

## Rancang bangun struktur rangka untai rektangular FASSIP-04 Ver.2

Galih Abdul Aziz<sup>a,1</sup>, Dwi Yuliaji<sup>ac,2\*</sup>, Roy Waluyo<sup>ac</sup>, Yeni Anggraini<sup>a</sup>,  
R. M. Parhan Ruswendi<sup>a</sup>, Agung Akbar Haz<sup>a</sup>, Ryan Oktaviandi<sup>c</sup>, Mulya Juarsa<sup>ab</sup>

<sup>a</sup>Engineering Development for Energy Conversion and Conservation (EDfEC) Research Group,  
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor,  
Jl.K.H.Soleh Iskandar KM.2, Kedung Badak, Kota Bogor 16162, Jawa Barat

<sup>b</sup>Reactor Thermal-Fluids System Development (RTFSyDev.) Research Group,  
Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir, Organisasi Riset Tenaga Nuklir, BRIN.  
Gedung 80 KST. B.J. Habibie, Setu, Tangerang Selatan 15314, Banten

<sup>c</sup>Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada,  
Jl. Grafika No.2, Senolowo, Sinduadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

[galih\\_aziz606@gmail.com](mailto:galih_aziz606@gmail.com)

<sup>2</sup>[Dwi.yuliaji@uika-bogor.ac.id](mailto:Dwi.yuliaji@uika-bogor.ac.id) (corresponding author)

### ABSTRACT

A structural framework consists of interconnected elements that form a strong and stable framework or frame. This framework aims to withstand and distribute the loads of the components that act on the structure. FASSIP-04 ver.02 rectangular-TP loop frame's structure uses the AISI 1015 profile steel shielded metal arc welding (SMAW) method. This research aims to obtain a design design, the strength value of the FASSIP-04 ver.02 frame structure, and the strength value of the welding connection of the FASSIP-04 ver.02 frame structure. Testing in this study uses a simulation method in 3D software by looking for stress, strain, and displacement. Tests were carried out by entering the results of the calculation of component loads and also the volume of water in components totaling 91.0797 kg in the FASSIP-04 ver.02 frame structure using 3D software. The results of the simulation show that the strength value of the FASSIP-04 ver.2 frame structure can support a component load of 91.0797 kg by producing a maximum stress value of  $1.791E+07$  N/m<sup>2</sup>. In contrast, the welding strength stress value obtained from the calculation gives a maximum stress value of  $3.137E+06$  N/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** frame structure, simulation, FASSIP-04 ver.02, weld joint strength, natural circulation

**Received** 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

### PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan berkurangnya sumber energi fosil yang tersedia. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan upaya untuk menghasilkan energi dalam jumlah besar tanpa menggunakan sumber energi fosil. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN), PLTN memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan pembangkit energi lainnya. Salah satunya adalah efisiensi bahan bakar nuklir yang digunakan. Setiap kilogram bahan bakar nuklir U-235 dapat menghasilkan energi sebesar 17 milyar Kkal, yang setara dengan 2.400 ton batubara, tanpa menghasilkan emisi asap atau debu yang merugikan lingkungan.

Selain keuntungan tersebut, PLTN juga memiliki potensi risiko kecelakaan. Ancaman yang paling serius adalah kemungkinan

terjadinya kebocoran material radioaktif dari reaktor nuklir ke lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu, langkah-langkah yang hati-hati harus diambil untuk mencegah kecelakaan dan meminimalkan dampaknya jika terjadi serta pengawasan yang ketat pula. Keamanan reaktor harus dijamin agar kemungkinan ter. Pengembangan PLTN dan pemanfaatannya sebagai sumber energi harus disertai dengan standar keselamatan yang ketat jadinya kecelakaan atau bocornya material radioaktif dapat diminimalisir [1]. Dalam konteks kejadian kecelakaan Reaktor Fukushima Daiichi, peran sistem keselamatan pasif maupun inheren memiliki fungsi yang besar dalam proses desain reaktor. Pentingnya faktor pendinginan reaktor dengan memanfaatkan fenomena alam telah menjadi standar yang diharapkan dalam desain reaktor yang lebih maju [2].

Dalam rangka mempelajari prinsip-prinsip sirkulasi alami serta pemanfaatannya dalam

desain reaktor nuklir yang lebih aman, terutama saat kecelakaan terjadi, Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir (PTKRN) – BATAN telah merancang dan membangun fasilitas eksperimen yang disebut Untai Fasilitas Simulasi Sistem Pasif versi 01 (FASSIP-01). FASSIP-01 terdiri dari dua komponen utama, yaitu tangki pemanas (heater tank) dan tangki pendingin (cooler tank), yang berfungsi untuk menciptakan perbedaan densitas air di dalam sistem.

Penelitian ini dilaksanakan untuk mendukung eksperimen yang bertujuan untuk menginvestigasi fenomena sirkulasi alami. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan perancangan untai rektanguler FASSIP-04 ver.02. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang struktur rangka untai rektanguler FASSIP-04 ver.02. Dalam proses perancangan struktur rangka penting untuk menetapkan prosedur pemilihan material yang sesuai dengan kondisi yang dihadapi. Pemilihan material tidak hanya didasarkan pada kekuatan atau kekakuan material semata, melainkan juga mempertimbangkan sifat-sifat material lainnya seperti kekerasan dan ketangguhan. Kriteria-kriteria ini sama pentingnya dalam menentukan pemilihan bahan yang tepat untuk perancangan struktur. Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh pemahaman yang mendalam tentang rancangan struktur rangka, serta untuk mengetahui sejauh mana ketahanan produk tersebut dan kekuatan dari sambungan las yang digunakan. Penelitian ini juga mempertimbangkan aspek desain dalam merancang struktur rangka dalam bentuk 2D maupun 3D.

Struktur rangka adalah suatu sistem struktural yang terdiri dari rangkaian elemen-elemen yang saling terhubung untuk membentuk kerangka atau bingkai yang kuat dan stabil. Rangka ini bertujuan untuk menahan dan mendistribusikan beban yang bekerja pada struktur tersebut. Sambungan-sambungan pada struktur rangka sangat penting untuk menjaga kestabilan dan kekuatan keseluruhan struktur. Sambungan-sambungan ini biasanya direncanakan dan dirancang secara khusus untuk memastikan bahwa mereka dapat menahan beban yang diterima serta mempertahankan integritas struktural. Sambungan-sambungan pada struktur rangka bisa berupa lasan, baut, atau kombinasi dari keduanya.

Dalam proses perancangan struktur, penting untuk menetapkan prosedur pemilihan material

yang sesuai dengan kondisi yang ada. Saat memilih material, kekuatan atau kekakuan bukanlah satu-satunya kriteria yang harus dipertimbangkan. Selain kekuatan, sifat-sifat material lainnya seperti kekerasan dan ketangguhan juga sama pentingnya dalam menentukan pemilihan bahan [3].

## METODE PENELITIAN

Material yang digunakan yaitu baja karbon rendah AISI 1015, merupakan jenis baja yang sangat populer dalam industri manufaktur di seluruh dunia. Baja ini digunakan secara luas karena memiliki sifat yang memungkinkan mudah dibentuk sesuai kebutuhan produksi yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,30%. Keuntungan utama dari penggunaan baja karbon rendah adalah produsen dapat memanfaatkannya sebagai bahan dasar untuk berbagai produk.

Desain melibatkan tahapan pengembangan suatu kerangka struktural yang direncanakan untuk mencapai fungsi yang diinginkan, dengan memperhatikan bentuk dan susunan yang tepat. Dalam proses ini, dilakukan penggambaran dan penyesuaian elemen-elemen yang akan membentuk suatu produk atau sistem. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambar rancangan struktur rangka memperoleh nilai kekuatan struktur rangka dan juga memperoleh nilai kekuatan sambungan las.

### *Rancangan Struktur Rangka*

Kekuatan dari Struktur Rangka tergantung pada bentuk dan jenis konstruksinya, dalam rangka untuk menggambarkan objek dalam bentuk gambar tiga dimensi maupun dua dimensi, sebuah proses yang dikenal sebagai proyeksi menjadi penting. Proyeksi melibatkan pengambilan gambar dari objek nyata atau imajiner dan memproyeksikannya ke dalam suatu bidang datar yang disebut bidang gambar, Software 3D digunakan untuk menghasilkan rancangan desain tiga dimensi dan juga dua dimensi.

#### *1. Kekuatan Struktur Rangka*

Untuk menentukan nilai kekuatan suatu struktur, terdapat dua metode yang digunakan dalam memberikan beban pada rangka struktur. Metode pertama adalah menggunakan simulasi software 3D, di mana struktur dirancang untuk menghadapi situasi tertentu secara virtual. Metode kedua melibatkan penggunaan persamaan matematis, di mana total beban

diterapkan pada rumus yang sesuai untuk menghitung kekuatan struktur, kekuatan struktur dari tegangan (Stress) dan Regangan (Strain). Tegangan ( $\sigma$ ) dalam suatu elemen mesin adalah kekuatan per satuan luas penampang. Tegangan dapat dihitung dengan membagi gaya yang bekerja pada material dengan luas penampangnya. Pengujian dapat dilakukan untuk menentukan tegangan dalam sebuah material, dan nilai tegangan sangat dipengaruhi oleh jenis material yang sedang diuji. Rumus tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Dengan  $\sigma$  = Tegangan ( $N/m^2$ ),  $F$  = Gaya Aksial (N),  $A$  = Luas penampang ( $m^2$ ). Regangan ( $\epsilon$ ) merupakan ukuran perubahan dimensi atau bentuk bahan akibat tegangan yang diterapkan. Regangan mengukur seberapa jauh suatu material mengalami deformasi relatif terhadap dimensi atau bentuk awalnya. Dalam konteks mekanika bahan, regangan menggambarkan respons material terhadap tegangan yang diterapkan. Hubungan antara tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) sering kali ditunjukkan oleh kurva tegangan-regangan yang khas untuk setiap jenis material, yang mencerminkan sifat elastis atau plastis material tersebut. Rumus regangan: [3]

$$e = \frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

Dengan  $e$  = Regangan (Pa atau  $N/m^2$ ),  $\Delta L$  = Pertambahan panjang (m),  $L$  = Panjang mula-mula (m),  $Ll$  = Panjang akhir (m)

## 2. Kekuatan Sambungan Las

Dalam perhitungan kekuatan sambungan las, tegangan dihitung dengan asumsi bahwa hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke. Namun, ada syarat yang harus dipenuhi, yaitu tegangan terbesar yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan yang telah ditentukan [4]. Rumus yang digunakan dalam perhitungan kekuatan las sebagai berikut:

- Tegangan Geser Langsung
 
$$\sigma_g = \frac{P}{A} \quad (3)$$
- Tegangan Lengkung / *Bending*,  $M=P \times e$ 

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \sigma_g = \frac{P \times l \times \sigma_g}{S \times l^2} \quad (4)$$
- Tegangan Maksimum

$$\sigma_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sigma_b + 4t^2}{s}} \quad (5)$$

Dengan  $\sigma_g$  : Tegangan Geser ( $N/m^2$ ),  $\sigma_b$  : Tegangan Lengkung ( $N/m^2$ ),  $\sigma_{max}$  : Tegangan Maksimum ( $N/m^2$ ),  $S$  : Ukuran Las (m),  $l$  : Panjang Las (m),  $t$  : Tebal Las (m),  $P$  : Tekanan (N),  $A$  : Luas (m).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Desain dan Konstruksi

Gambar berikut menunjukkan desain dua dimensi dari Struktur Rangka., melalui proyeksi Amerika ini berbagai pandangan dari objek dapat diberikan kepada pengamat, termasuk pandangan tampak depan, tampak atas, dan tampak samping.

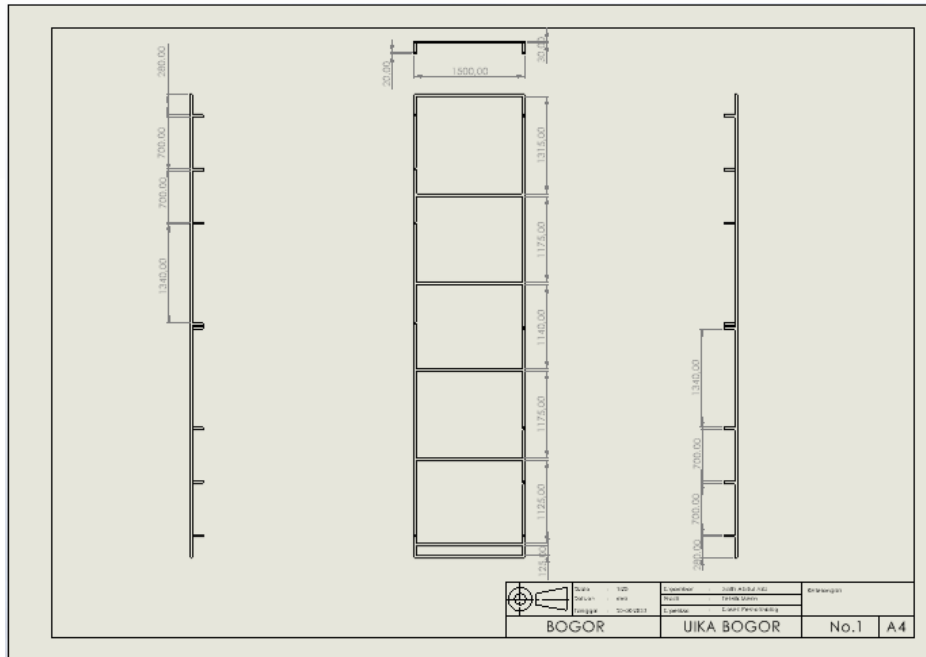
Dalam desain ini, semua detail penting harus diikutsertakan dalam pandangan yang ada, untuk memastikan bahwa gambar tersebut memberikan informasi yang lengkap dan jelas sebelum dilakukan langkah selanjutnya dalam proses pembuatan model tiga dimensi. Berikut merupakan gambar visualisasi Struktur Rangka dalam format tiga dimensi.

Kekuatan dari Struktur Rangka tergantung pada bentuk dan jenis konstruksinya. Untuk mampu menahan pembebanan, perlu mempertimbangkan juga bahan material yang akan digunakan. Dalam kasus konstruksi ini, bahan yang dipilih adalah besi hollow dengan jenis material Profil Baja AISI 1015. Pemilihan baja hollow ini didasarkan pada fakta bahwa bahan ini sering digunakan dalam konstruksi khususnya pada industri pemesinan, dan memiliki sifat-sifat material yang tangguh serta kokoh dalam menopang beban yang signifikan.

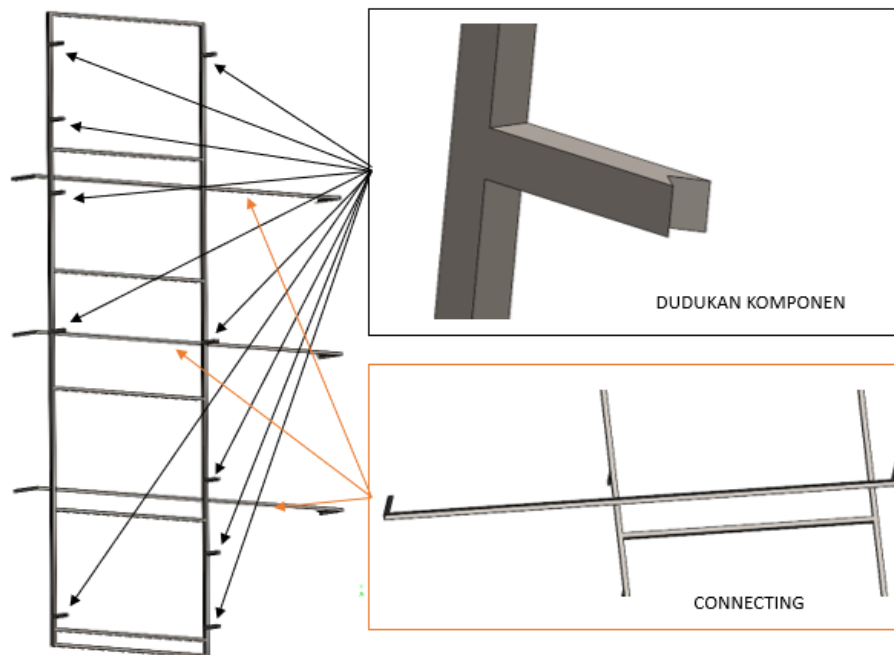
### 2. Kekuatan Struktur Rangka

#### Hasil Simulasi Tegangan

Hasil simulasi *stress* yang dilakukan menggunakan Software 3D menunjukkan pola distribusi tegangan pada struktur yang sedang dianalisis. Tegangan maksimal yang teramati mencapai  $1,791e+07 N/m^2$ , terjadi pada beberapa lokasi khusus di dalam struktur tersebut. Tegangan maksimal ini jauh di bawah batas kekuatan material yang dinyatakan sebagai *yield strength*, yaitu sebesar  $3,250E+08 N/m^2$ . Fakta bahwa tegangan maksimal yang diamati berada di bawah nilai *yield strength* material.



Gambar 1 Desain Struktur Rangka



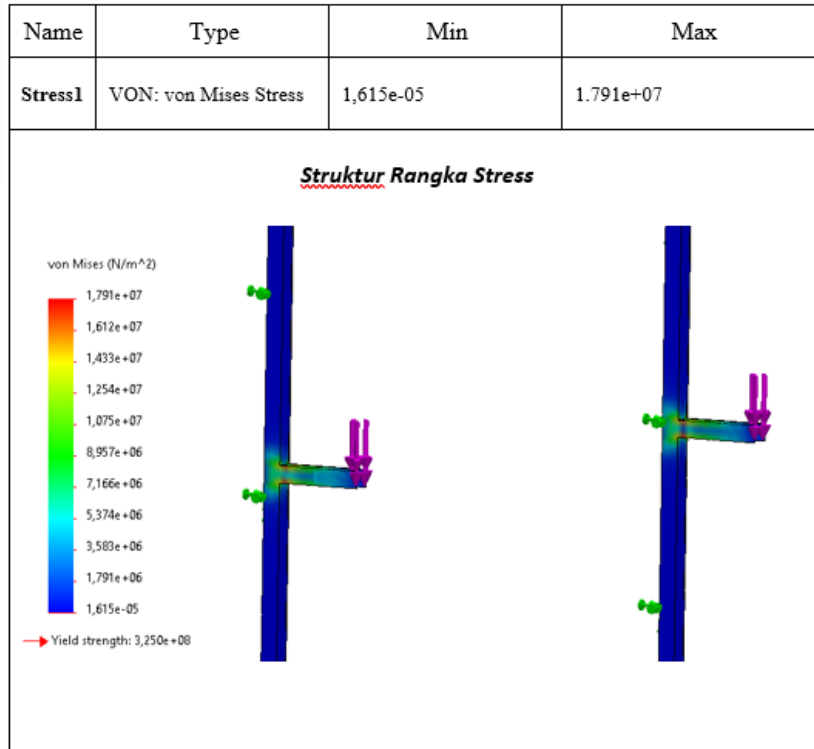
Gambar 2. Desain 3D

### Hasil Simulasi Displacement

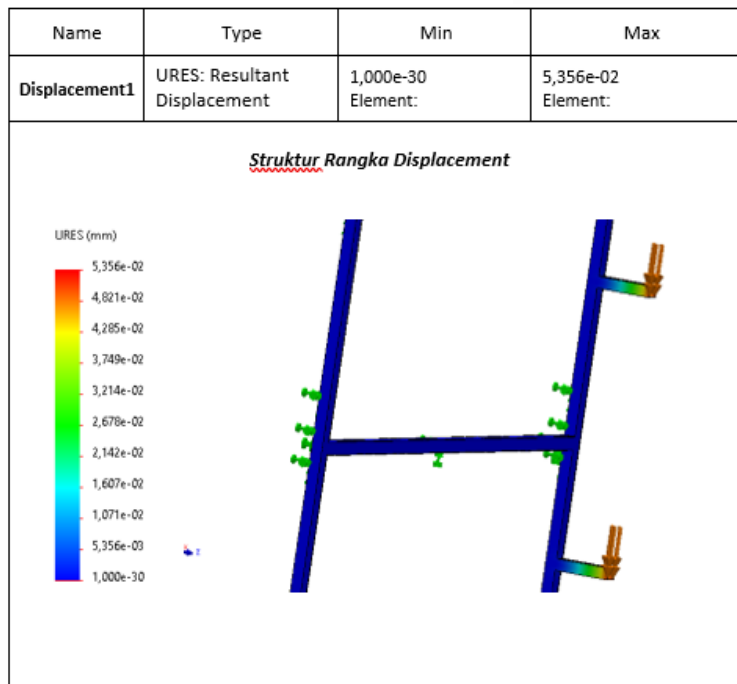
Simulasi displacement yang dilakukan menggunakan Software 3D mengungkapkan bahwa perpindahan maksimal yang terjadi pada beberapa bagian struktur mencapai  $5,356E-02$  mm. Dalam konteks ini, nilai perpindahan maksimal ini berada dalam rentang yang dapat diterima, dan deformasi yang terjadi tetap berada dalam batas toleransi yang aman.

### Simulasi Regangan

Regangan mengukur seberapa jauh suatu material mengalami deformasi relatif terhadap dimensi atau bentuk awalnya. Hasil simulasi *strain* menunjukkan adanya regangan minimum sebesar  $1,211E-05$  dan regangan minimum sebesar  $6,990E-05$ .



Gambar 3. Simulasi Tegangan (Stress)



Gambar 4. Gambar Simulasi Displacement

### Perhitungan Tegangan dan Regangan

Tegangan yang terjadi pada struktur Rangka dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = m \cdot g \quad (6)$$

- Mencari Nilai  $F$  (Gaya) dengan rumus sebagai berikut

$$F = 91,0797 \times 9,8$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$



- Tegangan dapat dicari dengan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (7)$$

$$= \frac{89,258106}{1,64}$$

$$= 54,425 \text{ N/m}^2$$

Dengan  $\sigma$  = Tegangan ( $\text{N/m}^2$ ),  $F$  = Gaya ( $N$ ),  $m$  = Massa ( $Kg$ ),  $g$  = Gravitasi ( $\text{m/s}^2$ ),  $p$  = Panjang ( $m$ ),  $l_{in}$  = Lebar Dalam ( $m$ ),  $l_{out}$  = Lebar Luar ( $m$ ),  $t_{in}$  = Tinggi Dalam ( $m$ ),  $t_{out}$  = Tinggi Luar ( $m$ ). Setiap unit satuan yang digunakan dalam persamaan harus mengacu kepada SI.

Regangan yang terjadi pada struktur Rangka dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

- Mencari Nilai  $\Delta L$  (Pertambahan Panjang) dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta L = l_o \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (8)$$

$$= 0,15 \times 1,1 \times 10^5 \times 34$$

$$= 0,0000561 \text{ m}$$

Regangan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

- 

$$e = \frac{\Delta L}{L_o} \quad (9)$$

$$e = \frac{0,0000561}{0,15}$$

$$e = 0,000374$$

dengan  $e$  = Regangan,  $\Delta L$  = pertambahan panjang ( $m$ ),  $L_o$  = panjang mula-mula ( $m$ ),  $\alpha$  = koefisien muai Panjang baja ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $\Delta T$  = perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

Modulus elastisitas merupakan angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis Ketika gaya diterapkan pada benda itu, Modulus elastis maksimum baja yaitu  $20 \times 10^{10}$ . Rumus yang digunakan untuk mencari modulus elastisitas struktur Rangka sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

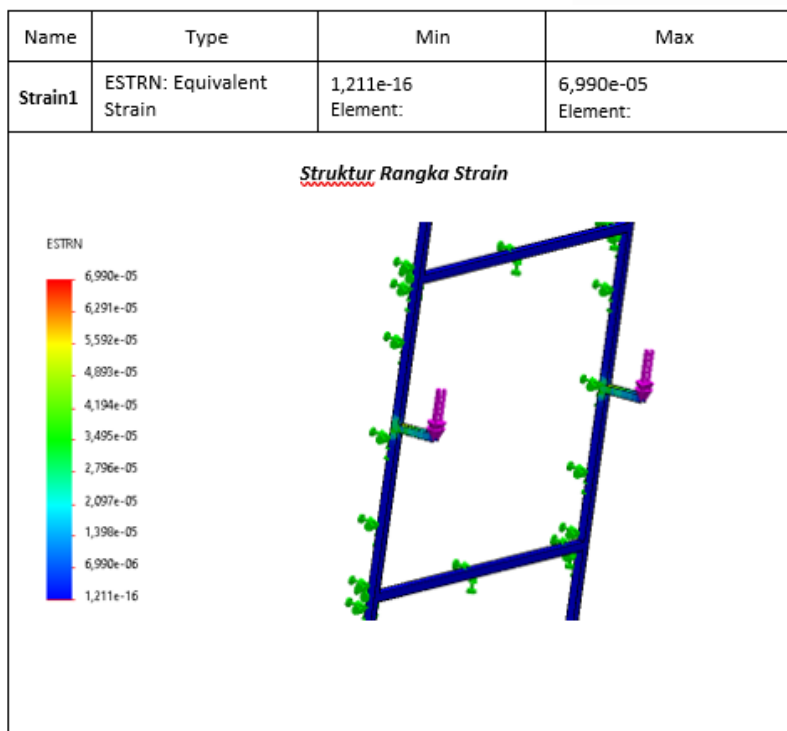
$$= \frac{9646,1879}{0,000051}$$

$$= 54,425 \text{ N/m}^2$$

dengan  $E$  = Modulus Elastisitas ( $\text{N/m}^2$ )

$\sigma$  = Tegangan ( $\text{N/m}^2$ )

$e$  = Regangan ( $m$ )



Gambar 5. Gambar Simulasi Regangan (Strain)

Menghitung *Safety Factor* bertujuan untuk mengetahui faktor keamanan Struktur Rangka, *Safety Factor* yang aman digunakan yaitu diatas nilai 1, Rumus yang digunakan untuk mencari *Safety Factor* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Safety Factor} &= \frac{\text{Yield Strength}}{\sigma_{\max}} \\ &= \frac{3,250 \times 10^8}{1,791 \times 10^3} \\ &= 18,15 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan membagi *yield strength* material dengan nilai modulus elastis didapatkan nilai *Safety Factor* sebesar 1,850. Dapat Nilai ini masih berada dibatas aman saat terkena beban yang di alami Struktur Rangka.

### Kekuatan Sambungan Las

Menghitung kekuatan las bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat struktur Rangka yang di las dengan melihat perbandingan pada simulasi *Software* 3D, untuk mencari nilai kekuatan las digunakan rumus sebagai berikut:

- Mencari nilai Tegangan Geser :

$$\begin{aligned} \sigma_g &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{892,58106}{0,092532} \\ &= 9646,1879 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

- Mencari nilai tegangan Lengkung/  
*Bending*:

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M}{Z} = \sigma_b = \frac{F.l.\sigma_g}{s.l^2} \\ &= \frac{892,58106 \times 0,035 \times 9646,1879}{0,0025 \times 0,035^2} \\ &= 9646,1879 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

- Mencari nilai tegangan Maksimum:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sigma_b + 4t^2}{s}} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{98400052808,5 + 4 \times 0,0025^2}{0,0025}} \\ &= 3,137 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan ini bertujuan mengetahui tegangan pada sambungan las struktur rangka FASSIP-04 Ver.2 Dari hasil analisis perhitungan yang telah dilakukan untuk sambungan las menggunakan elektroda E 6013, diperoleh bahwa tegangan pengelasan yang terjadi adalah sebesar  $3,137 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , sementara tegangan tarik dari bahan elektroda mencapai  $414 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ .

### KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh rancangan desain, mencari nilai kekuatan struktur rangka dan kekuatan sambungan las pada FASSIP-04 Ver.2, kesimpulan yang didapat dari penelitian ini sebagai berikut, hasil dari proses desain dan simulasi memiliki peranan yang krusial sebagai acuan sebelum memulai proses konstruksi. Hal ini penting untuk mencegah kemungkinan kegagalan yang bisa terjadi saat pelaksanaan konstruksi. Hasil Simulasi didapatkan kekuatan rangka meliputi tegangan dengan nilai maksimum  $1,791 \times \frac{10^7 \text{ N}}{\text{m}^2}$ , *displacement* dengan nilai maksimum  $5,356 \times \frac{10^{-2} \text{ N}}{\text{m}^2}$ , dan regangan dengan nilai maksimum  $6,990 \times \frac{10^{-5} \text{ N}}{\text{m}^2}$ . Struktur Rangka dinyatakan aman menerima beban support FASSIP-04 Ver.2 yaitu 91,0797 kg, karena tegangan maksimum yang dihasilkan dalam simulasi tidak lebih dari yield strength yaitu  $3,250 \times \frac{10^8 \text{ N}}{\text{m}^2}$ .

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Riset untuk Riset Inovasi untuk Indonesia Maju (RIIM) batch 1 tahun 2022-2025 dengan nomor kontrak B-811/II.7.5/FR/6/2022 dan B-2103/III.2/HK.04.03/7/2022. Terima kasih kepada Kepala Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir, Organisasi Riset Tenaga Nuklir (BATAN), dan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BATAN). Terima kasih juga kepada seluruh anggota Kelompok Riset Sistem Termal-Fluida Reaktor Nuklir (RTFSyDev). Terima kasih disampaikan kepada para mahasiswa peneliti di Kelompok Penelitian EdfEC.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Lesmana, M. Juarsa and A. A. Waskita, "MODEL ANALISIS NUMERIK PADA SIRKULASI ALAM FASA-TUNGGAL DI UNTAI

- REKTANGULAR FASSIP-01 MOD.1 BERDASARKAN POSISI HEATER," *Sigma Epsilon*, vol. 23, no. 2, pp. 70-78, November 2019.
- [2] A. Abdullah and Z. Su'ud, "ANALISIS KECELAKAAN REAKTOR AKIBAT KEGAGALAN SISTEM PEMBUANG PANAS PADA REAKTOR NUKLIR GENERASI IV," *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, pp. 106-114, Januari 2012.
- [3] A. Sofyan, J. Glusevic, A. Zulfikar and B. Umroh, "ANALYSIS OF FRAME STRENGTH ON ONION DRYER MACHINE WITH ANSYS APDL 15.0 SOFTWARE," *JMEMME*, vol. 3, pp. 20-28, Juni 2019.
- [4] I. P. M and I. S. J.S, "ANALISIS KEKUATAN SAMBUNGGAN LAS SMAW ( SHIELDED METAL ARC WELDING ) PADA MARINE PLATE ST 42 AKIBAT FAKTOR CACAT POROSITAS DAN INCOMPLETE PENETRATION," *KAPAL*, vol. 5, pp. 102-113, Juni 2008.
- [5] A. Sofyan, J. Glusevic, A. Zulfikar and B. Umroh, "ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR RANGKA MESIN PENERING BAWANG MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANSYS APDL 15.0," *JMEMME*, vol. 3, pp. 20-28, Juni 2019.
- [6] A. and M. , "PENGARUH JENIS ELEKTRODA PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL SS400," *JURNAL POLIMESIN*, vol. 17, pp. 19-25, Februari 2019.
- [7] A. R. Antariksawam, S. Widodo, M. Juarsa, D. Haryanto, M. H. Kusuma and N. Putra, "SIMULASI KONDISI OPERASIONAL SIRKULASI ALAM FASSIP-02 SISTEM PENDINGINAN EKSPERIMENTAL LOOP," pp. 41-54, Februari 2018.
- [8] R. Arindya, "STUDI KESELAMATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA NUKLIR," pp. 1 - 7.
- [9] M. Haqiqi, R. D. F. Fitriyana and K. , "Pengaruh Warna Pelapis dan Ketebalan Lapisan Pada Proses Zinc Electroplating Terhadap Laju Korosi Baja AISI 1015," *Jurnal Inovasi Mesin*, pp. 1 - 8, 2021.
- [10] M. Noufal, Giarno, J. Prasetyo, D. Haryanto and M. Juarsa, "ANALISIS UNJUK KERJA PEMANAS DAN PENDINGIN DI UNTAI FASILITAS SIMULASI SISTEM PASIF," *Sigma Epsilon*, vol. 19, pp. 92-100, Agustus 2015.
- [11] R. Reynaldi, M. H. Kusuma, G. and D. A. Wulandari, "STUDI PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA PENDINGIN PADA KONDENSATOR TERHADAP DISTRIBUSI SUHU MODEL LOOP HEAT PIPE," *Sigma Epsilon*, vol. 25, pp. 54-64, November 2021.
- [12] S. Tjipta, "Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) Menopang Kebutuhan Eenergi Listrik Nasional," pp. 162-170, Januari 2016.