimulai dengan mencari dan mengumpulkan data melalui literatur-literatur terkait. Kemudian data spesifikasi didapatkan dari PT. Pertamina (Persero) dengan jenis tangki *fire water storage tank*, dan tipe kepala tangki adalah *fix cone roof*, serta material *shell* adalah ASTM A283 Gr. C, kemudian dilakukan simulasi menggunakan *software*. Dengan parameter *input parameter internal pressure* sebesar

0.101325 MPa (1 atm). Setelah itu dilakukan Perhitungan Secara Aktual untuk mendapatkan nilai dari *Von Mises*, *Displacement* dan *Safety Factor*.

Data sheet dimensi/ukuran desain *fire water storage tank kapasitas 1500 KL*

Pada Gambar 2 ditunjukkan spesifikasi dimensi/ukuran *fire water storage tank mechanical data sheet* (T-06) untuk project pembangunan terminal LPG *pressurized* belawan PT. Pertamina (Persero).



Gambar 2. Construction detail of Tank dimension (fire water storage tank) skala 1:250 mm.
[PT. Pertamina]

Data Spesifikasi Fire Water Storage Tank

Tabel 1. Data Construction Fire Water Storage Tank

Data Construction Fire Water Storage Tank	
Type of Bottom	Annular, slope to center 1:120
Type of Roof	Cone
Type of Support	Roof column
Platform, ladder, pipe clip	Straight Ladder
Foundation	Concrete

Tabel 2. Data spesifikasi desain Fire Water Storage

Data spesifikasi desain Fire Water Storage Tank	
Volume/Kapasitas	1500 m ³
Tinggi Tangki	9600 mm
Diameter Tangki	1500 mm

Tabel 3. Mechanical properties material A283 Gr.C pada shell, bottom, fix roof cone fire water storage tank

Mechanical properties material A283 Gr.C	
Yield strength	205 MPa
Tensile Strength	380 MPa
Modulus Young	190000 MPa
Poisson Ratio	0,29

Tabel 4. Corrosion Allowance pada shell, bottom, fix roof cone

Corrosion Allowance	
<i>Shell</i>	2 mm
<i>Bottom</i>	2 mm
<i>Fix roof cone</i>	1 mm

Tabel 5. Wall thickness pada shell, bottom, fix roof cone

Wall thickness minimum	
Shell minimum	6 mm
Bottom minimum	8 mm
Fix roof cone minimum	6 mm

Tabel 6. Design pressure dan operating pressure pada Fire Water Storage Tank

Design pressure dan operating pressure	
Design	Full of Water
Operating	1 Atmosphere

Pada Tabel 1 diberikan data *construction fire water storage tank* setiap elemen komponen yang digunakan pada desain tangki kapasitas 1500 KL [6].

Data pada Tabel 2 merupakan data spesifikasi *fire water storage tank* yang terdiri dari volume atau kapasitas, tinggi dan diameter tangki [6].

Pada Tabel 3 dapat dilihat sifat mekanik material ASTM A283 Gr. C yang digunakan pada komponen tangki yaitu *shell* (dinding), *bottom*, dan *fix roof cone* [6].

Pada Tabel 4 diberikan nilai *corrosion Allowance* atau korosi yang diijinkan pada komponen *shell*, *bottom*, *fix roof cone fire water storage tank* [6].

Pada Tabel 5 ditunjukkan standar *wall thickness minimum* atau minimum

ketebalan yang diijinkan pada *shell*, *bottom*, *fix roof cone fire water storage tank* yang digunakan pada desain tangki *fire water storage tank* [6].

Pada Tabel 6 diberikan parameter yang digunakan untuk operasi analisis terdiri dari *design pressure* dan *operating pressure* pada *fire water storage tank* [6].

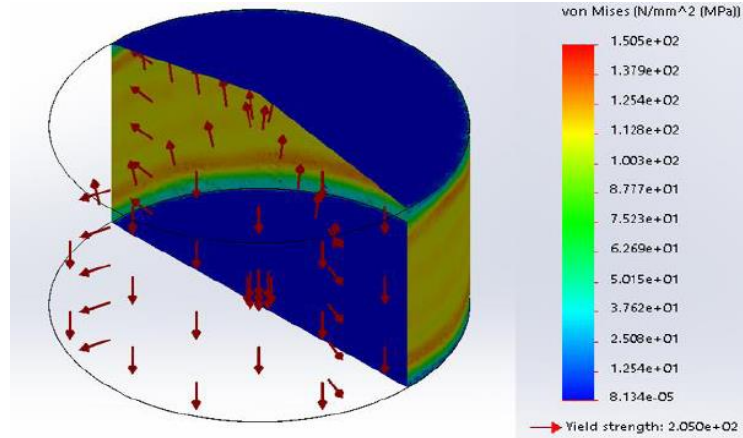
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil metode *analysis simulasi software* untuk *Von misses, Displacement, Safety factor*

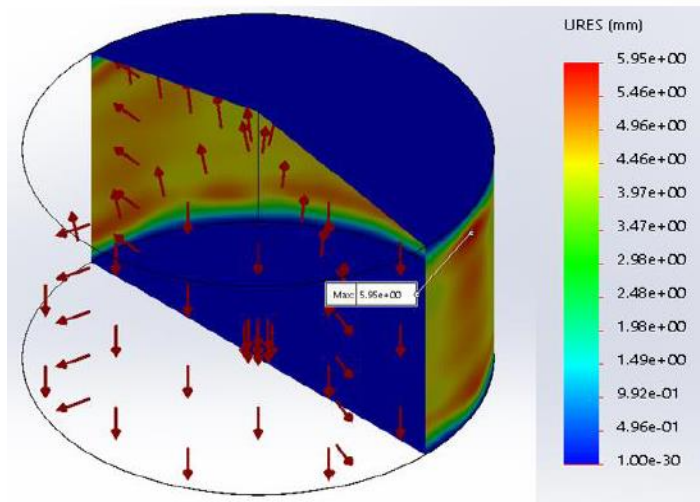
Berikut ini merupakan data yang didapatkan saat dilakukan analisis simulasi menggunakan *software* berupa gambaran proses dan hasil dari tahapan perancangan desain yang telah dilakukan.

Tabel 7. Hasil Metode Analisis Simulasi Menggunakan *Software*

Metode	Von Misses (MPa)	Displacement (mm)	Safety Factor (SF)
Analisis simulasi	150,5	5,95	1,36



Gambar 3. Hasil Analisis Simulasi *Von misses* [*Software*]



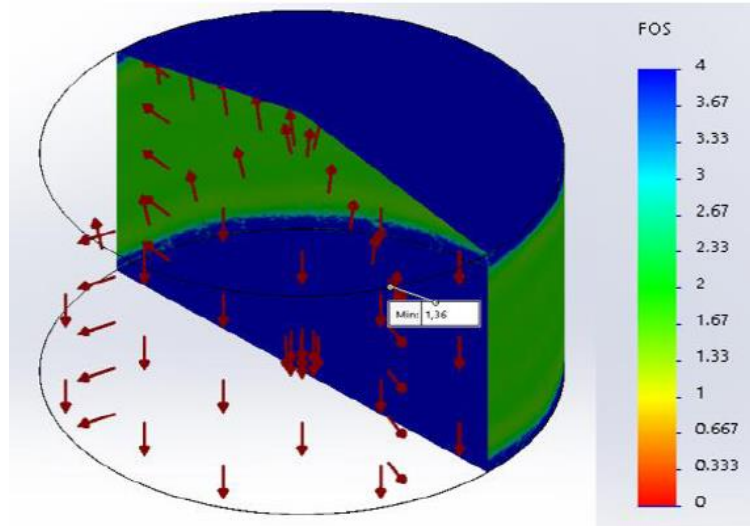
Gambar 4. Hasil Analisis Simulasi *Displacement* [*Software*]

Pada Tabel 7 disajikan hasil analisis simulasi dari *von misses*, *displacement*, dan *safety factor* menggunakan metode analisis simulasi software.

Pada Gambar 3 dapat dilihat hasil nilai maksimum *von misses stress* dengan operasi

internal pressure sebesar 1 atm atau 0,101325 MPa sebesar 150,5 MPa, nilai *von misses* ini masih dinyatakan desain aman berdasarkan dari ketentuan $\text{von misses} \leq \text{yield strength}$, dimana nilai dari *yield strength* dari

material A283 Gr.C sebesar 205 MPa ($150,5 \text{ MPa} \leq 205 \text{ MPa}$).



Gambar 5. Hasil Analisis Simulasi *Safety factor* [Software] pada gambar 2

Gambar 4 merupakan hasil dari analisis simulasi software nilai *displacement* sebesar 5,95 mm. Dari hasil analisis maksimum *displacement* atau deformasi atau perubahan bentuk yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan ke desain *fire water storage tank* terjadi terdapat pada bagian *shell* atau dinding dari *fire water storage tank* yaitu pada bagian bawah (*bottom*).

Hasil metode perhitungan aktual untuk *Von misses, Displacement, Safety factor*

Hasil metode perhitungan secara aktual dapat dilakukan menggunakan persamaan

Gambar 5 merupakan hasil analisis simulasi *Safety factor* sebesar 1,36, berdasarkan hasil nilai safety factor dimana dapat diketahui bahwa desain aman untuk digunakan ataupun dilanjutkan ketahap proses manufakturnya, karena nilai safety factor berada diantara range nilai 1,2 – 10 yang menjadi kriteria keamanan desain untuk sebuah konstruksi komponen.

berdasarkan literature atau teori tentang keamanan desain perancangan bejan tekan atau *pressure vessel* [7] sebagai berikut ini:

Hoop stress, longitudinal stress, dan radial stress

$$\sigma_h = \frac{P_i \cdot r}{t} \tag{1}$$

$$\sigma_h = \frac{0,101325 \text{ MPa} \times 7500 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 126,656 \text{ MPa}$$

Hoop stress merupakan tegangan yang terjadi pada bagian internal dalam *fire water storage tank* yang berpengaruh terhadap ketebalan dinding tangki dan diameter tangki pada saat

beroperasi [7], berdasarkan perhitungan persamaan (1), nilai *hoop Stress* yang terjadi adalah **126,656 MPa**.

$$\sigma_l = \frac{P_i \cdot d}{4t} \quad (2)$$

$$\sigma_l = \frac{0,101325 \text{ MPa} \times 15000 \text{ mm}}{4 \times 6 \text{ mm}} = 63,328 \text{ MPa}$$

Longitudinal stress merupakan sama hal nya seperti tegangan *hoop stress* dimana tegangan tersebut terjadi dibagian internal tangki atau material silinder pada saat beroperasi [7],

berdasarkan perhitungan persamaan (2), nilai *longitudinal stress* yang terjadi adalah **63,328 MPa**.

$$\sigma_r = -P_i = -0,101325 \text{ MPa} \quad (3)$$

Radial stress merupakan sama hal nya seperti tegangan *hoop stress*, *longitudinal stress* dimana tegangan tersebut terjadi

dibagian internal tangki, berdasarkan perhitungan persamaan (3), nilai *radial stress* yang terjadi adalah **-0,101325 MPa**.

$$\sigma' = \sqrt{\frac{2}{2} [(\sigma_l - \sigma_h)^2 + (\sigma_r - \sigma_h)^2 + (\sigma_r - \sigma_l)^2]}^{1/2} \quad (4)$$

$$\sigma' = \sqrt{\frac{2}{2} [(63,328 - 126,656)^2 + (-0,101325 - 126,656)^2 + (-0,101325 - 63,328)^2]}^{1/2} =$$

$$155,245 \text{ MPa}$$

Jika *von misses* \leq *yield strength* material yang digunakan pada yaitu A283 Gr.C desain dinyatakan aman, pada kasus tersebut nilai dari *yield strength* sebesar 205

MPa, berdasarkan perhitungan persamaan (4) nilai *von misses* adalah sebesar **155,245 MPa** dimana hal ini berarti, desain dinyatakan aman untuk digunakan.

$$\Delta Rez = \left(\frac{R}{E}\right) \times (\sigma_t - v \cdot \sigma_l) \quad (5)$$

$$\Delta Rez = \left(\frac{7500}{190000}\right) \times (126,656 - 0,29 \times 63,328) = 4,274 \text{ mm}$$

Deformasi yang terjadi akibat kegagalan terhadap desain [8], berdasarkan pembebanan pada desain *fire water storage tank* menunjukkan bahwa tidak terjadi nya *displacement* sebesar **4,274 mm**.

$$N = \frac{\text{Significant strength of the material}}{\text{Working stress}} \quad (6)$$

$$N = \frac{205 \text{ MPa}}{155,245 \text{ MPa}} = 1,32$$

Nilai *safety factor* dihitung terhadap *significant strength of material* pada faktor yang meningkatkan terjadinya kegagalan, berdasarkan perhitungan persamaan (6), nilai *safety factor (SOF)* sebesar **1,32**. Nilai tersebut memenuhi standar keamanan desain dengan kriteria (1,2 – 10)

Tabel 8. Hasil Metode perhitungan aktual untuk von Misses, displacement, safety factor

Metode	Von Misses (MPa)	Displacement (mm)	Safety Factor (SF)
Perhitungan Aktual	155,245	4,274 mm	1,32

Tabel 8 merupakan hasil analisis simulasi dari *von misses, displacement, dan safety factor* menggunakan metode perhitungan aktual.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diperoleh kesimpulan bahwa, Hasil metode analisis pada *software* nilai *von misess* adalah $(150,5) \leq \text{yield strength}$ (205 MPa) dengan

material *ASTM A283 Gr.C*. Desain *fire water storage tank* memenuhi standar keamanan nilai *safety factor* yaitu 1,36 karena standar keamanan yang diijinkan adalah 1,2-10 dan *displacement* tidak terlalu besar (5,95 mm). Sedangkan hasil metode perhitungan actual diperoleh hasil nilai *von misses* sebesar (155,245 MPa), nilai *displacement* sebesar (4,274 mm), *safety factor* sebesar (1,32), Berdasarkan hasil perhitungan tersebut desain *fire water storage tank* dinyatakan aman.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu merancang desain *pressure vessel* menggunakan kaidah perancangan dari literature ataupun teori-teori yang telah ada. *Code standart* desain tangki menggunakan *API, ASME Boiler, ASTM, ANSI, ASCE, UBC* dan lain-lain. Alat bantu software khusus desain tangki menggunakan *PV Elite software, AME Tank, COMPRESS – Pressure Vessel Design Software, NEXTGEN software* sehingga hasil lebih akurat terhadap desain yang dirancang agar memenuhi standar keamanan desain tangka.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Akbar, H. Yudo, I. Mulyatno, “Analisis Kekuatan Tangki Penyimpanan Crude Oil 38T-104 Berbentuk Silinder dengan Tipe External Floating Roof pada PT Pertamina RU IV Cilacap,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol.8, no. 1, Jan., hal. 96 – 104, 2020.
- [2] K. Nugraha, M. Ari, M. Amin, “Desain tangki timbun *external floating roof* kapasitas 75000 MT,” *Journal of Welding Technology*, vol. 2, no. 2, Des, hal 51 – 56, 2020.
- [3] R. Ramdhani, B. Triyono, P. Prawisudha, “Perancangan *Vessel* Reaktor *Hidroterma* /Skala Komunal untuk Mengolah Sampah Kota Tidak Daur Ulang,” *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2020, hal. 271 – 276.
- [4] A. Mustaqim, M. Munir, E. Budiyanto, “Desain *Vertical Pressure Vessel Tipe Heater Treater* dengan *Skirt Support* pada Pengolahan Minyak dan Gas,” *Proceeding 3rd Conference of Piping Engineering and its Application*, 2020, hal. 126 – 130.
- [5] S. Parkhe, K. Annamalai, “*Design and Analysis of Pressure Vessel Subjected to Pressure-temperature Variation*,” *IJE International Journal of Engineering*, vol 31, No.1, Jan., hal. 58 – 64, 2018.
- [6] PT. Pertamina (Persero), “*Mechanical data sheet for fire water storage tank (T-06)*”, *BLW-DS-20-010-A4*, Maret, 2017.
- [7] Clemens, Kaminski, “*Stress Analysis & Pressure Vessels*”. London : University of Cambridge, 2005.
- [8] E.P. Popov, “*Mekanika teknik (Mechanic of Material), second edition*”. Berkeley : University of California, 1984.