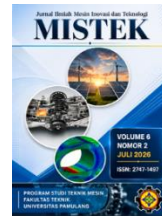




# JURNAL TEKNIK MESIN MISTEK

## MESIN INOVASI DAN TEKNOLOGI



### ANALISA KONTRUKSI ALAT UJI CREEP DENGAN MENGUNAKAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)*

Tri Mei Ismawan<sup>1</sup>, Giyanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: [Ismawan063@gmail.com](mailto:Ismawan063@gmail.com)<sup>1</sup>, [dosen01287@unpam.ac.id](mailto:dosen01287@unpam.ac.id)<sup>2</sup>

Masuk : 06 Maret 2026

Direvisi : 13 April 2026

Disetujui : 30 April 2026

**Abstrak:** Pengujian *creep* digunakan untuk mengevaluasi ketahanan material terhadap pembebanan konstan dalam jangka waktu lama. Keandalan alat uji *creep* dipengaruhi oleh kekuatan dan kekakuan konstruksi, sehingga diperlukan analisis struktur sebelum fabrikasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis konstruksi alat uji *creep* menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)* pada Autodesk Inventor dan memvalidasi hasilnya dengan perhitungan manual pada pembebanan 100 kg. Hasil analisis menunjukkan seluruh komponen memiliki tegangan *von Mises* di bawah batas luluh material dengan *safety factor* berkisar 2,4–15. Perbandingan hasil simulasi dan perhitungan manual menunjukkan selisih 0,6%–11,6%, sehingga konstruksi alat uji *creep* dinyatakan aman dan layak digunakan pada pembebanan 100 kg.

**Kata kunci:** Alat Uji Creep, Finite Element Analysis (FEA), Analisis Struktur, Tegangan von Mises, Faktor Keamanan.

**Abstract:** Creep testing is used to evaluate the resistance of materials to constant loading over an extended period. The reliability of a creep testing machine is influenced by the strength and stiffness of its structure; therefore, structural analysis is required prior to fabrication. This study aims to analyse the structural performance of a creep testing machine using the Finite Element Analysis (FEA) method in Autodesk Inventor and to validate the results through manual calculations under a 100 kg load. The analysis results indicate that all structural components have von Mises stresses below the material's yield strength, with safety factors ranging from 2.4 to 15. The comparison between the FEA simulation and manual calculations shows a difference of 0.6%–11.6%, indicating good agreement. Therefore, the creep testing machine structure is considered safe and suitable for operation under a 100 kg load.

**Keywords:** Creep Testing Machine, Finite Element Analysis (FEA), Structural Analysis, Von Mises Stress, Safety Factor.

### PEDAHULUAN

*Creep* merupakan deformasi permanen yang terjadi secara bertahap akibat pembebanan konstan dalam waktu lama, terutama pada temperatur tinggi[1]. Menurut Callister dan Dieter, *creep* merupakan mekanisme kegagalan yang perlu dipertimbangkan pada komponen yang beroperasi pada temperatur tinggi. Oleh karena itu, pemahaman terhadap perilaku *creep* penting dalam pemilihan material dan perancangan komponen yang andal[2].

Dalam proses perancangan suatu alat, pemilihan material harus disesuaikan dengan kondisi aplikasi dengan mempertimbangkan sifat mekaniknya, seperti kekuatan, kekakuan, kekerasan, dan ketangguhan[3]. Kekuatan material dapat dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)*, yaitu metode

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto**, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)

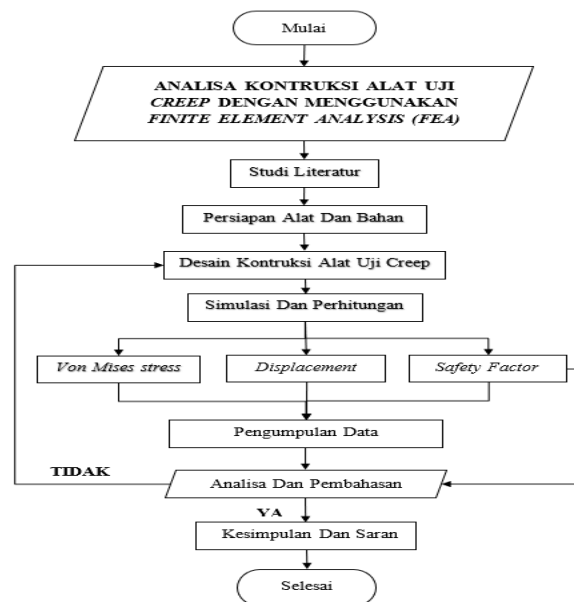
analisis numerik berbasis *Computer Aided Engineering* (CAE) yang digunakan untuk memodelkan dan mengevaluasi respons struktur terhadap pembebanan secara virtual.[4].

Perancangan konstruksi alat uji *creep* memerlukan analisis untuk memastikan kekuatan dan keamanan struktur. Oleh karena itu, dilakukan simulasi menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada perangkat lunak CAD dengan pembebanan 100 kg untuk memperoleh nilai tegangan *von Mises*, *displacement*, dan *safety factor*[5]. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi kelayakan konstruksi sehingga penelitian ini mengangkat judul "Analisis Konstruksi Alat Uji Creep Menggunakan Metode Finite Element Analysis (FEA)".

## METODOLOGI

Metodologi penelitian merupakan tahapan sistematis yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian. Penelitian ini diawali dengan studi literatur, dilanjutkan pemodelan tiga dimensi menggunakan Autodesk Inventor Professional. Model kemudian dianalisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) dengan pembebanan 100 kg untuk memperoleh nilai tegangan *Von Mises*, *displacement*, dan *safety factor*. Hasil simulasi selanjutnya divalidasi melalui perhitungan teoritis dan digunakan untuk mengevaluasi kekuatan, kekakuan, serta kelayakan konstruksi alat uji *creep*.

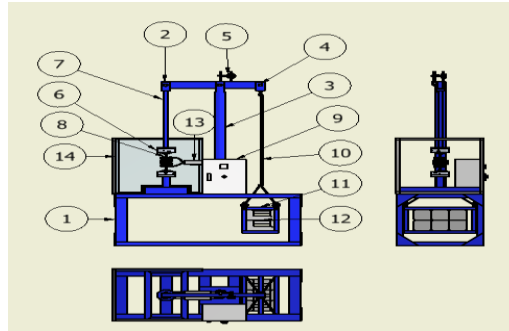
### Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir

### Gambar Konsep Alat Uji Creep

Tri Mei Ismawan dan Giyanto, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)

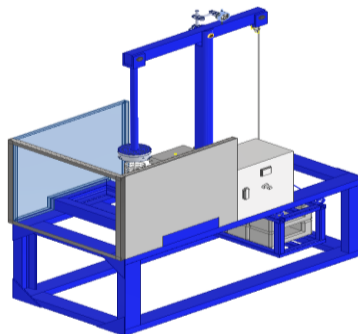


Gambar 2. Gambar Konsep Alat Uji *Creep* (Dok. Pribadi)

Gambar konsep alat uji *creep* menunjukkan suatu sistem yang terintegrasi yang dirancang untuk melakukan pengujian *creep* pada material dengan pembebanan konstan pada temperatur tertentu. Alat uji *creep* memiliki beberapa komponen utama, yaitu:

1. Rangka
2. Batang Penyangga Beban
3. Batang Penyangga Utama
4. Pin
5. Dial indikator
6. Chuck Penjepit
7. Batang Penarik Spesimen
8. Spesimen
9. Kontrol Panel
10. Tali Seling Penghubung
11. Rangka Pemberat
12. Beban
13. Induksi Pemanas
14. Caver Pelindung

#### Desain Gambar Alat Uji *Creep*



Gambar 3. Desain Alat Uji *Creep* (Dok. Pribadi)

#### Prosedur Pengujian

Perancangan konstruksi alat uji *creep* diawali dengan pembuatan model tiga dimensi (3D) menggunakan Autodesk Inventor Professional 2023. Selanjutnya dilakukan perhitungan struktur dan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) untuk memperoleh nilai tegangan *von Mises*, *displacement*, dan *safety factor*. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan perhitungan teoritis sebagai validasi analisis struktur.

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto**, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)

### Data Spesifikasi Bahan

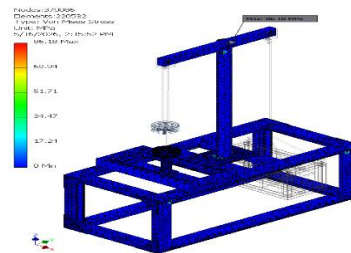
Pada Autodesk Inventor, material ditentukan pada setiap *part* selama proses pemodelan dan diverifikasi kembali saat simulasi. Material yang digunakan pada konstruksi alat uji *creep* adalah baja ST 37 untuk komponen batang penyangga utama, batang penyangga beban, dan rangka, sedangkan komponen pin menggunakan material *stainless steel*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Simulasi Tegangan Von Misses Stess

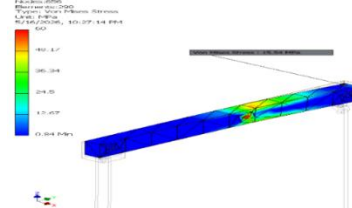
Berdasarkan hasil simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) dengan pembebanan sebesar 100 kg, diperoleh distribusi tegangan *von Mises* pada komponen alat uji *creep*, yaitu batang penyangga utama, batang penyangga beban, pin, dan rangka, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut:

- 1) Hasil simulasi *von misses stress* pada batang penyangga utama dapat dilihat pada gambar 4.



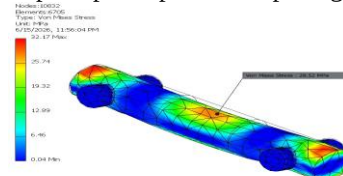
Gambar 4. Hasil simulasi Tegangan Von Misses Batang Penyangga Utama

- 2) Hasil simulasi *von misses stress* pada batang penyangga beban dapat dilihat pada gambar 5.



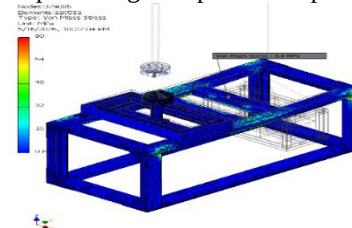
Gambar 5. Hasil simulasi Tegangan Von Misses Batang Penyangga Beban

- 3) Hasil simulasi *von misses stress* pada pin dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil simulasi Tegangan Von Misses Pin

- 4) Hasil simulasi *von misses stress* pada rangka dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil simulasi Tegangan Von Misses Rangka

Tabel 1. Hasil Tegangan *Von Misses Stress*

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto**, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)

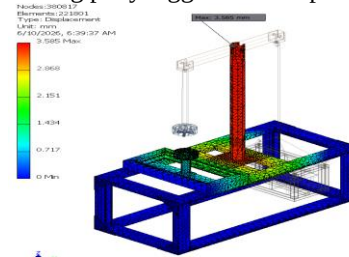
|                          | Penyangga Utama | Penyangga Beban | Pin       | Rangka  |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|
| <i>Von Misses Stress</i> | 86.18 Mpa       | 15.54 Mpa       | 28.54 Mpa | 8.8 Mpa |

Berdasarkan hasil simulasi *von Mises stress* dengan pembebanan 100 kg, diperoleh nilai tegangan pada empat komponen utama alat uji *creep*. Batang penyangga utama memiliki tegangan sebesar 86,18 MPa, batang penyangga beban 15,54 MPa, pin 28,52 MPa, dan rangka 8,8 MPa. Seluruh nilai tegangan tersebut masih berada di bawah batas kekuatan luluh (*yield strength*) material yang digunakan, sehingga konstruksi alat uji *creep* dinyatakan aman dan mampu menahan pembebanan sebesar 100 kg.

### Hasil Simulasi Tegangan *Displacement*

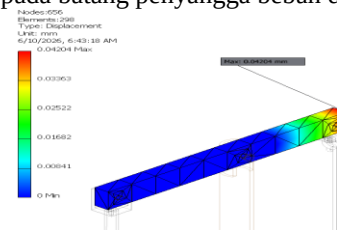
*Displacement* menunjukkan besarnya perpindahan atau lendutan yang terjadi pada konstruksi akibat pembebanan. Pada hasil simulasi, nilai *displacement* ditampilkan melalui gradasi warna, di mana warna merah menunjukkan perpindahan maksimum dari posisi awal. Berdasarkan simulasi alat uji *creep* dengan pembebanan 100 kg, diperoleh nilai *displacement* maksimum sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8, dari simulasi yang dilakukan pada alat uji *creep* dengan beban 100 kg yaitu :

- 1) Hasil simulasi *displacement* batang penyangga utama dapat dilihat pada gambar 8.



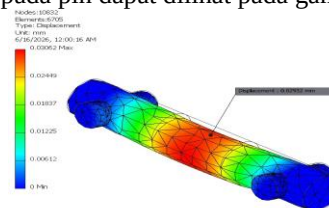
Gambar 8. Hasil Simulasi *Displacement* Batang Penyangga Utama

- 2) Hasil simulasi *displacement* pada batang penyangga beban dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil Simulasi *Displacement* Batang Penyangga Beban

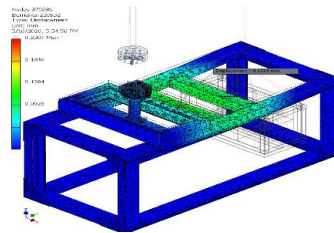
- 3) Hasil simulasi *displacement* pada pin dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Simulasi *Displacement* Pin

- 4) Hasil simulasi *displacement* pada rangka dapat dilihat pada gambar 11.

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto**, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)



Gambar 11. Hasil Simulasi *Displacement* Rangka

Tabel 2. Hasil Tegangan *Displacement*

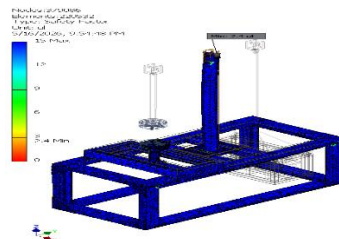
|                     | Peyangga Utama | Penyangga Beban | Pin       | Rangka   |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------|----------|
| <i>Displacement</i> | 3.585 mm       | 0.04204 mm      | 0.0293 mm | 0.132 mm |

Berdasarkan hasil simulasi *displacement* dengan pembebanan 100 kg, diperoleh nilai perpindahan pada empat komponen utama alat uji *creep*. Batang penyangga utama mengalami *displacement* sebesar 3,585 mm, batang penyangga beban 0,04204 mm, pin 0,029 mm, dan rangka 0,132 mm. Nilai *displacement* tersebut menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi masih berada dalam batas yang diizinkan, sehingga konstruksi alat uji *creep* tetap stabil dan aman digunakan pada pembebanan 100 kg.

#### Hasil Simulasi *Safety Factor*

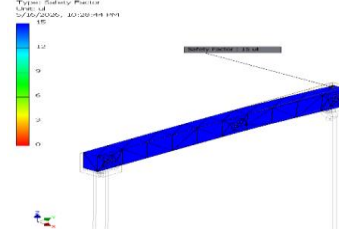
*Safety factor* merupakan parameter yang digunakan untuk menilai tingkat keamanan suatu elemen mesin terhadap pembebanan. Komponen dengan nilai *safety factor* lebih dari 2 dinyatakan masih aman dari risiko kegagalan. Pada hasil simulasi, warna biru menunjukkan daerah dengan tingkat keamanan tertinggi, sedangkan warna merah menunjukkan daerah dengan tingkat keamanan terendah. Distribusi *safety factor* pada pembebanan 100 kg ditunjukkan pada gambar berikut.:

- 1) Hasil simulasi *safety factor* pada batang penyangga utama dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Hasil Simulasi *Safety Factor* Batang Penyangga Utama

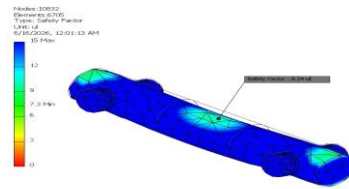
- 2) Hasil simulasi *safety factor* pada batang penyangga beban dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Hasil Simulasi *Safety Factor* Batang Penyangga Beban

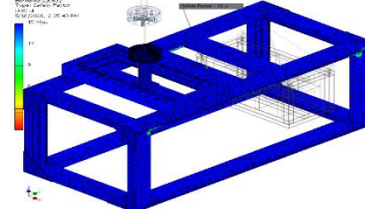
- 3) Hasil simulasi *safety factor* pada pin dapat dilihat pada gambar 14.

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto,** Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)



Gambar 14. Hasil Simulasi *Safety Factor* Pin

- 4) Hasil simulasi *safety factor* pada rangka dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Hasil Simulasi *Safety Factor* Rangka

Tabel 3. Hasil *Safety Factor*

|                      | Peyangga Utama | Penyangga Beban | Pin  | Rangka |
|----------------------|----------------|-----------------|------|--------|
| <i>Safety Factor</i> | 2.4            | 15              | 8.24 | 15     |

Berdasarkan hasil simulasi *Safety factor* dengan beban 100 kg dan analisa 4 bagian komponen menghasilkan nilai *safety factor* dari masing masing 4 bagian tersebut yaitu nilai *safety factor* pada komponen batang penyangga utama adalah 2.4, nilai *safety factor* pada batang penyangga beban yaitu 15, nilai *safety factor* pada komponen Pin adalah 8.24, dan nilai *safety factor* pada komponen rangka adalah 15.

### Perhitungan Manual Teoritis

#### Perhitungan Batang Penyangga Utama

Analisis pada batang penyangga utama dilakukan untuk mengevaluasi respons struktur akibat pembebanan. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *von Mises*, *displacement*, dan *safety factor*.

- 1) Perhitungan Tegangan Geser

Luas penampang dapat dihitung yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \\
 A &= \frac{3,14}{4} (75^2 - 55^2) \\
 A &= \frac{3,14}{4} (5625 - 3025) \\
 A &= \frac{3,14}{4} (2600) \\
 A &= 2039 \text{ mm}^2 \\
 \text{Tegangan geser:} \\
 \tau &= \frac{F}{A} \\
 \tau &= \frac{1962}{2039} \\
 \tau &= 0,96 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- 2) Perhitungan Tegangan Von Misses

Tegangan *von Mises* digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan material mengalami kegagalan akibat kombinasi tegangan normal dan tegangan geser yang bekerja pada komponen

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto**, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)

Tegangan *von misses stress* dapat di hitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} \\ \sigma_v &= \sqrt{(86,68)^2 + 3(0,96)^2} \\ \sigma_v &= \sqrt{7518,9 + 2,76} \\ \sigma_v &= 86,70 \text{ MPa}\end{aligned}$$

3) Perhitungan *Displacement*

Rumus :

$$\begin{aligned}\delta_{max} &= \frac{FL^3}{3EI} \\ \delta_{max} &= \frac{981 \times 1300^3}{3 \times 200000 \times 1.103.142}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}1300^3 &= 2.197.000.000 \\ \delta_{max} &= \frac{981 \times 2.197.000.000}{661.885.200.000} \\ \delta_{max} &= \frac{2.155.257.000.000}{661.885.200.000} \\ \delta_{max} &= 3,26 \text{ mm}\end{aligned}$$

4) Perhitungan Faktor Keamanan

Faktor keamanan digunakan untuk mengetahui tingkat keamanan desain terhadap kegagalan material. Nilainya diperoleh dari perbandingan antara tegangan izin material dengan tegangan aktual hasil perhitungan *Von Mises*. Diketahui material ST 37 memiliki tegangan luluh (*yield strength*)  $\sigma_y = 235 \text{ MPa}$ .

Rumus *Safety Factor* :

$$\begin{aligned}sf &= \frac{\sigma_y}{\sigma_v} \\ sf &= \frac{235}{86,70} \\ sf &= 2,71\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan manual, diperoleh tegangan *von Mises* hasil simulasi sebesar 86,18 MPa, sedangkan hasil perhitungan manual sebesar 86,7 MPa. Nilai *displacement* hasil simulasi sebesar 3,585 mm, lebih besar dibandingkan hasil manual sebesar 3,26 mm. Adapun *safety factor* hasil simulasi sebesar 2,4, lebih rendah dibandingkan hasil perhitungan manual sebesar 2,71. Perbedaan tersebut relatif kecil sehingga menunjukkan kesesuaian yang baik antara hasil simulasi dan perhitungan manual.

Tabel 1. Perbandingan hasil simulasi dan manual teoritis batang penyangga utama

| Batang Penyangga Utama   |           |          |           |
|--------------------------|-----------|----------|-----------|
| Item                     | Simulasi  | Manual   | Perbedaan |
| <i>Von Misses Stress</i> | 86,18 Mpa | 86,7 Mpa | 0,6%      |
| <i>Displacement</i>      | 3,585 mm  | 3,26 mm  | -10,0%    |
| <i>Safety Factor</i>     | 2,4       | 2,71     | 11,4%     |

Nilai *safety factor*  $\geq 2$  telah memenuhi kriteria keamanan untuk konstruksi dengan pembebanan statis, sedangkan nilai  $\geq 3$  direkomendasikan untuk pembebanan dinamis. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *safety factor* minimum pada konstruksi alat uji *creep* sebesar 2,4, sedangkan komponen lainnya memiliki nilai yang lebih tinggi. Dengan demikian, seluruh komponen konstruksi memenuhi kriteria keamanan untuk kondisi pembebanan statis dan dinyatakan aman serta layak digunakan sesuai dengan beban yang direncanakan.

### Perhitungan Batang Penyangga Beban

Analisis pada batang penyangga beban dilakukan untuk mengevaluasi respons struktur akibat pembebanan selama proses pengujian. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *von Mises*, *displacement*, dan *safety factor*.

1) Perhitungan Tegangan Lentur

Jarak serat terluar:

$$y = \frac{h}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = \frac{My}{I}$$

$$\sigma_b = \frac{343.350 \times 30}{720.000}$$

$$\sigma_b = 14,31 \text{ MPa}$$

2) Perhitungan Tegangan Geser

Luas penampang:

$$A = b \cdot h = 40 \times 60 = 2400 \text{ mm}^2$$

Tegangan Geser :

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

$$\tau = \frac{981}{2400}$$

$$\tau = 0,408 \text{ MPa}$$

3) Tegangan Von Mises

Tegangan *Von Mises* digunakan untuk mengetahui kemungkinan material mengalami kegagalan akibat kombinasi tegangan bending dan geser. Tegangan *von misses stress* dapat di hitung sebagai berikut :

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{(14,31)^2 + 3(0,408)^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{204,77 + 0,499}$$

$$\sigma_v = 14,32 \text{ MPa}$$

4) Perhitungan *Displacement* Penyangga Beban

Rumus:

$$\delta_{max} = \frac{FL^3}{48EI}$$

Maka:

$$\delta_{max} = \frac{981 \times 700^3}{48 \times 200000 \times 720000}$$

$$\delta_{max} = \frac{981 \times 343000000}{69120000000}$$

$$\delta_{max} = 0,0487 \text{ mm}$$

5) Perhitungan Faktor Keamanan

*Safety factor* digunakan untuk mengevaluasi tingkat keamanan suatu komponen terhadap kegagalan material. Nilainya diperoleh dari perbandingan antara tegangan luluh (*yield strength*) material dengan tegangan *von Mises*. Pada penelitian ini, material ST 37 memiliki tegangan luluh (*yield strength*) sebesar 235 Mpa.

Rumus *Safety Factor* :

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto**, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)

$$sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_v}$$

$$sf = \frac{235}{14,32}$$

$$sf = 16,41$$

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan simulasi, diperoleh tegangan *von Mises* hasil simulasi sebesar 15,54 MPa, sedangkan hasil perhitungan manual sebesar 14,32 MPa. Nilai *displacement* hasil simulasi sebesar 0,0420 mm, lebih kecil dibandingkan hasil manual sebesar 0,0487 mm. Adapun *safety factor* hasil simulasi sebesar 15, lebih rendah dibandingkan hasil perhitungan manual sebesar 16,41. Perbedaan tersebut relatif kecil sehingga menunjukkan kesesuaian yang baik antara hasil simulasi dan perhitungan manual.

Tabel 5. Perbandingan hasil simulasi dan manual batang penyangga beban

| Batang Penyangga Beban   |           |           |           |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Item                     | Simulasi  | Manual    | Perbedaan |
| <i>Von Misses Stress</i> | 15,54 Mpa | 14,32 Mpa | -8,5%     |
| <i>Displacement</i>      | 0,0420 mm | 0,0487 mm | 13,7%     |
| <i>Safety Factor</i>     | 15        | 16,41     | 8,6%      |

### Perhitungan Pin

Analisis pada pin dilakukan untuk mengevaluasi respons struktur akibat pembebanan selama proses pengujian. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *von Mises*, *displacement*, dan *safety factor* sebagai indikator kinerja pin sebagai elemen penghubung utama.

#### 1) Perhitungan Tegangan Bending

Tegangan bending terjadi akibat momen lentur pada pin. Persamaan tegangan bending:

$$\sigma_b = \frac{My}{I}$$

Dimana:

$$y = \frac{D}{2}$$

$$y = \frac{20}{2} = 10 \text{ mm}$$

Maka :

$$\sigma_b = \frac{19620(10)}{7853.98}$$

$$\sigma_b = \frac{196200}{7853.98}$$

$$\sigma_b = 24.98 \text{ MPa}$$

#### 2) Perhitungan Tegangan Geser

Pin menerima gaya geser akibat pembebanan vertikal. Karena pin ditahan pada dua sisi, maka kondisi yang terjadi adalah double shear.

Persamaan tegangan geser :

$$\tau = \frac{F}{2A}$$

$$\tau = \frac{1962}{2(314.16)}$$

$$\tau = \frac{1962}{628.32}$$

$$\tau = 3.12 \text{ MPa}$$

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto**, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)

3) Perhitungan Tegangan *Von Mises*

Tegangan *von Mises* digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan terjadinya kegagalan material akibat kombinasi tegangan lentur (*bending*) dan tegangan geser yang bekerja pada pin.

Tegangan *von misses stress* dapat di hitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} \\ \sigma_v &= \sqrt{(24.98)^2 + 3(3.12)^2} \\ \sigma_v &= \sqrt{624 + 29.20} \\ \sigma_v &= \sqrt{653.20} \\ \sigma_v &= 25.56 \text{ MPa}\end{aligned}$$

4) Perhitungan *Displacement* Pin

*Displacement* atau perpindahan terjadi akibat deformasi elastis pin saat menerima pembebanan.

Persamaan *displacement* balok sederhana:

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI}$$

Dengan:

$$\begin{aligned}F &= 1962 \text{ N} \\ L &= 96 \text{ mm} \\ E &= 200000 \text{ MPa} \\ I &= 7853.98 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{1962(96)^3}{48(200000)(7853.98)} \\ \delta &= \frac{17354723328}{75398208000} \\ \delta &= 0.023 \text{ mm}\end{aligned}$$

5) Perhitungan Faktor Keamanan

*Safety factor* digunakan untuk mengevaluasi tingkat keamanan komponen terhadap kegagalan material. Nilainya diperoleh dari perbandingan antara tegangan luluh (*yield strength*) material dengan tegangan *von Mises*. Pada penelitian ini, material *stainless steel* memiliki tegangan luluh (*yield strength*) sebesar 215 MPa.

Persamaan *safety factor*:

$$sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_v}$$

Maka :

$$\begin{aligned}sf &= \frac{215}{25.56} \\ sf &= 8.41\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis pada pin, diperoleh nilai tegangan *von Mises* hasil simulasi sebesar 27,63 MPa, sedangkan hasil perhitungan teoritis sebesar 25,56 MPa. Nilai *displacement* hasil simulasi sebesar 0,0283 mm, lebih besar dibandingkan hasil teoritis sebesar 0,023 mm. Adapun *safety factor* hasil simulasi sebesar 8,5, sedikit lebih tinggi dibandingkan hasil teoritis sebesar 8,41. Perbedaan tersebut relatif kecil sehingga menunjukkan kesesuaian yang baik antara hasil simulasi dan perhitungan teoritis.

Tabel 6. Perbandingan hasil simulasi dan manual pin

| Pin  |          |        |           |
|------|----------|--------|-----------|
| Item | Simulasi | Manual | Perbedaan |

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto**, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)

|                          |            |           |         |
|--------------------------|------------|-----------|---------|
| <i>Von Misses Stress</i> | 28,52 Mpa  | 25,56 Mpa | -11,58% |
| <i>Displacement</i>      | 0,02932 mm | 0,023 mm  | -27,48% |
| <i>Safety Factor</i>     | 8,24       | 8,41      | 2,02%   |

### Perhitungan Rangka

Analisis pada rangka utama dilakukan untuk mengevaluasi respons struktur akibat pembebanan yang bekerja pada sistem rangka. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *von Mises*, *displacement*, dan *safety factor* untuk menilai kekuatan, kekakuan, serta tingkat keamanan rangka.

#### 1) Tegangan Lentur

Rumus:

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

$$y = \frac{L}{2} = \frac{80}{2} = 40$$

Maka :

$$\sigma = \frac{294300 \times 40}{1.2 \times 10^6}$$

$$\sigma = 9.81 \text{ MPa}$$

#### 2) Perhitungan Tegangan Von Mises

Untuk pembebanan lentur sederhana

Karena tegangan geser kecil:

$$\tau = 0$$

Maka :

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{(9.81)^2 + 3(1)^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{99.2361}$$

$$\sigma_v = 9.96 \text{ MPa}$$

#### 3) Perhitungan Displacement Rangka

Rumus lendutan maksimum:

$$\delta_{max} = \frac{FL^3}{48EI}$$

Maka :

$$\delta = \frac{981(1200)^3}{48(200000)(1.2 \times 10^6)}$$

$$\delta = 0.147 \text{ mm}$$

#### 4) Perhitungan Faktor Keamanan

*Safety factor* digunakan untuk mengevaluasi tingkat keamanan rangka terhadap kegagalan material. Nilainya diperoleh dari perbandingan antara tegangan luluh (*yield strength*) material dengan tegangan *von Mises*. Pada penelitian ini, material ST 37 memiliki tegangan luluh (*yield strength*) sebesar 235 MPa.

Rumus:

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_v}$$

$$SF = \frac{235}{9.81}$$

$$SF = 23.95$$

Berdasarkan hasil perbandingan antara simulasi dan perhitungan manual pada rangka, diperoleh nilai tegangan *von Mises* hasil simulasi sebesar 8,8 MPa, sedangkan hasil perhitungan manual sebesar 9,96 MPa.

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto**, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)

Nilai *displacement* hasil simulasi sebesar 0,1324 mm, lebih kecil dibandingkan hasil perhitungan manual sebesar 0,147 mm. Adapun *safety factor* hasil simulasi sebesar 15, lebih rendah dibandingkan hasil perhitungan manual sebesar 23,95. Perbedaan tersebut masih relatif kecil sehingga menunjukkan kesesuaian yang baik antara hasil simulasi dan perhitungan manual. Seluruh nilai tegangan juga masih berada di bawah batas luluh material ST 37, sehingga rangka dinyatakan aman terhadap pembebanan sebesar 100 kg.

Tabel 7. Perbandingan hasil simulasi dan manual rangka

| Rangka                   |           |          |           |
|--------------------------|-----------|----------|-----------|
| Item                     | Simulasi  | Manual   | Perbedaan |
| <i>Von Misses Stress</i> | 8,8 Mpa   | 9,96 Mpa | 11,6%     |
| <i>Displacement</i>      | 0,1324 mm | 0,147 mm | 9,9%      |
| <i>Safety Factor</i>     | 15        | 23,95    | 37,4%     |

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa kontruksi alat uji *creep* dengan pembebanan 100 kg , didapatkan hasil perhitungan secara teoritis dan hasil perhitungan secara simulasi *FEA* dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan hasil perhitungan teoritis, batang penyangga utama memiliki tegangan *von Mises* sebesar 86,70 MPa, *displacement* 3,26 mm, dan *safety factor* 2,71. Batang penyangga beban memiliki tegangan *von Mises* sebesar 14,32 MPa, *displacement* 0,0487 mm, dan *safety factor* 16,41. Pin memiliki tegangan *von Mises* sebesar 25,56 MPa, *displacement* 0,023 mm, dan *safety factor* 8,41. Sementara itu, rangka memiliki tegangan *von Mises* sebesar 9,96 MPa, *displacement* 0,147 mm, dan *safety factor* 23,95. Seluruh komponen memiliki tegangan di bawah batas tegangan luluh material ST 37 dan *stainless steel* pada pin, sehingga secara teoritis konstruksi alat uji *creep* dinyatakan aman terhadap pembebanan sebesar 100 kg.
- 2) Berdasarkan hasil simulasi *Finite Element Analysis* (FEA), batang penyangga utama memiliki tegangan *von Mises* sebesar 86,18 MPa, *displacement* 3,585 mm, dan *safety factor* 2,40. Batang penyangga beban memiliki tegangan *von Mises* sebesar 15,54 MPa, *displacement* 0,0420 mm, dan *safety factor* 15. Pin memiliki tegangan *von Mises* sebesar 28,52 MPa, *displacement* 0,0293 mm, dan *safety factor* 8,24. Sementara itu, rangka memiliki tegangan *von Mises* sebesar 8,80 MPa, *displacement* 0,1324 mm, dan *safety factor* 15. Seluruh komponen memiliki tegangan di bawah batas tegangan luluh material ST 37 dan *stainless steel* pada pin, dengan *safety factor* lebih besar dari 2, sehingga konstruksi alat uji *creep* dinyatakan aman terhadap pembebanan statis sebesar 100 kg.
- 3) Perbandingan antara perhitungan teoritis dan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) menunjukkan kesesuaian yang baik pada seluruh komponen alat uji *creep*. Selisih tegangan *von Mises* pada batang penyangga utama, batang penyangga beban, pin, dan rangka masing-masing sebesar 0,6%, 8,5%, 11,6%, dan 11,6%. Perbedaan *displacement* dan *safety factor* juga relatif kecil, sehingga hasil simulasi FEA dinilai telah tervalidasi oleh perhitungan teoritis dan dapat digunakan untuk mengevaluasi kekuatan, kekakuan, dan keamanan konstruksi alat uji *creep*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Springer, S., Röcklinger, A., Leitner, M., Grün, F., Gruber, T., Lasnik, M., & Oberwinkler, B. (2022). Implementation of a viscoplastic substrate creep model in the thermomechanical simulation of the WAAM process. *Welding in the World*, 66(3), 441–453. <https://doi.org/10.1007/s40194-021-01232-x>

**Tri Mei Ismawan dan Giyanto**, Analisa Kontruksi Alat Uji Creep Dengan Menggunakan Finite Element Analysis (Fea)

- [2] Langdon, T. G. (2025). Review: developments in the creep of materials over a period of more than a century. *Journal of Materials Science*, 60(39), 18158–18176. <https://doi.org/10.1007/s10853-025-10922-6>
- [3] Amriansyah. (2021). Mekanika Kekuatan Material. *Andrew's Disease of the Skin Clinical Dermatology*, 8. [https://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/14431/1/BA - Amriansyah - Mekanika Kekuatan Material.pdf](https://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/14431/1/BA%20-%20Amriansyah%20-%20Mekanika%20Kekuatan%20Material.pdf)
- [4] Maulana, I. T., Zohari, A., Wardoyo, A. S., & Heryanto, P. A. (2021). Analisa Desain Rangka Alat Compact Heat Induction Press Menggunakan Metode Finite Element Analysis. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 5(2), 83. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v5i2.894>
- [5] Syahril Garindra, Rachmat Dwi Sampurno, & Sailon Sailon. (2024). Simulasi Tegangan pada Rangka Sepeda Motor ESAF Menggunakan Metode Finite Element Analysis. *Jurnal Sains Dan Ilmu Terapan*, 7(2), 101–107. <https://doi.org/10.59061/jsit.v7i2.846>