



## SIMULASI SWING DRIVE SEBAGAI SENDI PENGHUBUNG STRUKTUR ATAS DENGAN RANGKA PADA EXCAVATOR PROTOTYPE MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR

Arif Afsintus Lumban Tobing<sup>1</sup>, Giyanto<sup>2</sup>, Nur Rohmat<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : [afsintus11@gmail.com](mailto:afsintus11@gmail.com)<sup>1</sup>, [dosen01247@unpam.ac.id](mailto:dosen01247@unpam.ac.id)<sup>2</sup>, [dosen00597@unpam.ac.id](mailto:dosen00597@unpam.ac.id)<sup>3</sup>

Masuk : 19 September 2022

Direvisi: 10 Oktober 2022

Disetujui: 31 Oktober 2022

**Abstract:** Swing Drive works as a hinge between the excavator body and the excavator frame, this object is able to move the excavator body to rotate 360°. The purpose of this study is to design a swing drive image and analyze the von Mises stress, displacement and safety factor on torque on the gear pinion shaft which is designed as a connecting link between the upper structure and the frame on the excavator prototype. The material to be tested is Steel AISI 1045. This research stage aims to analyze the value of Von Misses stress, Displacement and the permissible safety factor with 3 variations of loading, namely 100 kg, 150 kg and 200 kg which will be simulated using finite software elements, namely Autodesk Inventor Professional. Based on the von misses stress test with the first load of 100 kg of torque 63,700 Nmm, the second load of 150 kg of torque 95,550 Nmm and the third load of 200 kg of torque of 127,400 Nmm, the stress received is 21.34 Mpa, 31.4 Mpa and 41.47 Mpa, displacement testing with the first load of 100 kg of torque 63,700 Nmm, the second load of 150 kg of torque of 95,550 Nmm and the third load of 200 kg of torque of 127,400 Nmm, Then the changes in the accepted form are 0.01 mm, 0.02 mm and 0.03 mm and factor testing safety with the first load of 100 kg of torque 63,700 Nmm, the second load of 150 kg of torque 95,550 Nmm and the third load of 200 kg of torque of 127,400 Nmm, then the accepted safety factors are 15, 10.41 and 7.89. As for the maximum stress that occurs in the pinion gear with a load weight of 980 N, 1470 N, and 1960 N, the maximum stress is 15.6 Mpa, 23.39 Mpa and 31.18 Mpa.

**Keywords:** Swing Drive, Gear Pinion Shaft, Simulation.

**Abstrak:** Swing Drive berfungsi sebagai engsel antara body excavator dengan rangka excavator, benda ini mampu menggerakkan body excavator dapat berputar 360°. Tujuan dari penelitian ini ialah membuat desain gambar swing drive dan menganalisis von mises stress, displacement dan safety factor terhadap torsi pada gear pinion shaft yang di rancang sebagai sendi penghubung struktur atas dengan rangka pada excavator prototype. Bahan yang akan diuji adalah Steel AISI 1045. Tahapan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai Von Misses stress, Displacement dan safety factor yang diizinkan dengan 3 variasi pembebanan yaitu 100 kg, 150 kg dan 200 kg yang akan disimulasikan menggunakan software elemen hingga yaitu Autodesk Inventor Profesional. Berdasarkan hasil pengujian von misses stress dengan beban pertama 100 kg torsi 63,700 Nmm, beban kedua 150 kg torsi 95,550 Nmm dan beban ketiga 200 kg torsi 127,400 Nmm, Maka tegangan yang diterima sebesar 21,34 Mpa, 31,4 Mpa dan 41,47 Mpa, pengujian displacement dengan beban pertama 100 kg torsi 63,700 Nmm, beban kedua 150 kg torsi 95,550 Nmm dan beban ketiga 200 kg torsi 127,400 Nmm, Maka perubahan bentuk yang diterima sebesar 0,01 mm, 0,02 mm dan 0,03 mm dan pengujian safety factor dengan beban pertama 100 kg torsi 63,700 Nmm, beban kedua 150 kg torsi 95,550 Nmm dan beban ketiga 200 kg torsi 127,400 Nmm, Maka faktor keamanan yang diterima sebesar 15, 10,41 dan 7,89. Sedangkan untuk tegangan lentur maksimum yang terjadi pada roda gigi pinion dengan berat beban 980 N, 1470 N, dan 1960 N menghasilkan tegangan lentur maksimum sebesar 15,6 Mpa, 23,39 Mpa dan 31,18 Mpa.

**Kata kunci:** Swing Drive, Gear Pinion Shaft, Simulasi.

## PENDAHULUAN

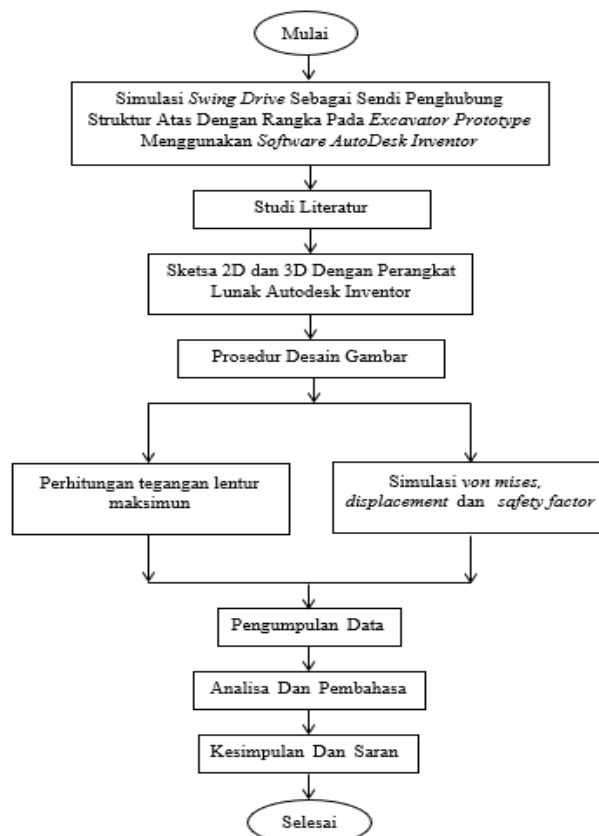
Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ini berdampak besar kepada pekerjaan-pekerjaan yang membutuhkan kecepatan dan ketepatan di bidang-bidang seperti industri dan pertambangan. Hingga pada era saat ini dituntut buat jadi sumber energi manusia yang bermutu besar supaya sanggup buat menyeimbangkan kemajuan teknologi. Dalam dunia industri ataupun pertambangan perlengkapan berat ialah sesuatu perlengkapan yang sangat diperlukan buat memesatkan sesuatu pekerjaan. Khususnya excavator yang merupakan salah alat berat yang berpengaruh di industri dan pertambangan [1].

*Excavator* merupakan alat berat yang dipakai untuk memindahkan material dari satu tempat ke tempat yang lain. *Excavator* terdiri dari sasis beroda atau rel yang berputar pada platform dengan lengan yang diartikulasikan untuk melakukan pekerjaan [2]. Pompa memasok aliran oli ke sistem hidrolik dan bekerja dengan mesin untuk menggerakkan sistem hidrolik. Struktur atas (*Upperstructure*) ialah *attachment excavator* tidak dapat mengisolasi gerakan lengan ayun dari *implement* ketika struktur atas mampu melakukan gerakan ayun 360°, karena fungsi attachment sangat dipengaruhi oleh kondisi dan pergerakan struktur atas. Penggerak ayun (*swing drive*) *excavator* pengguna motor ayun. *Swing Drive* berperan selaku engsel antara *body excavator* dengan rangka *excavator*, Barang ini sanggup menggerakkan *body excavator* bisa berbalik 360°. *Excavator* tidak hanya dapat bergerak maju dan mundur tetapi juga ke kiri dan kanan. Gerakan rotasi dilakukan oleh Gerakan penggerak putar [3].

## METODOLOGI

Metodologi penelitian yang umum adalah proses penelitian yang mencakup survey, tes dan simulasi. Metodolpgi yang akan dipakai dalam penelitian meliputi pengumpulan data dengan inspeksi data, pengumpulan data visual, data desain, sampel bahan uji, pengujian, tinjauna pustaka untuk mendukung pengujian hipotesis dan data untuk menentukan kelayakan operasional yang dimulai dengan pengolahan dan analisis.

### Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Flowchart Proses Penelitian

Proses penelitian analisis penggerak ayun (*swing dive*) *excavator prototype* secara umum proses penelitian yang dilakukan untuk menetapkan studi kelayakan dari sistem penggerak ayun *excavator* ialah:

1. Pengenalan masalah
2. Kesibukan untuk mengumpulkan data
3. Inspeksi visual dan mengukur ukuran
4. Tes laboratorium dan analisis kinetik
5. Analisis, pembahasan dan evaluasi kepatutan operasi
6. Kesimpulan dan saran

## **Tempat Dan Waktu Penelitian**

### **Tempat Penelitian**

Tempat penelitian adalah tempat diperolehnya informasi untuk menyampaikan informasi. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Gambar Teknik Universitas Pamulang yang terletak di Jl. Witana Harja No. 18b, Pamulang barat, Kecamatan Pamulang, Tangerang Selatan Banten. Tempat ini dipilih karena alat untuk penelitian sangat sesuai.

### **Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap. Fase penelitian ialah:

- a. Tahap Persiapan  
Tahap persiapan melingkupi pengajuan judul penelitian, penyusunan proposal, dan saran dari dosen pembimbing.
- b. Tahap Penelitian  
Tahap penelitian akan mencakup kegiatan yang dilakukan di lokasi, yaitu mengukur penggerak ayun *excavator*, mengumpulkan data dari percobaan dan mendokumentasikan kegiatan ini sebagai kelanjutan setelah tahap persiapan dan akan selesai pada tahun 2022 tepatnya bulan Juni.
- c. Tahap Penyelesaian  
Tahap penyelesaian melingkupi analisis data dan pelaporan. Kegiatan ini akan berlangsung pada bulan Juli-Agustus 2022.

## **Persiapan Alat Dan Bahan Uji**

### **Persiapan Alat**

- a. Alat Ukur  
Alat untuk mengukur benda kerja. Alat ukur yang akan digunakan kali ini adalah:
  - 1) Jangka Sorong  
Jangka sorong merupakan alat ukur yang dipakai untuk mengukur diameter suatu benda. Jangka sorong sering dipakai untuk dipakai buat mengukur kedalaman, diameter dalam dan diameter luar suatu benda. Kaliper presisi dan tingkatpresisi adalah kaliper dan ada beberapa tingkat presisi. yaitu 0,1mm, 0,05mm, 0,02mm dan 0,01mm [4].
  - 2) Meter  
Meter adalah alat ukur yang sangat penting digunakan dalam industri dan bangunan. Setiap pekerjaan sering merujuk alat ini, karena setiap pekerjaan harus terkait dengan ukuran. Alat presisi tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran, dan alat ukur terbuat dari kayu, kain, plastik, dan bahkan baja. Pengukur umumnya diproduksi dalam dua unit metrik, metrik dan imperial, dan harus sesuai dengan ukuran standar yang berlaku. Alat pengukur di pasaran saat ini sering dapat ditemukan dalam berbagai ukuran panjang. Alat pengukur kecil biasanya panjangnya 3m dan 5m, meter panjang biasanya dalam gulungan dan tersedia dalam ukuran 10m, 20m, 30m, 50m dan 100m.
- b. Alat Tulis  
Alat untuk menulis ukuran suatu benda kerja. Alat tulis yang akan dipakai kali ini ialah:
  - 1) Pulpen  
Merek : Standard AE7

- Ukuran : 0,5
- Warna : Hitam
- 2) Pensil
  - Merek : Faber Castell
  - Warna : Hitam
- 3) Penghapus
  - Merek : Joyko
  - Warnae : Hitam
- 4) Buku
  - Merek : Kenko PN-50
  - Ukuran : 16 cm × 21 cm

## c. Persiapan Simulasi

Perangkat yang akan membuat simulasi perancangan 2D dan 3D *swing drive* Sebagai sendi penghubung struktur atas dengan rangka pada *excavator prototype* menggunakan *software Autodesk Inventor*. Perangkat simulasi yang akan dipakai untuk penelitian adalah:

- 1) Laptop
  - Merek : hp 245 G7
  - Prosesor : AMD RYZEN 5 – 3500u
  - Warna : Hitam
- 2) Mouse
  - Merek : Eyota
  - Warna : Hitam

**Bahan Uji**

Bahan yang diuji merupakan *swing drive* sebagai sendi penghubung struktur atas dengan rangka pada *excavator prototype* menggunakan *software Autodesk Inventor* dengan metode pengujian simulasi menggunakan *software Autodesk Inventor*. Sedangkan material yang digunakan adalah *Steel AISI 1045*.

**Pengambilan Data**

Pengambilan data dari spesifikasi unit *excavator prototype* teknik mesin unpm bertujuan agar dapat mengetahui spesifikasi *swing drive* yang ditentukan untuk unit tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan kecepatan untuk unit *excavator prototype* dimana spesifikasinya ialah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Spesifikasi dan Data Penelitian *Swing Drive Excavator*

<b>Bobot</b>	2.000 kg
<b>Kapasitas Bucket</b>	0,20 m <sup>3</sup> / 200 kg
<b>Kecepatan</b>	1,5 km/jam
<b>Dimensi Utama</b>	1587 × 1240 × 2786 (mm)
<b>Jarak Sumbu Roda</b>	1200 mm
<b>Platform Ground Clearance</b>	327 mm
<b>Lebar Kabin</b>	1221 mm
<b>Data Mengenai Swing Drive</b>	
<b>Diameter Luar Gear Pinion Shaft</b>	130 mm
<b>Diameter Dalam Gear Pinion Shaft</b>	25 mm
<b>Jumlah Gear Pinion Shaft</b>	19 gigi
<b>Jumlah Swing Gear</b>	90 gigi
<b>Panjang Gear</b>	13,19 mm
<b>Lebar Permukaan Gear</b>	55 mm
<b>Tebal Permukaan Gear</b>	9,51 mm
<b>Max Swing Berputar</b>	360°

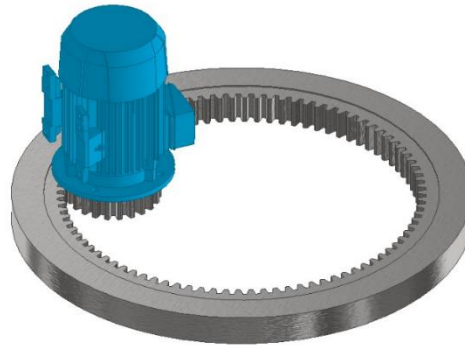
**Tahapan Simulasi**

Tahapan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *Von Misses stress*, *Displacement* dan *safety factor*

yang diizinkan dengan 3 variasi pembebanan yang akan disimulasikan menggunakan *software* elemen hingga yaitu *Autodesk Inventor Professional*.

1. Desain Gambar 3D

Desain gambar 3D ini menggunakan *software autodesk inventor* dengan membuat desain 3D *swing drive excavator*. Bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Gambar 3D *Swing Drive Excavator*

2. Proses Simulasi

Pada tahap proses simulasi analisis struktur perancangan menggunakan *software autodesk inventor* membuat model *swing drive* 2D dan 3D, pemilihan jenis bahan, menentukan titik tumpuan (*fixed*), menentukan pembebanan, proses *meshing*, dan simulasi *analysis*.

a. Perangkat lunak *Autodesk inventor*

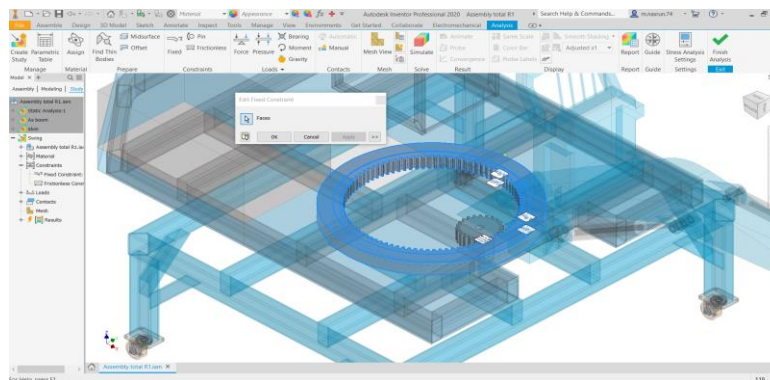
Menentukan bahan untuk setiap abgian selama proses pemodelan. Bahan di setiap komponen tersebut akan diperiksa lagi selama prosedur penelitian. Bahan yang dipakai untuk pemodelan material *swing drive excavator* yaitu *steel mild* dengan spesifikasi bahan adalah:

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7.85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0.275 ul
	Shear Modulus	86.2745 GPa

Gambar 2. Spesifikasi Bahan

b. Menentukan *constraint*/titik tumpuan

Langkah berikutnya adalah menentukan *constraint* atau titik tumpuan yang digunakan untuk acuan posisi tetap rangka dengan menggunakan *fixed constrains* dengan menentukan titik tumpuan bawah dengan *tool fixed constraint* dan posisi titik tumpuan ini berada pada bagian *swing drive* diameter besar.



Gambar 3. Penentuan Posisi *Fixed Constraint* Pada Bagian *Swing Drive* Diameter Besar

c. Menentukan pembebanan 3D pada *swing drive*

Langkah berikutnya adalah menentukan pembebanan untuk mengetahui kekuatan *swing drive* tersebut. Menghitung nilai beban terhadap *swing drive excavator* dengan 3 variasi beban menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F = m \times g$$

$$1) F = 100 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ = 980 \text{ N}$$

$$2) F = 150 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ = 1.470 \text{ N}$$

$$3) F = 200 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ = 1.960 \text{ N}$$

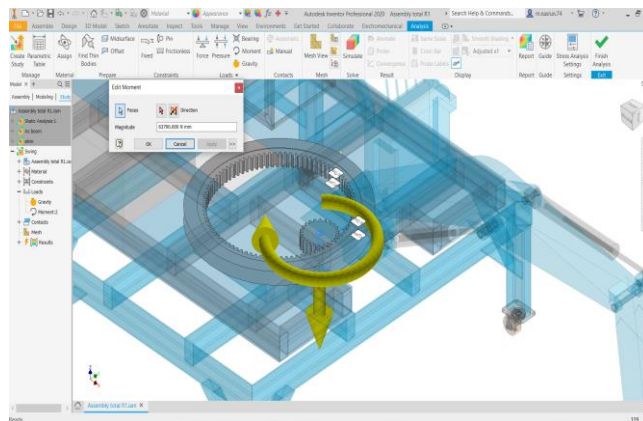
Nilai dari 3 variasi beban sudah diketahui, maka selanjutnya menghitung nilai torsi dari 3 variasi beban di atas dengan rumus sebagai berikut:

$$T = F \times R$$

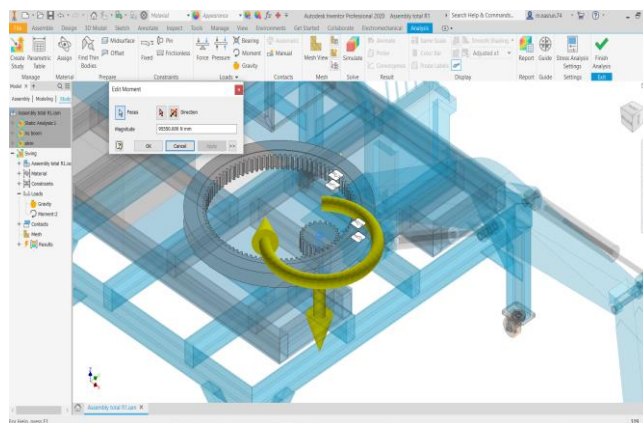
$$1) T = 980 \text{ N} \times 65 \text{ mm} \\ = 63.700 \text{ Nmm}$$

$$2) T = 1.470 \text{ N} \times 65 \text{ mm} \\ = 95.550 \text{ Nmm}$$

$$3) T = 1.960 \text{ N} \times 65 \text{ mm} \\ = 127.400 \text{ Nmm}$$

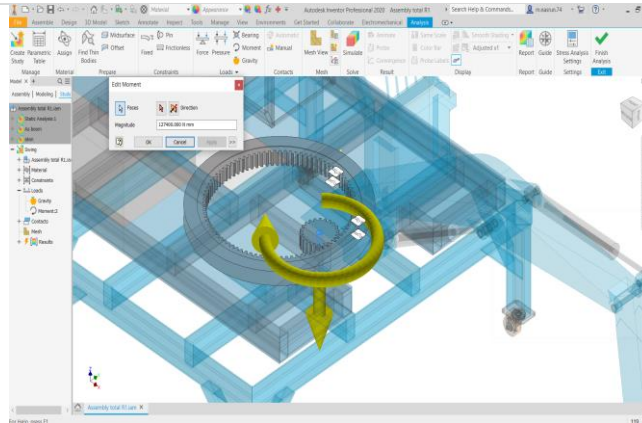


Gambar 4. Dengan Torsi 63.700 Nmm



Gambar 5. Dengan Torsi 95.550 Nmm

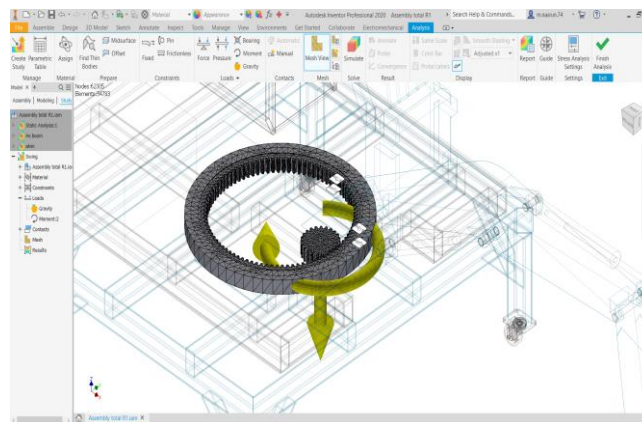




Gambar 6. Dengan Torsi 127.400 Nmm

d. Proses *Meshing*

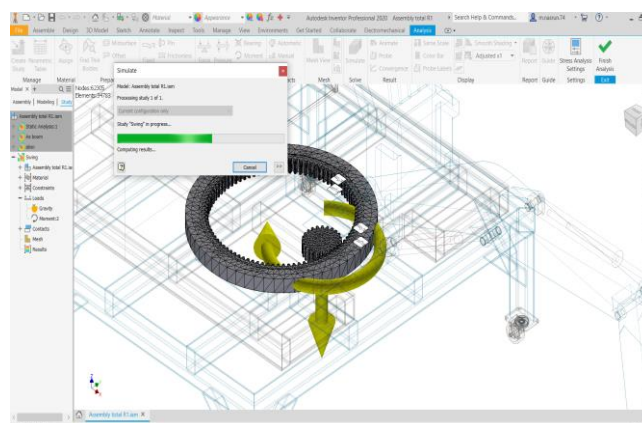
Sebelum menjalankan proses simulasi penggerak ayun *excavator* di mana terlebih dulu melakukan proses *meshing*. Proses *meshing* bertujuan untuk membagi geometri menjadi potongan-potongan kecil yang membentuk geometri objek [5]. Dimana ukuran *meshing* yang terbentuk semakin kecil maka akan mendekati nilai yang sebenarnya. Namun semakin lama simulasi yang akan berjalan. Pada proses *meshing swing drive excavator* bisa dilihat pada Gambar 7 dimana akan terbentuk jumlah *node* sebanyak 62305 dan *elements* 34783.



Gambar 7. Proses Setelah *Meshing*

e. *Simulate* (Proses penyelesaian simulasi analisis)

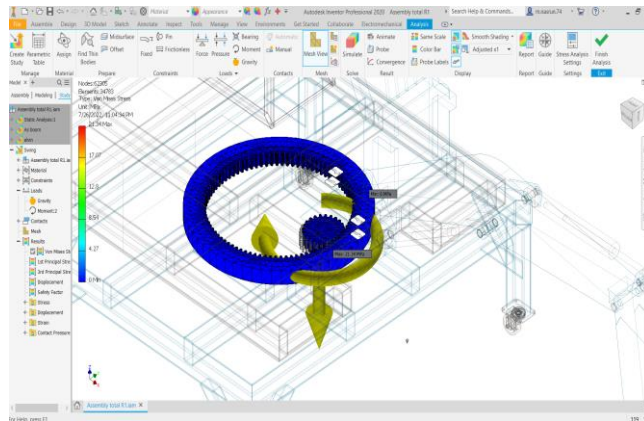
Setelah proses *meshing* sudah selesai maka selanjutnya proses menjalankan simulasi untuk mendapatkan hasil *Von misses*, *Displacement* dan *Safety factor*. Pada perangkat lunak *autodesk inventor* menggunakan perintah *Simulate*, selanjutnya running *simulate* untuk menjalankan simulasi.



Gambar 8. Proses *Simulate Swing Drive Excavator*

f. *End Simulate*

Pada tahap akhir simulasi, didapatkan hasil simulasi berupa *von misses*, *displacement*, dan *safety factor*.



Gambar 9. *End Simulated*

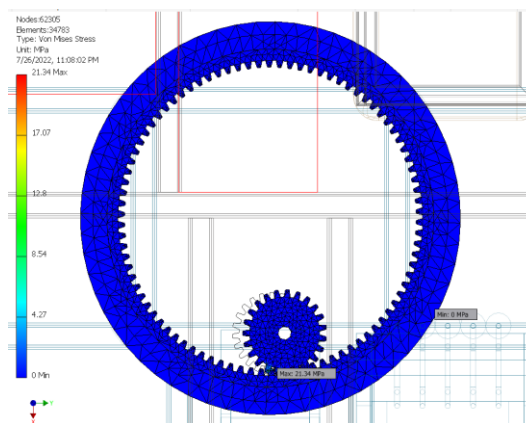
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Hasil penelitian analisis simulasi diterima dari *software autodesk inventor* dapat dihitung berupa nilai tegangan (*von mises stress*), perubahan bentuk (*displacement*) dan faktor keamanan (*safety factor*) ialah:

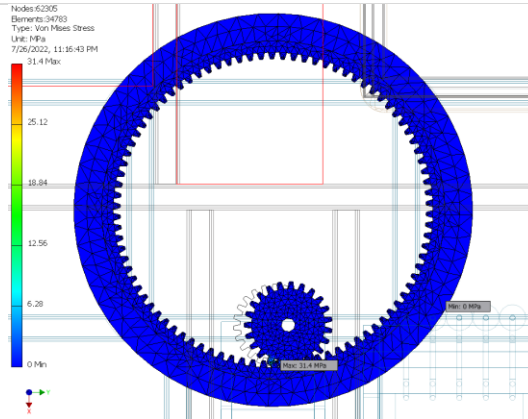
1. Tegangan (*Von Mises Stress*)

Tegangan (*Von mises stress*) adalah tegangan yang nilainya diturunkan dari teori patah akibat regangan energi. Jika nilai tegangan *von Mises* melebihi kekuatan luluh material, desain gagal. Pada simulasi tegangan, berdasarkan hasil analisis tegangan *von Mises*, maka pada gambar di bawah akan terjadi perubahan warna dimana merah menunjukkan tegangan maksimum dan biru menunjukkan tidak ada tegangan sama sekali. Dari simulasi pada *swing drive excavator* dengan variasi 3 beban 100 kg, 150 kg, dan 200 kg yang telah dilakukan didapatkan nilai *von mises stress* dari *swing drive excavator* sebagai berikut:

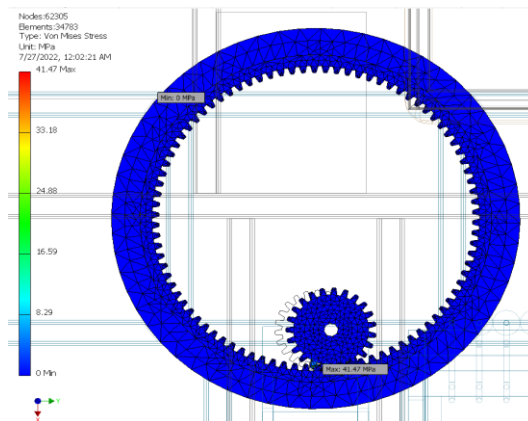


Gambar 10. Simulasi *von mises* dengan beban 100 Kg (Torsi 63,700 Nmm)





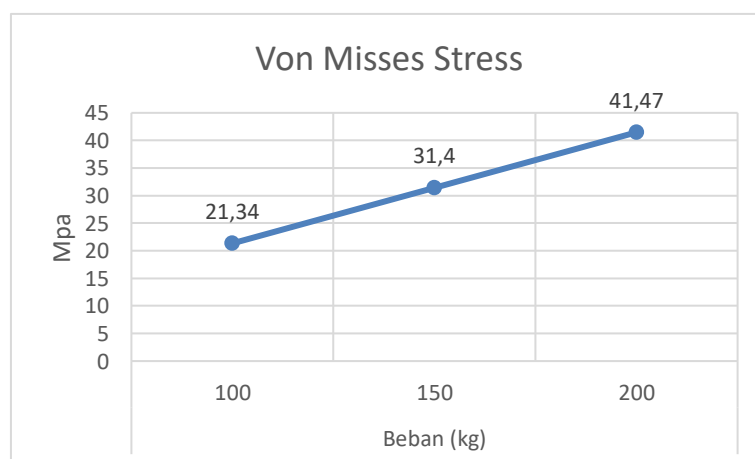
**Gambar 11.** Simulasi von mises dengan beban 150 Kg (Torsi 95,550 Nmm)



**Gambar 12.** Simulasi von mises dengan beban 200 Kg (Torsi 127,400 Nmm)

**Tabel 2.** Von mises stress dengan beban 100 Kg, 150 Kg dan 200 Kg

Simulasi	Beban		
	100 kg	150 kg	200 kg
Von Misses Stress	21,34 Mpa	31,4 Mpa	41,47 Mpa

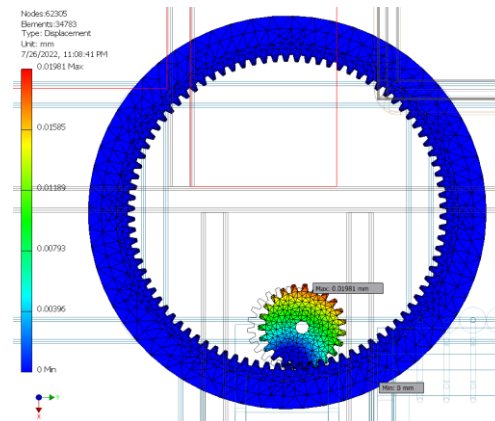


**Gambar 13.** Grafik Von mises stress dengan beban 100 Kg, 150 Kg dan 200 Kg

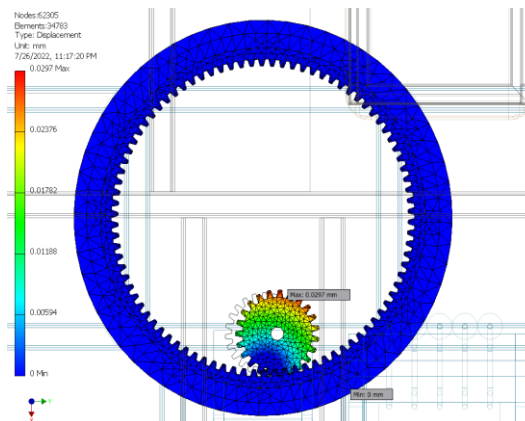
Berdasarkan hasil simulasi *von misses stress* pada Gambar 10 dengan beban 100 kg torsi 63,700 Nmm menghasilkan nilai tegangan sebesar 21,34 Mpa. Pada Gambar 11 dengan beban 150 kg torsi 95,550 Nmm menghasilkan nilai tegangan sebesar 31,4 Mpa sedangkan pada Gambar 12 beban 200 kg torsi 127,400 Nmm menghasilkan nilai tegangan sebesar 41,47 Mpa.

2. Perubahan bentuk (*Displacement*)

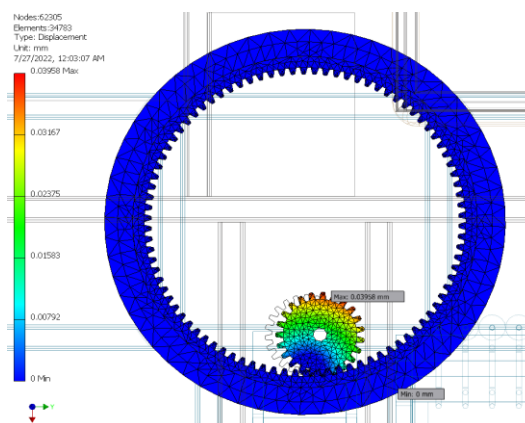
Perubahan bentuk (*Displacement*) menunjukkan perpindahan menggambarkan perubahan bentuk atau *defleksi* desain setelah pembebanan. Dalam simulasi tegangan, dapat dilihat jumlah pergeseran yang terjadi dengan melihat perubahan warna yang terjadi pada desain. Warna merah menunjukkan perubahan terjauh dari titik awal, seperti yang dapat dilihat pada gambar simulasi yang dilakukan dengan 3 variasi beban yaitu 100 kg, 150 kg dan 200 kg di bawah sebagai berikut:



Gambar 14. Simulasi displacement dengan beban 100 Kg (Torsi 63,700 Nmm)



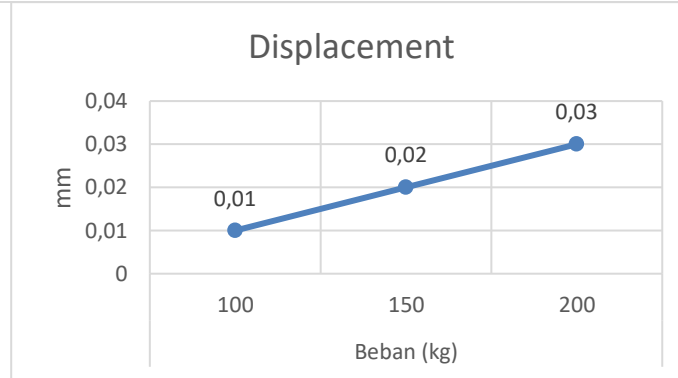
Gambar 15. Simulasi displacement dengan beban 150 Kg (Torsi 95,500 Nmm)



Gambar 16. Simulasi displacement dengan beban 200 Kg (Torsi 127,400 Nmm)

Tabel 3. Displacement dengan beban 100 Kg, 150 Kg dan 200 Kg

Simulasi	Beban		
	100 kg	150 kg	200 kg
Displacement	0,01 mm	0,02 mm	0,03 mm



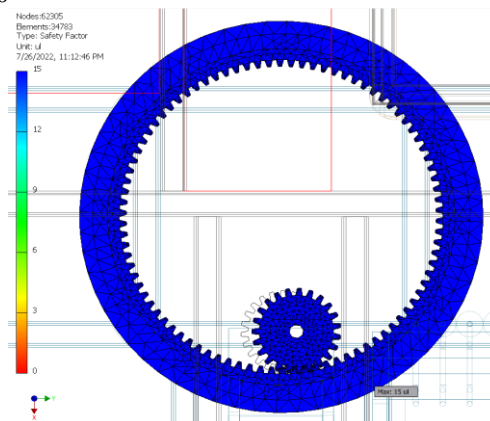
**Gambar 17.** Grafik Displacement dengan beban 100 Kg, 150 Kg dan 200 Kg

Berdasarkan hasil simulasi *Displacement* pada Gambar 14 dengan beban 100 kg torsi 63,700 Nmm menghasilkan perubahan bentuk sebesar 0,01 mm. Pada Gambar 15 dengan beban 150 kg torsi 95,550 Nmm menghasilkan perubahan bentuk sebesar 0,02 mm sedangkan pada Gambar 16 dengan beban 200 kg torsi 127,400 Nmm menghasilkan perubahan bentuk sebesar 0,03 mm.

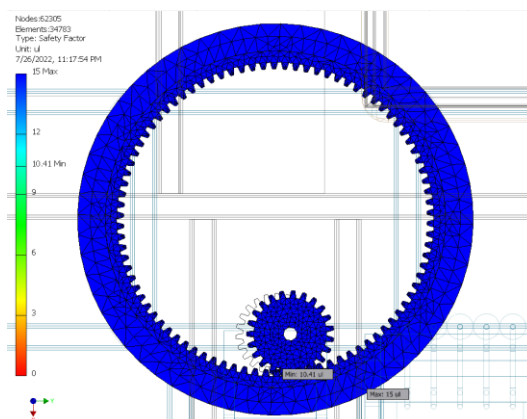
3. Faktor keamanan (*Safety factor*)

Faktor keamanan (*Safety factor*) merupakan factor untuk menilai keamanan elemen mesin. Untuk faktor antara 1 dan 15, factor keamanan diharuskan bertambah dari 1 untuk menghindari kegagalan penggerak ayun. Biru menunjukkan area teraman dan merah menunjukkan area di luar batas aman. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan 3 variasi beban 100 kg, 150 kg dan 200 kg didapatkan nilai sebagai berikut. Menurut Dobrovolsky dalam bukunya tahun 1989 “elemen mesin” kisaran faktor keamanan (SF) didasarkan pada jenis beban :

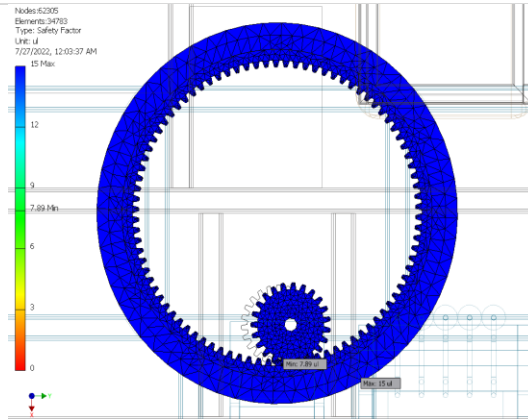
- Beban statis : 1,2 – 2,0
- Beban dinamis : 2,0 – 3,0
- Beban kejut : 3,0 – 5,0



**Gambar 18.** Simulasi *Safety Factor* dengan beban 100 Kg (Torsi 63,700 Nmm)



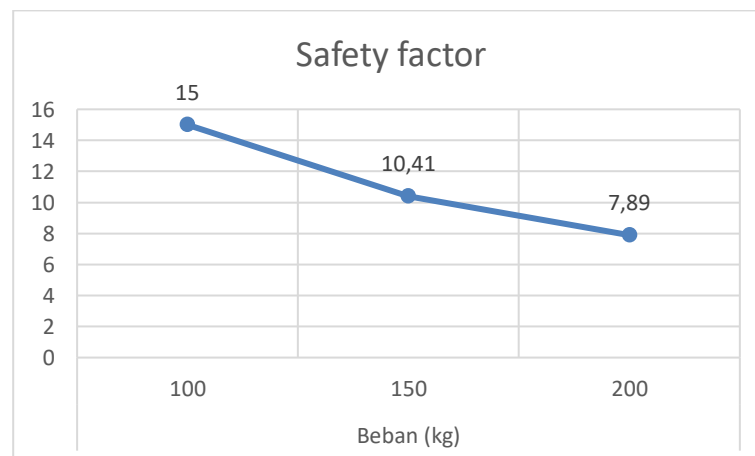
**Gambar 19.** Simulasi *Safety Factor* dengan beban 150 Kg (Torsi 95,550 Nmm)



Gambar 20. Simulasi *Safety Factor* dengan beban 200 Kg (Torsi 127,400 Nmm)

Tabel 4. *Safety Factor* dengan beban 100 Kg, 150 Kg dan 200 Kg

Simulasi	Beban		
	100 kg	150 kg	200 kg
Safety Factor	15	10,41	7,89



Gambar 21. Grafik *Safety Factor* dengan beban 100 Kg, 150 Kg dan 200 Kg

Berdasarkan hasil simulasi *Safety factor* pada Gambar 18 dengan beban 100 kg torsi 63,700 Nmm menghasilkan faktor keamanan sebesar 15. Pada Gambar 19 dengan beban 150 kg torsi 95,550 Nmm menghasilkan faktor keamanan sebesar 10,41 sedangkan pada Gambar 20 dengan beban 200 kg torsi 127,400 Nmm menghasilkan faktor keamanan sebesar 7,89.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil gambar *swing drive excavator prototype* dengan dilakukannya pengujian simulasi *von misses stress*, *displacement* dan *safety factor* dengan 3 variasi beban yaitu 100 kg, 150 kg dan 200 kg maka didapat hasil pengujian yaitu :

Pengujian *von misses stress* dengan beban pertama 100 kg torsi 63,700 Nmm menghasilkan nilai tegangan sebesar 21,34 Mpa. Beban kedua 150 kg torsi 95,550 Nmm menghasilkan nilai tegangan sebesar 31,4 Mpa dan beban ketiga 200 kg torsi 127,400 Nmm menghasilkan nilai tegangan sebesar 41,47 Mpa.

Pengujian *displacement* dengan beban pertama 100 kg torsi 63,700 Nmm mengalami perubahan bentuk sebesar 0,01 mm. Beban kedua 150 kg torsi 95,550 Nmm mengalami perubahan bentuk sebesar 0,02 mm dan beban ketiga 200 kg torsi 127,400 Nmm mengalami perubahan bentuk sebesar 0,03 mm.

Pengujian *safety factor* dengan beban pertama 100 kg torsi 63,700 Nmm faktor keamanan yang diterima sebesar 15. Beban kedua 150 kg torsi 95,550 Nmm faktor keamanan yang diterima sebesar 10,41 dan

beban ketiga 200 kg torsi 127,400 Nmm faktor keamanan yang diterima sebesar 7,89.

Berdasarkan perhitungan tegangan lentur maksimum pada roda gigi pinion dengan beban pertama 980 N menghasilkan nilai tegangan lentur maksimum sebesar 15,6 Mpa. Beban kedua 1470 N menghasilkan nilai tegangan lentur maksimum sebesar 23,39 Mpa dan beban ketiga 1960 N menghasilkan nilai tegangan lentur maksimum sebesar 31,18 Mpa. Hal ini dikarenakan besarnya tegangan lentur maksimum yang terjadi lebih kecil dari tegangan lentur maksimum yang diizinkan sebesar 207 Mpa maka *gear pinion shaft* dinyatakan aman.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Sinuhaji, "Analisa Keausan dan Sisa Usia Pakai Komponen Undercarriage Kobelco SK-200 Dengan Metode Fishbone," Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, 2021.
- [2] Hendri Kurniawan, "Analisa Defleksi pada Rod Bucket di Sistem Hidrolik Excavator Hitachi ZAXIS 210 MF SN 70165 5G," Universitas Muhammadiyah Pontianak, 2016.
- [3] H. Basri, "Optimasi Disain Dimensi Silinder Sistem Hidrolik Pada Hydraulic Excavator (Pc) 1250-7," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 4, no. 3, pp. 130–136, 2014.
- [4] Mulyadi, Djuhana, E. T. Astuti, and Sunardi, "Pelatihan Penggunaan Alat Ukur Dimensi Jangka Sorong dan Mikrometer Skrup di SMK Sasmita Pamulang," *Pros. SENANTIAS Semin. Nas. Has. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 1419–1424, 2020.
- [5] A. A. N. Amri and W. Sumbodo, "Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 110–115, 2018, doi: <https://doi.org/10.21831/dinamika.v3i2.21407>.