

# PERANCANGAN DAN ANALISIS STRUKTUR BAJA PENYANGGA TANGKI AIR YANG DITINGGIKAN KAPASITAS 100 M<sup>3</sup> PRODUK PT. PELANGI INDOKARYA

M. Hilmy Syahfata<sup>1\*</sup>, Mohamad Hakam<sup>1</sup>, dan Priyo Agus Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia  
E-mail : hilmy.syahfata@student.ppns.ac.id <sup>1\*</sup>

## Abstract

Industries engaged in manufacturing require a water supply. The required clean water capacity of 100 m<sup>3</sup> is used to meet industrial needs, with the fulfillment of this amount having a positive impact on the smooth production process and related aspects for daily needs. The water tank is a water storage container with the aim of fulfilling the water supply at a certain height to provide pressure and facilitate the water distribution system. This research designs a steel structure supporting a water tank to support these needs. The tank tower structure is designed by considering several loads that will be received. The design method used is the Ulrich method, which involves creating three design concepts from which one of the best designs will be selected according to the selection criteria. The design of the steel structure supporting the water tank is carried out through strength analysis with Ansys Mechanical APDL software to determine the amount of stress obtained from the combination of loading received. This research results the steel structure supporting the water tank in the selected design concept shows a maximum stress value of 6.5 kg/mm<sup>2</sup>. The value obtained is still below the maximum allowable stress value of 16.67 kg/mm<sup>2</sup>. The total budget for steel structural materials in the form of profiles and plates is Rp 1,197,129,128.00.

**Keywords:** Elevated Water Tank, Stress Analysis, Deflection, Ulrich

## Nomenclature

$\sigma$	Tegangan normal
$\tau$	Tegangan geser
$\sigma_v$	Tegangan Von-misses
$\sigma_y$	Yield Strength material
$S_f$	safety Factor
E	Modulus Elastisitas
I <sub>x</sub>	Momen Inersia Mmax Momen Maksimum
y	Jarak Neutral Axis
W	Berat

## 1. Introduction

Elevated Water Tank (tangki air yang ditinggikan) merupakan tempat penyimpanan air yang berada diatas struktur penyangga yang berupa komponen baja. Struktur baja tangki air yang ditinggikan dibangun untuk memenuhi pasokan air pada ketinggian tertentu dan memperlancar sistem distribusi air pada pemukiman juga tempat industri. Proses perancangan struktur baja penyangga tangki air untuk mendapatkan konsep desain dengan variasi pemilihan elemen pengaku lateral dan

profil baja yang optimal, untuk itu dibutuhkan analisis kekuatan profil baja untuk membantu pemilihan material profil yang digunakan. Perancangan dan analisis dilakukan menggunakan *software* berbasis FEM dengan beberapa parameter analisis kekuatan pada struktur baja penyangga tangki air

Struktur baja penyangga tangka air akan mengalami perubahan bentuk struktur ketika diberi beban tertentu. Beban yang diterima struktur mengakibatkan terjadinya tegangan dan defleksi. Dari analisa tersebut diharapkan dapat mengetahui kekuatan struktur baja penyangga tangka air untuk membantu proses perancangan struktur baja penyangga tangki air yang aman.

## 2. METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah Metode Ulrich. Metode Ulrich digunakan untuk mendapatkan desain terbaik sesuai kebutuhan [1].

### 2.1 Baja ASTM A36

Material baja ASTM A36 adalah jenis baja karbon *structural* yang biasa digunakan dalam konstruksi dan bangunan jembatan memiliki kekuatan dan ketangguhan rendah yang tinggi. Baja ASTM A36 merupakan jenis karbob (*mild steel*) karena mengandung karbon antara 0,1% - 0,3% (0,26%). Baja ASTM A36 dikenal kekuatan *structural* dan kesesuaiannya untuk berbagai aplikasi konstruksi [2].

### 2.2 Berat

Berat adalah gaya yang disebabkan oleh gaya gravitasi bumi berkaitan dengan massa benda tersebut. Berat yang dimaksud pada penelitian ini yaitu berat tangki air 100 m<sup>3</sup>

### 2.3 Momen Inersia Penampang WF

Penampang WF merupakan penampang berbentuk seperti huruf I [3].

$$I_x = \frac{BH^3 - bh^3}{12} \quad (1)$$

### 2.4 Tegangan Normal

Tegangan normal adalah tegangan yang terjadi ketika suatu gaya diterapkan tidak lurus terhadap luas penampang material, sehingga tegangan utama adalah tegangan ekstrim dari tegangan normal yang ada pada material [4].

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad (2)$$

### 2.5 Tegangan Geser

Tegangan geser merupakan hubungan gaya yang menyinggung permukaan benda per luas penampang tempat gaya bereaksi. Gaya yang terjadi memiliki arah sejajar dengan permukaan, sehingga permukaan benda akan bergeser dan timbul tegangan geser.

$$\tau_s = \frac{P}{A} \quad (3)$$

$$\tau_{ijin} = \frac{\tau_y}{s_f} \quad (4)$$

### 2.6 Von Misses Stress

Akan terjadi luluh ketika invarian dari dua deviator tegangan melebihi nilai kritis tertentu. Dengan kata lain, luluh akan terjadi ketika energi distorsi atau energi regangan geser dari material mencapai suatu nilai kritis tertentu [4].

$$\sigma_v = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_f)^2 + 3\tau^2} \quad (5)$$

### 2.7 Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat beban vertikal yang diterapkan pada balok atau rangka.. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Defleksi yang diizinkan = L/400

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 E I} \quad (7)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perhitungan Tegangan

Struktur rangka baja yang dianalisis menggunakan material ASTM A36 memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Depth of section ( $H$ )	= 300 mm	Flange width	= 150 mm
Thickness web	= 6,5 mm		
Thickness flange	= 9 mm		
$I_x$	= 72100000 mm <sup>4</sup>		
$y$	= 150 mm		

Perhitungan tegangan pada struktur WF yang dianalisis sebagai berikut.

##### 1. WF A

$$\begin{aligned} \text{Tegangan normal} &= \frac{M \cdot y}{I} \\ &= \frac{1654510 \text{ kg.mm} \cdot 150 \text{ mm}}{72100000 \text{ mm}^4} \\ &= 3,44 \text{ kg/mm} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{Tegangan geser} &= 0,015 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan Von-misses} = 3,44 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_y \text{ steel ASTM A36} = 25 \text{ kg/mm}^2$$

$$S_f = 1,5$$

$$\sigma_{izin} = 16,67 \text{ kg/mm}^2$$

##### 2. WF B

$$\begin{aligned} \text{Tegangan normal} &= \frac{M \cdot y}{I} \\ &= \frac{2813158 \text{ kg.mm} \cdot 150 \text{ mm}}{72100000 \text{ mm}^4} \\ &= 5,85 \text{ kg/mm} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{Tegangan geser} &= 0,003 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan Von-misses} = 5,92 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_y \text{ steel ASTM A36} = 25 \text{ kg/mm}^2$$

$$S_f = 1,5$$

$$\sigma_{izin} = 16,67 \text{ kg/mm}^2$$

##### 3. WF C

$$\begin{aligned} \text{Tegangan normal} &= \frac{M \cdot y}{I} \\ &= \frac{2848174 \text{ kg.mm} \cdot 150 \text{ mm}}{72100000 \text{ mm}^4} \\ &= 5,92 \text{ kg/mm} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{Tegangan geser} &= 0,002 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan Von-misses} = 5,85 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_y \text{ steel ASTM A36} = 25 \text{ kg/mm}^2$$

$$S_f = 1,5$$

$$\sigma_{izin} = 16,67 \text{ kg/mm}^2$$

##### 4. WF D

$$\begin{aligned} \text{Tegangan normal} &= \frac{M \cdot y}{I} \\ &= \frac{2744281 \text{ kg.mm} \cdot 150 \text{ mm}}{72100000 \text{ mm}^4} \\ &= 5,71 \text{ kg/mm} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{Tegangan geser} &= 0,002 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan Von-misses} = 5,71 \text{ kg/mm}^2$$

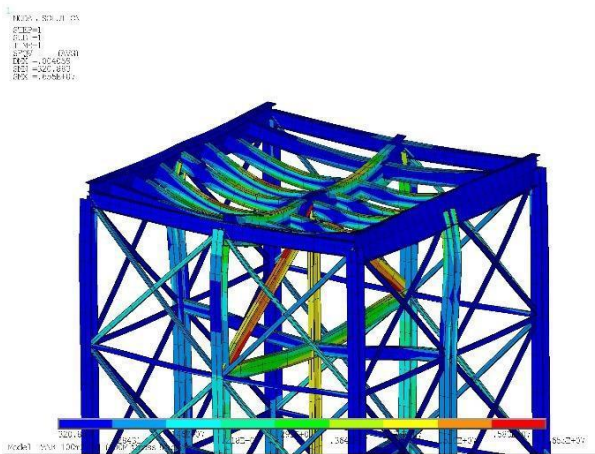
$$\sigma_y \text{ steel ASTM A36} = 25 \text{ kg/mm}^2$$

$$S_f = 1,5$$

$$\sigma_{izin} = 16,67 \text{ kg/mm}^2$$

#### 3.2 Analisis Stress Konsep Desain 1

Struktur yang dianalisis menggunakan material ASTM A36 memiliki  $\sigma_{ijin}$  16,67 kg/mm<sup>2</sup>. Proses analisis *stress* struktur baja penyangga tangka air dengan model *bracing, cross x braced* didapatkan nilai maksimum *stress* yaitu 0,655E+07 kg/m<sup>2</sup> = 6,5 kg/mm<sup>2</sup>. Hasil tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

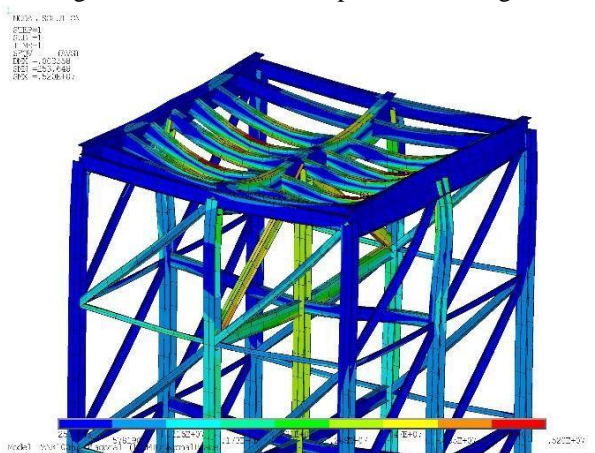


Gambar 1. Hasil Analisis *Stress* Konsep Desain 1

Data hasil analisis diatas dapat disimpulkan bahwa nilai stress pada struktur memenuhi syarat karena  $6,5 \text{ kg/mm}^2 < 16,67 \text{ kg/mm}^2$ , maka konsep desain 1 dikatakan aman.

### 3.3 Analisis *Stress* Konsep Desain 2

Struktur yang dianalisis menggunakan material ASTM A36 memiliki  $\sigma_{ijin}$   $16,67 \text{ kg/mm}^2$ . Proses analisis *stress* struktur baja penyangga tangka air dengan model *bracing*, *diagonal braced* didapatkan nilai maksimum *stress* yaitu  $0,520\text{E}+07 \text{ kg/m}^2 = 5,2 \text{ kg/mm}^2$ . Hasil tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

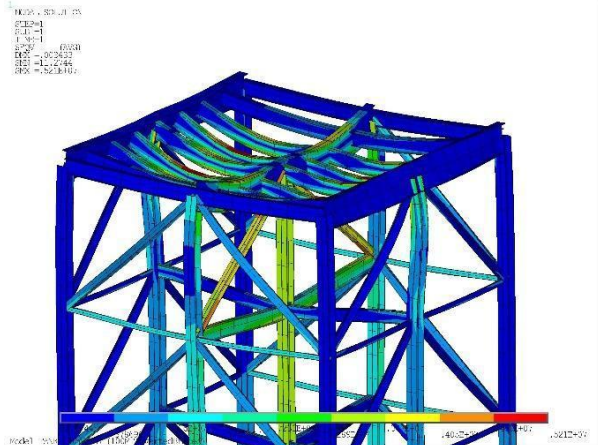


Gambar 2. Hasil Analisis *Stress* Konsep Desain 2

Data hasil analisis diatas dapat disimpulkan bahwa nilai stress pada struktur memenuhi syarat karena  $5,2 \text{ kg/mm}^2 < 16,67 \text{ kg/mm}^2$ , maka konsep desain 2 dikatakan aman. Struktur yang dianalisis menggunakan material

### 3.4 Analisis Stress Konsep Desain 3

Struktur yang dianalisis menggunakan material ASTM A36 memiliki tjiin 16,67 kg/mm<sup>2</sup>. proses analisis stress struktur baja penyangga tangka air dengan model bracing, inverted v braced didapatkan nilai maksimum stress yaitu 0,521E+07 kg/m<sup>2</sup> = 5,2 kg/mm<sup>2</sup>. Hasil tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3. Hasil Analisis Stress Konsep Desain 3

Data hasil analisis diatas dapat disimpulkan bahwa nilai stress pada struktur memenuhi syarat karena 5,2 kg/mm<sup>2</sup> < 16,67 kg/mm<sup>2</sup>, maka konsep desain 3 dikatakan aman.

Tabel 2 Hasil Analisis Stress pada Software

Desain Konsep	Stress (kg/mm <sup>2</sup> )	Tegangan izin (kg/mm <sup>2</sup> )	Keterangan
Konsep 1	6,5	16,67	Aman
Konsep 2	5,20	16,67	Aman
Konsep 3	5,21	16,67	Aman

Tabel 3 Hasil Analisis Defleksi pada Software

Desain Konsep	Defleksi (mm)	Defleksi izin (kg/mm <sup>2</sup> )	Keterangan
Konsep 1	4,05	7,22	Aman
Konsep 2	3,5	7,22	Aman
Konsep 3	3,43	7,22	Aman

### 3.5 Pemilihan Konsep

Tahapan ini memilih salah satu dari ketiga konsep desain yang terbaik dengan kriteria penilaian sebagai berikut:

1. Kekuatan
2. Berat
3. Biaya

#### 3.5.1 Kekuatan

Kriteria kekuatan pada konsep desain yang akan dipilih, merupakan konsep desain yang dapat menumpu beban beban yang diterimanya. Mendapatkan hasil yaitu ketiga konsep desain merupakan desain yang aman saat mendapat beban statis beban tangki air.

Tabel 4 Hasil Kriteria Kekuatan

Desain Konsep	Stress (kg/mm <sup>2</sup> )	Tegangan izin (kg/mm <sup>2</sup> )	Selisih
Konsep 1	6,5	16,67	10,16
Konsep 2	5,20	16,67	11,47
Konsep 3	5,21	16,67	11,46

### 3.5.2 Berat

Kriteria berat pada pemilihan konsep desain dimaksudkan agar konsep desain yang terpilih memiliki berat bersih struktur yang lebih ringan, hal ini mengingat untuk memudahkan saat akomodasi *part* dan proses *assembly*.  
 $W_{Tangki\ Air + Plat} = 107\ T$

Tabel 5 Hasil Kriteria Berat

Desain Konsep	Berat (kg)
Konsep 1	20615,9
Konsep 2	21280,8
Konsep 3	21270,6

### 3.5.3 Biaya

Estimasi biaya material pada suatu konsep desain dengan mengakumulasikan seluruh tipe pengerjaan terhadap item sehingga didapatkan total biaya yang terjangkau.

Tabel 6 Hasil Kriteria Biaya

Desain Konsep	Biaya (Rp)
Konsep 1	1.197.129.128,00
Konsep 2	1.225.897.344,00
Konsep 3	1.225.464.544,00

Setelah melakukan ulasan dari beberapa konsep diatas, terdapat kriterian penilaian hasil dan akan dilanjutkan dalam matrik penilaian untuk memberikan penilaian dan kesimpulan konsep terpilih. Berikut merupakan ulasan dan tabel matrik penilaian konsep. Pembobotan pada tabel tersebut ditentukan sesuai dengan konsep desain yang dibuat dan hasil survey diskusi kepada Engineer perusahaan yang bersangkutan.

Tabel 7 Ulasan Matrik Penilaian Konsep

Kriteria Seleksi	Bobot (%)	Keterangan
<b>Kekuatan</b>	35%	Porsi 35% diberikan karena kekuatan dari struktur merupakan hal yang berhubungan saat struktur baja penyangga tangka air beroperasi.
<b>Berat</b>	27,5%	Porsi 27,5% diberikan karena tujuan dari perencanaan pembangunan struktur baja penyangga tangka air untuk mendapatkan berat struktur yang minimum.
<b>Biaya</b>	37,5%	Porsi 37,5% diberikan karena dalam pembuatan produk biaya merupakan hal utama yang perlu diperhatikan, dengan harapan biaya seminim mungkin dan fungsi yang maksimal.

Tabel 8 Matrik Penilaian Konsep

Kriteria Seleksi	Kekuatan	Berat	Biaya
<b>Bobot</b>	35%	27,5%	37,5%
<b>Konsep 1</b>	Rate	5	4
	Skor	1,75	1,1
<b>Konsep 2</b>	Rate	4	3
	Skor	1,4	1,125
<b>Konsep 3</b>	Rate	4	4
	Skor	1,4	1,1

Berdasarkan hasil matrik penilaian konsep pada tabel 8 diatas, dapat disimpulkan bahwa konsep yang terpilih adalah konsep 1 karena memiliki nilai *relative* untuk rate adalah 36,32%. Nilai 36,32% didapat dari

$$\frac{\text{rate total nilai konsep 1}}{\sum \text{rate total nilai monsep 1,2,3}} \times 100\%$$

#### 4. Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kekuatan struktur pada struktur baja penyangga menghasilkan maksimum stress yang didapat adalah  $6,5 \text{ kg/mm}^2$  dan defleksi sebesar 4.05 mm.
2. Struktur baja penyangga tangki air kapasitas  $100\text{m}^3$  dengan model Cross x braced memiliki berat total sebesar 127,6159 T (keadaan Vair maksimum)
3. Estimasi biaya kebutuhan material baja untuk plate tank dan support structure dengan tinggi 16m sebesar Rp 1.197.129.128,00

#### Daftar Pustaka

- [1] Council. (2007). *Beam Design Formulas with Shear and Moment Diagram*. In *American Forest & Paper Association, Inc.*
- [2] Mulyanto, I. P., & Pratama, A. (2012). Analisis Kekuatan Konstruksi Car Deck Pada Kapal Km. Dharma Ferry 3 Dengan Metode Elemen hingga. *Kapal* 8(2), 53-61.
- [3] Poluan, D. S., Pandaleke, R., & Dapas, S. O. (2019). Respons Dinamik Struktur Rangka Baja Menara Air dengan Variasi Elemen Pengaku Lateral. *Jurnal*
- [4] Popov, E. P. (1984). *Mechanics of Materials*. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-result>
- [5] Salmon, C. G., & Johnson, J. E. (1996). *Charles\_G\_Salmon\_John\_E\_Johnson\_Steel\_St.pdf*
- [6] Taqiya, A. & A. I. N. (2021). Perencanaan Bangunan Gedung dengan Struktur baja pada Tanah Lunak [Universitas Islam Sultan Agung]. In *Universitas Islam Sultan Agung* (Vol. 26, Issue 2).
- [7] Saputra, F., Affifuddin, M., & A. (2018). Perilaku Balok Profil Kanal ©. 1, 823-830.
- [8] Khakim, F. R. (2017). Perancangan Overhead denga SWL 5 Ton Single
- [9] Ketut Ngurah Tjerita. (2018). Metoda Elemen Hingga. *Makalah*, 2-3.
- [10] Zafirah, F., Kusuma, G. E., & Bisono, F. (2022). Perancangan Dudukan Pelat Adjustable Holder sebagai Sarana penunjang mesin Roll di PT. Boma Bisma Indra Pasuruan. 1-5.