

BAB IV

ANALISA & PERHITUNGAN

4.1 PERHITUNGAN CETAKAN ES

Dari gambar 3.7.b didapat volume total cetakan adalah 0.013160739.18 $m^3 \approx 0.013 m^3$. Dengan massa jenis es, $\rho_{es} = 900 \text{ kg}/m^3$, maka massa es, m_{air} :

$$\begin{aligned} m_{es} &= \rho_{es} V_{es} \\ &= 900 \text{ kg}/m^3 \cdot 0.013m^3 \\ &= 11.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan bahwa volume air dengan massa jenis air, $\rho_{air} = 1000 \text{ kg}/m^3$ yang harus kita isi kedalam satu buah cetakan es adalah

$$\begin{aligned} V_{air} &= \frac{m_{air}}{\rho_{air}} \\ &= \frac{11.7 \text{ kg}}{1000 \text{ kg}/m^3} \\ &= 0.0117 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Cetakan terbuat dari pelat baja yang di-galvanis, dengan ketebalan 2 mm, massa jenis $\rho_{sg} = 7.87 \text{ g}/cm^3$. Volume pelat V_{sg} yang digunakan untuk sebuah cetakan adalah: 669.94 cm^3 . Massa sebuah cetakan adalah:

$$\begin{aligned} m_{cetakan} &= \rho_{cetakan} V_{cetakan} \\ &= 7.87 \text{ kg}/cm^3 \cdot 0.66994m^3 \\ &= 5.27 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.2 PERHITUNGAN JUMLAH CETAKAN

Lebar bak yang digunakan sesuai dengan lebar maksimum dalam kontainer yaitu 2.26m, karena selain untuk memaksimalkan tempat pembekuan juga pada dinding samping kontainer dapat berfungsi sebagai penyangga.

Tebal dinding bak adalah 0.05 m, karena di dalamnya terdapat ruang untuk insulasi. Sehingga tebal untuk kedua sisi adalah= 0.1m

Maka lebar bak dalam: $2.26 \text{ m} - 0.12 \text{ m} = 2.16 \text{ m}$

- Lebar cetakan = 0.19 m

- Jarak antar cetakan = 0.01 m
- Jarak penahan penyangga cetakan = 0.1 m
- Lebar ice bank = 1.86 m

Maka jumlah *can* yang dapat diisi untuk satu penyangga cetakan es adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{panjang ice bank} - \text{jarak penahan cetakan}}{\text{Panjang cetakan} + \text{jarak antar cetakan}} \\
 &= \frac{1.86 - 0.1}{0.19 + 0.01} \\
 &= 8.8 \approx 8 \text{ cetakan}
 \end{aligned}$$

Karena panjang bak adalah 4 m

Tebal bak : $0.05\text{m} + 0.05\text{m} = 0.1\text{m}$

Maka panjang bak dalam : $4\text{ m} - 0.1\text{ m} = 3.9\text{ m}$

- Panjang cetakan = 0.19 m,

Maka jumlah cetakan yang dapat diisi adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{panjang ice bank}}{\text{Panjang cetakan} + \text{jarak antar cetakan}} \\
 &= \frac{3.9}{0.19 + 0.05} \\
 &= 16.25 \approx 16 \text{ baris}
 \end{aligned}$$

Sehingga jumlah *can* yang dapat diisi dalam bak adalah:

Jumlah cetakan dalam satu baris = 8 cetakan

Jumlah baris di dalam bak = 16 baris

Total cetakan dalam bak = 8×16

= 128 cetakan

4.3 JUMLAH ES YANG DI PRODUKSI

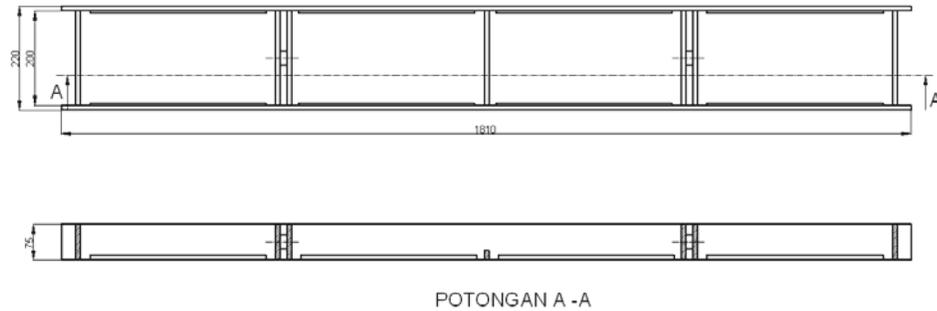
Dari jumlah cetakan yang dapat ditempatkan ke dalam bak produksi, maka bisa di dapatkan bahwa jumlah es yang dapat di produksi dalam satu kali siklus produksi adalah :

Jumlah cetakan dalam bak = 128 cetakan

Massa es dalam satu cetakan = 11.7 kg

Jumlah es yang diproduksi = $11.7 \times 128 = 1.497\text{ kg} = \pm 1.5\text{ ton}$

4.4 PERHITUNGAN PENYANGGA CETAKAN ES



Gambar 4.1 : Penyangga cetakan es

Penyangga ini berfungsi untuk meletakkan cetakan-cetakan saat berada dalam *ice bank*, sekaligus sebagai kerangka ketika akan mengeluarkan es dari cetaknya.

Penyangga ini di desain agar mampu menahan beban-beban dari cetakan, air bahan baku, dan berat penyangga itu sendiri. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

Massa penyangga cetakan terbuat dari pelat baja setebal 10 mm. Volume penyangga cetakan 3637.5 cm^3 , massa jenis baja, $\rho_s 7.85 \text{ g/cm}^3$ maka massa penyangga cetakan adalah:

$$\begin{aligned} m_{\text{penyangga}} &= \rho_{\text{penyangga}} V_{\text{penyangga}} \\ &= 7.85 \text{ kg/cm}^3 \cdot 363.75 \text{ cm}^3 \\ &= 28.55 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.4.1 Pembebanan Penyangga Cetakan Es

Berikut adalah distribusi pembebanan yang terjadi pada Penyangga cetakan es.

Berat yang ditanggung oleh penyangga cetakan es ini adalah

$$\begin{aligned} \text{Massa 8 cetakan} &: 8 \times 5.27 \text{ kg} = 42.16 \text{ kg} \\ \text{Massa 8 es} &: 8 \times 11.7 \text{ kg} = 93.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah beban yang harus ditahan oleh Penyangga cetakan es adalah :

$$\begin{aligned} &= 42.16 \text{ kg} + 93.6 \text{ kg} = 135.76 \text{ kg} \\ W &= m \cdot g \\ W &= 135.76 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m}^2/\text{s} \\ W &= 1331.8 \text{ N} \end{aligned}$$

Diagram gaya

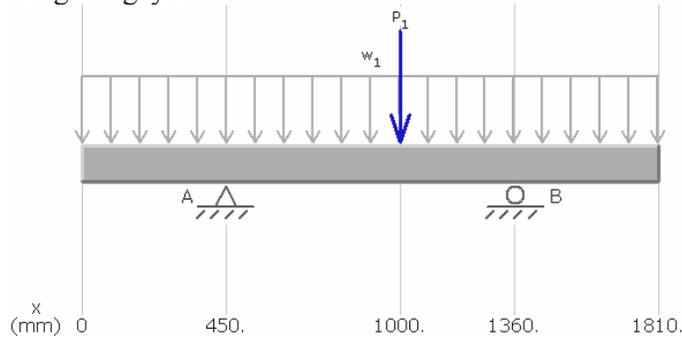


Diagram geser

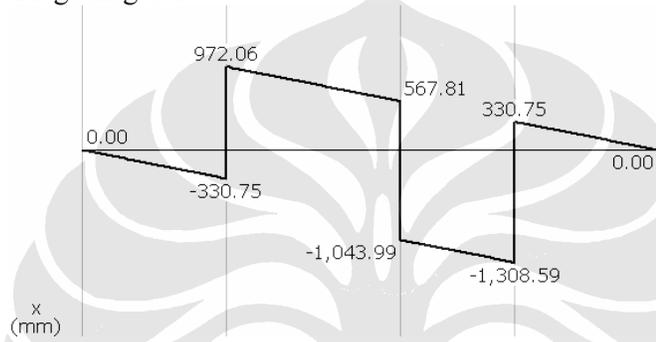
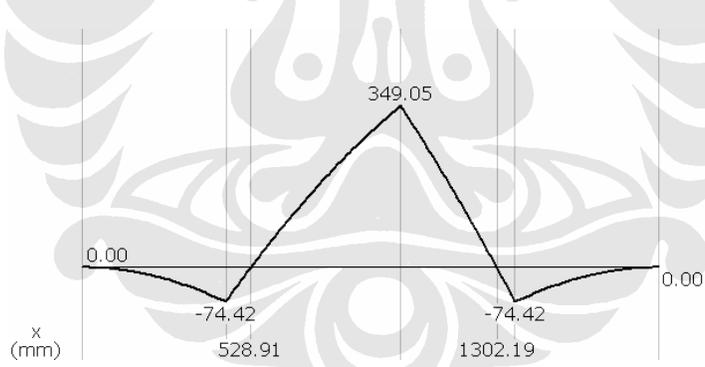
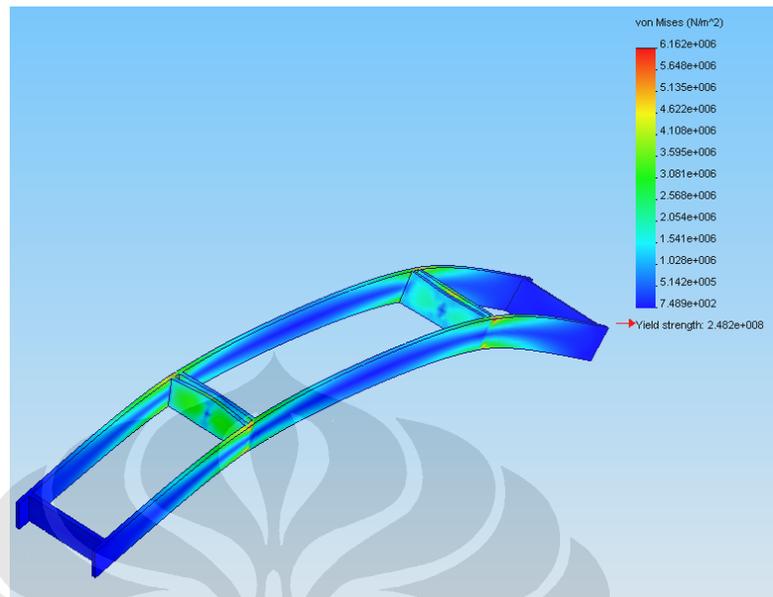


Diagram momen

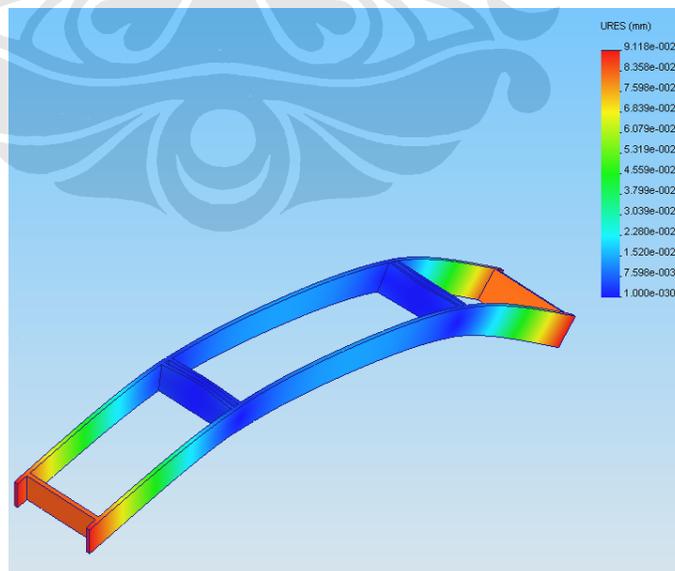


4.4.2 Simulasi Kekuatan Penyangga Cetakan Es



Gambar 4.2 : Simulasi *von Mises* dari penyangga cetakan es

Dari gambar diatas terlihat bahwa daerah kritis terjadi pada bagian penyangga cetakan es dengan nilai $6.162 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. *Yield Strength* dari penyangga tersebut adalah $2.48 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Karena nilai bebannya masih jauh lebih kecil daripada *Yield Strength*-nya, maka kekuatan penyangga cetakan es ini masih aman.



Gambar 4.3 : Simulasi *Defleksi* dari penyangga cetakan es

Dari hasil simulasi gambar diatas, dapat diketahui bahwa kemungkinan defleksi terbesar terjadi tengah rel dengan nilai 9.18×10^{-2} . Namun penyangga ini tetap aman karena beban dari penyangga ini masih di bawah nilai *Yield Strength*-nya. Bahkan defleksi tersebut bisa dikatakan tidak terlihat.

4.5 PERHITUNGAN VOLUME AIR GARAM

Dari data kita ketahui bahwa volume bak adalah:

Panjang bak bagian dalam = 3.9 m

Lebar bak bagian dalam = 2.16 m

Kedalaman = 0.55 m, ketinggian air garam hanya 0.5 m

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= P \times L \times T \\ &= 3.9 \text{ m} \times 2.16 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \\ &= 4.212 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Total volume *can*:

$$\text{Volume cetakan es} = 0.013 \text{ m}^3$$

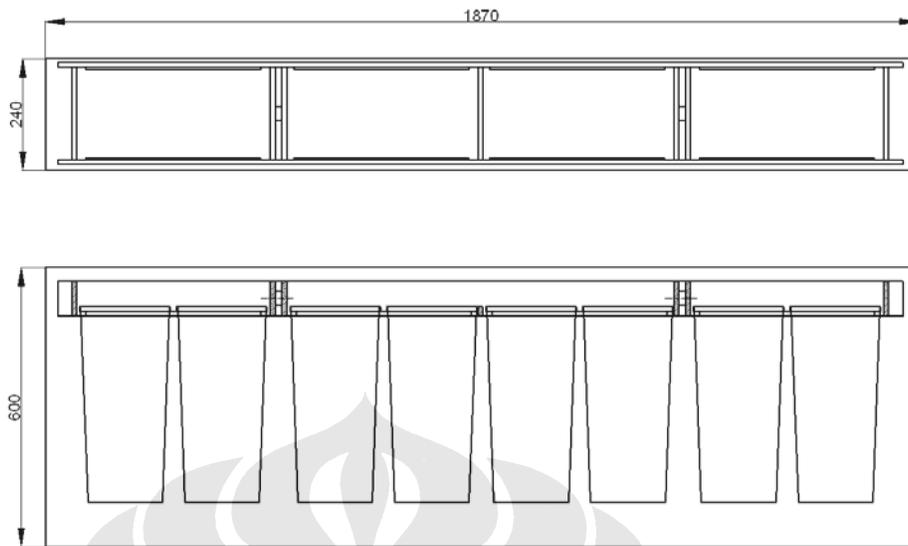
Banyak cetakan = 144

$$\begin{aligned}\text{Volume total cetakan} &= 0.013 \text{ m}^3 \times 144 \\ &= 1.872 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka volume air garam yang dapat ditampung} &= V_{\text{bak}} - V_{\text{cetakan es}} \\ &= 4.212 \text{ m}^3 - 1.872 \text{ m}^3 = 2.34 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4.6 PERHITUNGAN DIPTANK

Panjang dalam *diptank* harus lebih besar daripada panjang cetakan. Begitu juga dengan lebar dari *diptank*. Seperti yang diketahui bahwa panjang dari penyangga cetakan dan cetakan adalah 1810 mm dengan lebar 220 mm dan tinggi 490 mm. Untuk itu, *diptank* didesain dengan ukuran 1870 mm x 240mm x 600mm dengan tebal dinding 2mm agar mampu masuk dan melepaskan cetakan es dan es baloknya seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.4 : Dimensi & penempatan cetakan pada *dip tank*

Volume air yang dibutuhkan pada *dip tank*:

- Volume Dip Tank = $P \times L \times T$
 $= 1.87 \text{ m} \times 0.24 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}$
 $= 0.27 \text{ m}^3$
- Volume cetakan
 Volume cetakan es = 0.013 m^3
 Banyak cetakan = 8
 Volume total cetakan = $0.013 \text{ m}^3 \times 8$
 $= 0.104 \text{ m}^3$
- Volume penyangga = $3637.5 \text{ cm}^3 = 0.0036375 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang dibutuhkan pada dip tank} &= V_{\text{dip tank}} - V_{\text{cetakan es}} - V_{\text{penyangga}} \\ &= 0.27 \text{ m}^3 - 0.104 \text{ m}^3 - 0.0036375 \text{ m}^3 \\ &= 0.162 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4.7 PERHITUNGAN REL

Rel adalah sebagai tempat crane dapat bergerak maju mundur. Hal ini diperlukan untuk proses pengangkatan cetakan es dari *ice bank* menuju *dip tank*,

lalu menuju *tilting* dan kembali ke *ice bank*. Bentuk dari rel menggunakan baja siku 50 x 50 x 4 mm.

4.7.1 Pembebanan pada rel & pemegang rel

Beban yang diterima rel adalah :

Massa 8 cetakan : $8 \times 5.27 \text{ kg} = 42.16 \text{ kg}$

Massa 8 es : $8 \times 11.7 \text{ kg} = 93.6 \text{ kg}$

Massa penyangga cetakan : 28.55 kg

Jumlah beban yang harus ditahan oleh rel

$= 42.16 \text{ kg} + 93.6 \text{ kg} + 28.55 \text{ kg} = 164.31 \text{ kg}$

$W = m \cdot g$

$W = 164.31 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m}^2/\text{s}^2$

$W = 1611.8 \text{ N}$



Gambar 4.5 : Rel

Diagram gaya

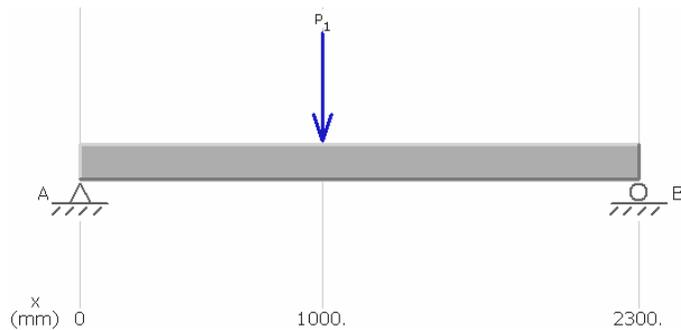


Diagram geser

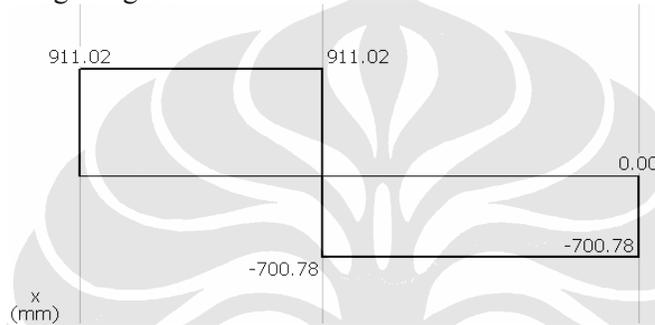
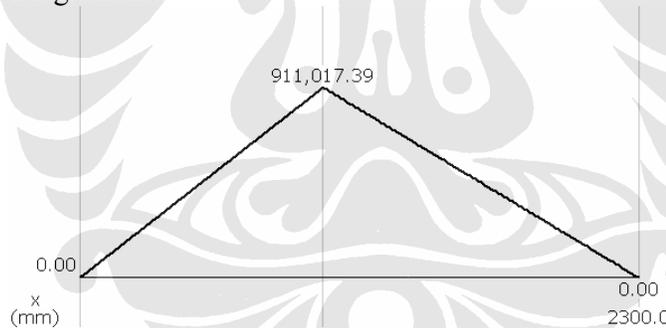


Diagram momen



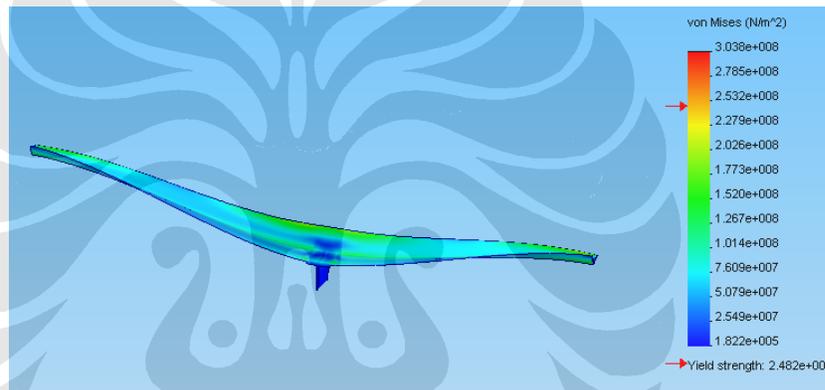
4.7.1 Simulasi Kekuatan Rel & pemegang rel

Untuk lebih meyakinkan bahwa kekuatan pada rel benar-benar aman, maka dilakukan simulasi untuk mengetahui karakteristik secara visual daerah yang memberikan beban dan yang menahan beban.

Pada simulasi ini, material yang digunakan penyangga adalah *cast carbon steel* dengan massa jenisnya, $\rho_{sg} = 7.87 \text{ g/cm}^3$. Bagian rel diberikan beban sebesar 1611.8 N. Berikut adalah hasil simulasinya:



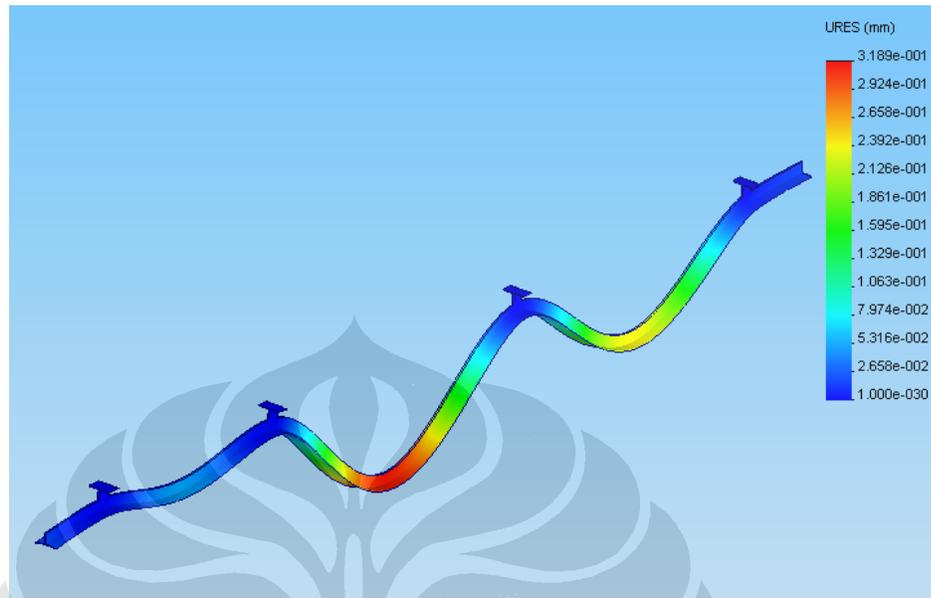
Gambar 4.6 : Simulasi *von Mises* dari Rel



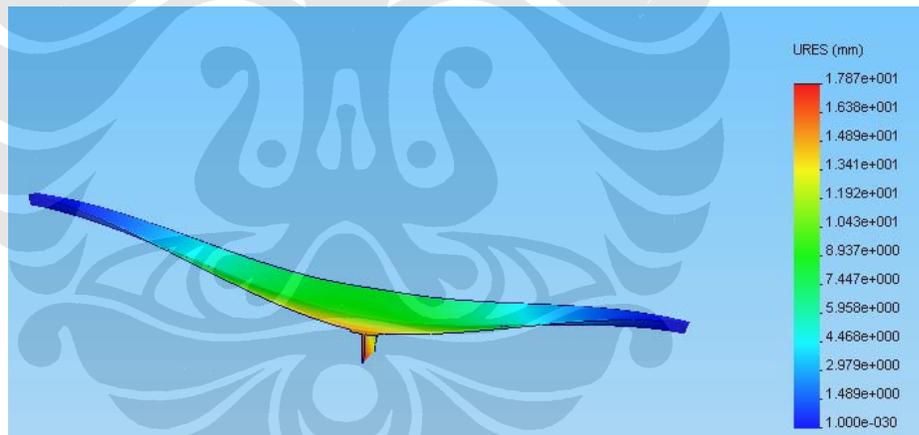
Gambar 4.7 : Simulasi *von Mises* dari pemegang Rel

Dari gambar diatas terlihat bahwa daerah kritis terjadi pada bagian tengah rel pada daerah plat panjang dengan nilai $3.124 \times 10^7 \text{N/m}^2$. *Yield Strength* dari penyangga tersebut adalah $2.48 \times 10^8 \text{N/m}^2$. Karena nilai bebannya masih jauh lebih kecil daripada *Yield Strength*-nya, maka secara simulasi kekuatan dari rel ini masih aman.

4.7.2 Simulasi Defleksi Rel



Gambar 4.8 : Simulasi Defleksi Rel



Gambar 4.9 : Simulasi defleksi dari pemegang rel

Dari hasil simulasi gambar diatas, dapat diketahui bahwa kemungkinan defleksi terbesar terjadi tengah rel dengan nilai 3.19×10^{-2} . Namun penyangga ini tetap aman karena beban dari penyangga ini masih di bawah nilai *Yield Strength*-nya. Bahkan defleksi tersebut bisa dikatakan tidak terlihat