

## ANALISIS KEKUATAN KONSTRUKSI HOUSING MESIN BENDING PIPA SEMI-OTOMATIS MELALUI SIMULASI STATIS SOLIDWORKS

V. Alexander Aditya S.<sup>1</sup>, Fransiska Ayu Nathania<sup>2</sup>, Tean Riztando<sup>3</sup>, Puthut Srihardana<sup>4</sup>, Cornelius Hendriarto<sup>5</sup>, Fransiska Karlentina H.<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta  
Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

\*Email: fransiska.20203013@atmi.ac.id

### Abstrak

Mesin bending pipa semi-otomatis menggunakan metode rotary bend draw dengan alat bantu dies untuk membuat tekukan pada pipa. Mesin ini menggunakan beam sebagai frame untuk konstruksi housing. Terdapat 4 komponen utama dalam konstruksi housing, yaitu frame, mechanical tool place, base gear, dan base motor. Konstruksi antar komponen menggunakan proses pengelasan untuk pemasangannya kecuali mechanical tool place yang bisa dilepas-pasang menggunakan pengikat baut. Analisis konstruksi housing mesin bending pipa semi-otomatis menggunakan bantuan Software SOLIDWORKS Simulation dengan hasil sebagai berikut: tegangan yang diterima frame = 0,391 N/mm<sup>2</sup> - 6,015 N/mm<sup>2</sup> (MPa) dengan pembebanan 1300 N, deformasi maksimal adalah 0,041. Tegangan yang diterima mechanical tool place = 0,005 N/mm<sup>2</sup> (MPa) - 88,044 N/mm<sup>2</sup> (MPa), deformasi maksimal adalah 0,125 mm. Tegangan yang diterima base gear = 0,043 N/mm<sup>2</sup> (MPa) - 11,370 N/mm<sup>2</sup> (MPa) dengan pembebanan 200 N, deformasi maksimal adalah 0,118 mm. Tegangan yang diterima base motor = 0,754 N/mm<sup>2</sup> (MPa) - 115,153 N/mm<sup>2</sup> (MPa) dengan pembebanan 1600 N, deformasi maksimal adalah 1,141 mm. Tidak semua nilai hasil analisis berada pada batas yang diizinkan, tetapi telah ditemukan solusi agar konstruksi unit housing dapat digunakan secara aman.

**Kata kunci:** Mesin Bending, Housing, Frame, Mechanical Tool Place, Base Gear, Base Motor.

## 1. PENDAHULUAN

Mesin bending pipa semi-otomatis menggunakan metode rotary bend draw untuk membuat tekukan pada pipa dengan alat bantu dies. Ada 4 bagian utama mesin ini, yaitu unit housing, unit pencekam, unit manual, dan unit semi-otomatis. Mesin ini menggunakan spur gear sebagai mekanisme penggerak utama.

Pada mesin bending pipa semi-otomatis, terdapat beberapa komponen seperti beam untuk frame, mechanical tool place untuk tempat meletakkan komponen mekanik utama dalam proses bending seperti dies dan pencekam, base gear sebagai tempat untuk meletakkan gear yang akan memutar komponen di atasnya, dan base motor sebagai tempat meletakkan komponen semi-otomatis seperti motor, bevel gear, dan coupling.

Untuk perakitan komponen frame, base gear dan base motor menggunakan proses pengelasan, dan untuk mechanical tool place bisa dilepas-pasang menggunakan baut. Oleh karena itu, kekuatan konstruksi unit housing perlu dikaji lebih lanjut mengingat pentingnya fungsinya bagi sebuah mesin dan keselamatan operator mesin bending pipa semi-otomatis.

### 1.1 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kekuatan konstruksi housing mesin.
2. Membuktikan hasil analisis frame, mechanical tool place, base gear, dan base motor tidak melebihi yield strength.
3. Membuktikan bahwa konstruksi housing mesin aman untuk digunakan.

## 2. METODOLOGI

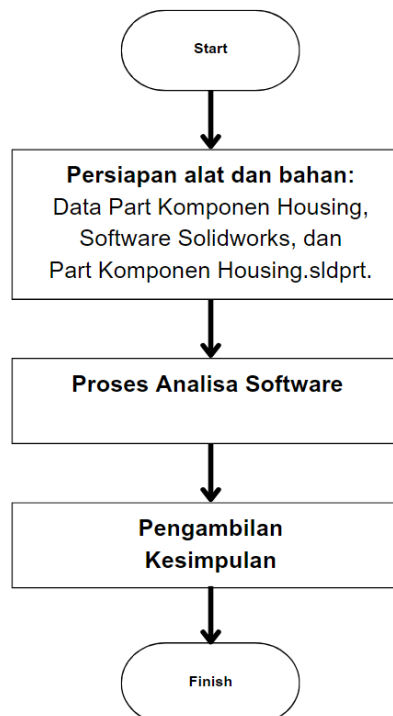
Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

### 2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis menggunakan *software* simulasi, yaitu menggunakan *software SOLIDWORKS Simulation* dengan mengidentifikasi titik kritis dan besarnya *stress* ketika diberikan pembebanan *statis*. Lalu dari hasil identifikasi atau analisis perhitungan dan *software* tersebut dilakukan proses pengambilan kesimpulan dengan melihat apakah konstruksi yang digunakan aman diaplikasikan untuk menopang seluruh komponen mesin *bending* pipa semi-otomatis.

### 2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Proses Penelitian

#### 2.2.1. Persiapan Alat dan Bahan

##### 1. Laptop/PC

Proses perancangan yang dilakukan membutuhkan *laptop/PC* dengan jenis *processor* Intel Core i5-520M CPU @2.40GHz (8 CPUs) dan memori minimal RAM size 4 GB. Laptop ini digunakan untuk operasi analisis dan pembukaan file.

##### 2. Software

Proses analisis menggunakan *software SOLIDWORKS* versi 2020 yang dalam paket penginstalannya lengkap atau terdapat *sub-software solidworks simulation*.

#### 2.2.2. Persiapan Data

Persiapan data dilakukan dengan wawancara dan/atau konsultasi dengan *customer* dan pembimbing tugas akhir serta diskusi dengan anggota kelompok tugas akhir, sehingga didapatkan berbagai data yang dapat digunakan dalam penyusunan *input* pada *software*.

Selain melalui wawancara dan/atau konsultasi serta diskusi, data penelitian didapatkan dari jurnal penelitian sebelumnya dan data pendukung lainnya.

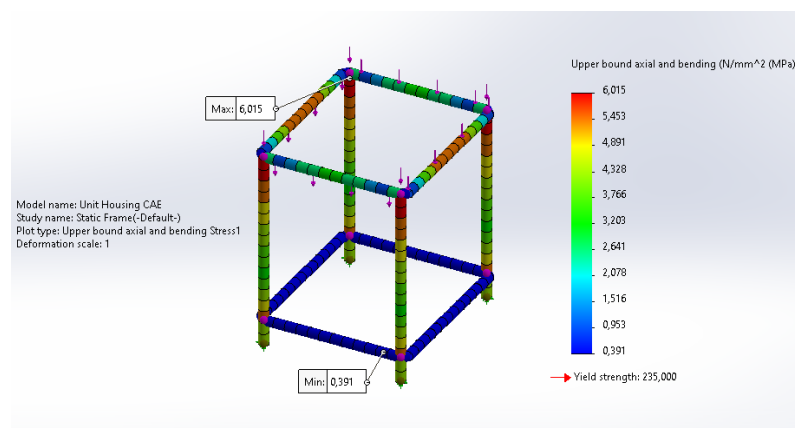
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menganalisis kekuatan *frame*, *mechanical tool place*, *base gear*, dan *base motor* digunakan *software Solidworks Simulation* dengan menggunakan material *beam* untuk *frame*, serta material St. 37 untuk *mechanical tool place*, *base gear*, dan *base motor*.

Hasil dari analisis ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan daerah kritis yang menentukan kualitas konstruksi *housing* tersebut aman dan dapat digunakan dengan aman.

#### 3.1. Simulasi analisis *Frame*

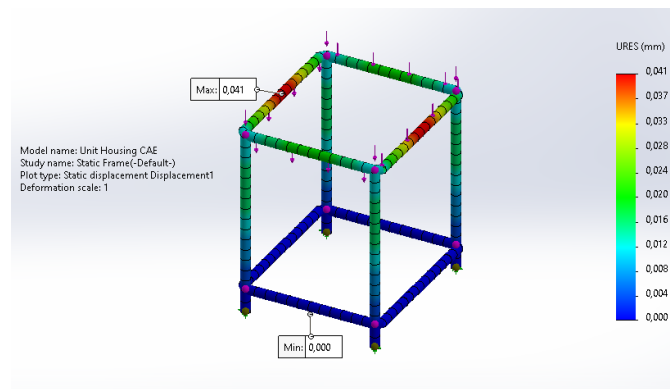
*Frame* digunakan untuk konstruksi penyangga seluruh komponen mesin *bending* pipa semi-otomatis. Pemasangan *frame* pada unit *housing* menggunakan proses pengelasan sebagai berikut. Hasil simulasi dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 3.1.1 *Frame Von Misses Stress*

Nama	= <i>Static 1</i>
Jenis Simulasi	= <i>Von Misses Stress</i>
Min	= 0,391 MPa
Max	= 6,015 MPa

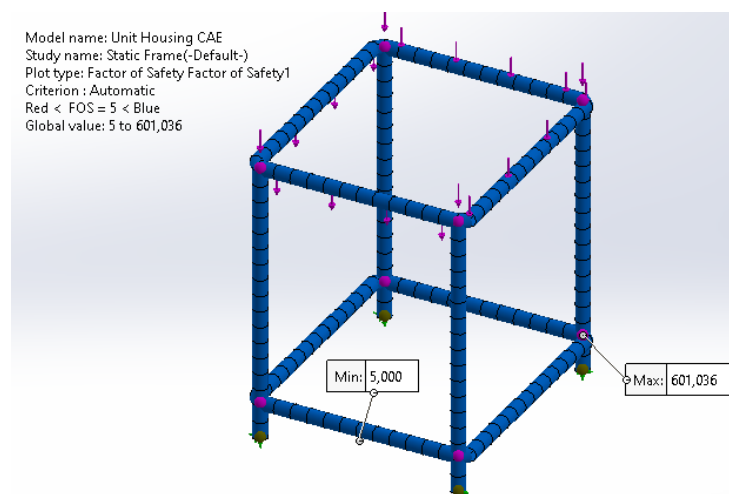
Berdasarkan gambar 3.1, didapat hasil simulasi *frame* menggunakan fitur *solidworks simulation* pada *software solidworks*. *Frame* diidentifikasi sebagai *beam*, lalu diberi pembebanan sebesar 1300 N dari atas sesuai pembebanan pada mesin. Tegangan yang diterima *frame* berkisar antara 0,391 N/mm<sup>2</sup> (MPa) hingga 6,015 N/mm<sup>2</sup> (MPa), sehingga *frame* masih mampu menerima pembebanan karena tegangan yang diterima tidak melebihi *yield strength* material St.37 sebesar 235 N/mm<sup>2</sup> (MPa).



**Gambar 3.1.2** *Frame Displacement*

Nama	= <i>Static 1</i>
Jenis Simulasi	= <i>Displacement</i>
Min	= 0,00 mm
Max	= 0,041 mm

Gambar 3.1.2 menampilkan efek deformasi yang dihasilkan dari pembebanan konstruksi *frame*. Simulasi deformasi menggunakan fitur *solidworks simulation* pada *software solidworks*. Besarnya deformasi maksimal adalah 0,041 mm yang terdapat pada bagian berwarna merah. Deformasi yang terjadi masih diizinkan dalam konstruksi karena nilai deformasi <1mm.



**Gambar 3.1.3** *Frame FOS*

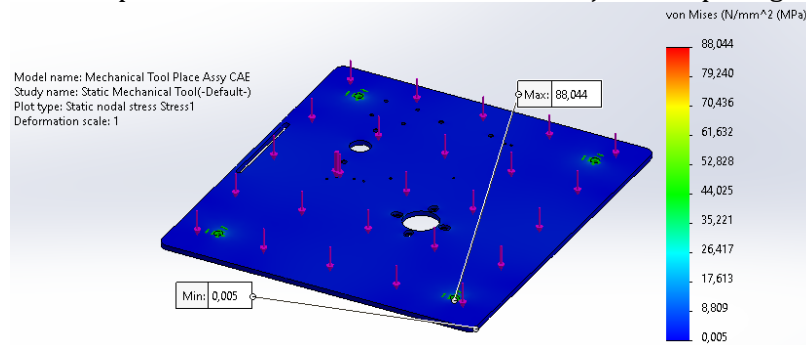
Nama	= <i>Static 1</i>
Jenis Simulasi	= <i>Factor of Safety</i>
Perbandingan	= 5
Min	= 5,00 MPa
Max	= 601,036 MPa

Gambar 3.1.3 menampilkan efek deformasi yang dihasilkan dari pembebanan

konstruksi frame. Simulasi deformasi menggunakan fitur solidworks simulation pada software solidworks. Besarnya deformasi maksimal adalah 0,041 mm yang terdapat pada bagian berwarna merah. Deformasi yang terjadi masih diizinkan dalam konstruksi karena nilai deformasi <math>< 1\text{mm}</math>.

### 3.2. Simulasi analisis Mechanical Tool Place

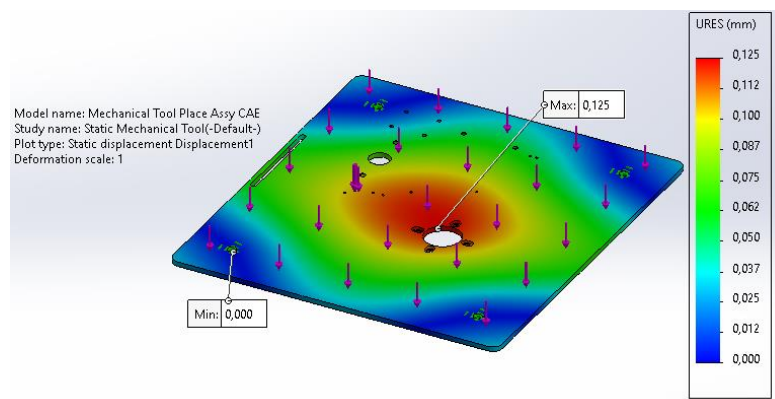
*Mechanical tool place* terdapat di bagian atas *unit housing* berfungsi sebagai tempat meletakkan komponen mekanik utama dalam bending seperti *dies* dan pencekam. *Mechanical Tool Place* terbuat dari plat MS tebal 10 mm. Hasil simulasi dijelaskan pada gambar berikut.



**Gambar 3.2.1** *Mechanical Tool Place Von Misses Stress*

Nama	= <i>Static 2</i>
Jenis Simulasi	= <i>Von Misses Stress</i>
Min	= 0,005 MPa
Max	= 88,044 MPa

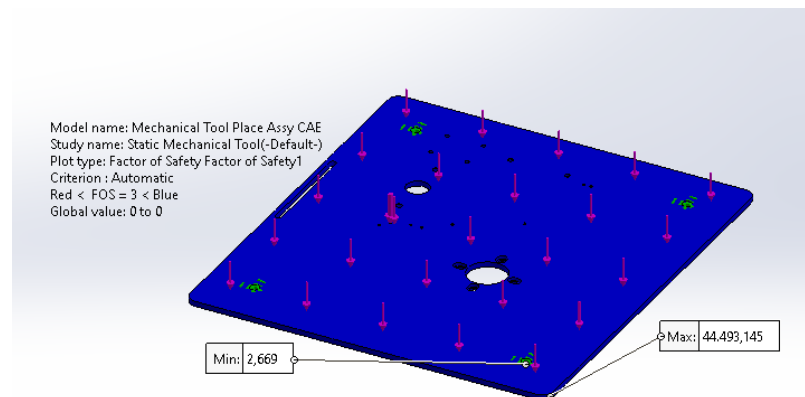
Pada gambar 3.2.1 menggunakan fitur *Solidworks Simulation* pada software *Solidworks* dihasilkan analisis *stress* yang terjadi pada *Mechanical Tool Place* dengan material St.37. Tegangan yang terjadi ada pada kisaran 0,005 N/mm<sup>2</sup> (MPa) hingga 88,044 N/mm<sup>2</sup> (MPa). Melalui analisis simulasi *stress* pada *Mechanical Tool Place* dapat disimpulkan part *Mechanical Tool Place* masih aman digunakan karena masih dibawah *yield strength* material St.37 sebesar 235 N/mm<sup>2</sup> (MPa).



**Gambar 3.2.2** *Mechanical Tool Place Displacement*

Nama	= <i>Static 2</i>
Jenis Simulasi	= <i>Displacement</i>
Min	= 0,00 mm
Max	= 0,125 mm

Gambar 3.2.2 menjelaskan besarnya deformasi pada *Mechanical Tool Place* menggunakan *Solidworks Simulation*. Deformasi terbesar yang terjadi sebesar 0,125 mm. Berdasarkan hasil analisis *Solidworks Simulation* disimpulkan part *Mechanical Tool Place* masih dalam batas aman, karena *Displacement* < 1 mm.



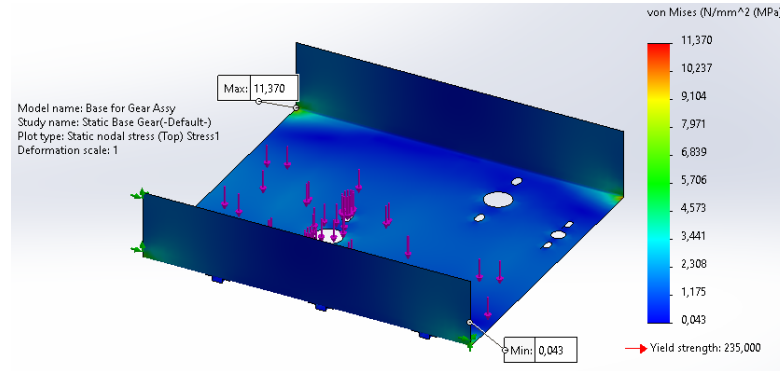
**Gambar 3.2.3** *Mechanical Tool Place FOS*

Nama	= <i>Static 2</i>
Jenis Simulasi	= <i>Factor of Safety</i>
Perbandingan	= 3
Min	= 2,669 MPa
Max	= 22.493,145 MPa

Simulasi *Factor of Safety* pada *Mechanical Tool Place* membandingkan angka keamanan 3 dengan beban 1.150 N dan didapatkan hasil tegangan terbesar 44.493,145 N/mm<sup>2</sup> (MPa). Berdasarkan hasil simulasi ditampilkan warna biru sebagai bagian yang kuat. Maka angka keamanan 3 dari uji coba yang dilakukan sudah memenuhi syarat analisis *Factor of Safety*. Karena angka keamanan 3 > 1.

### 3.3. Simulasi analisis *Base Gear*

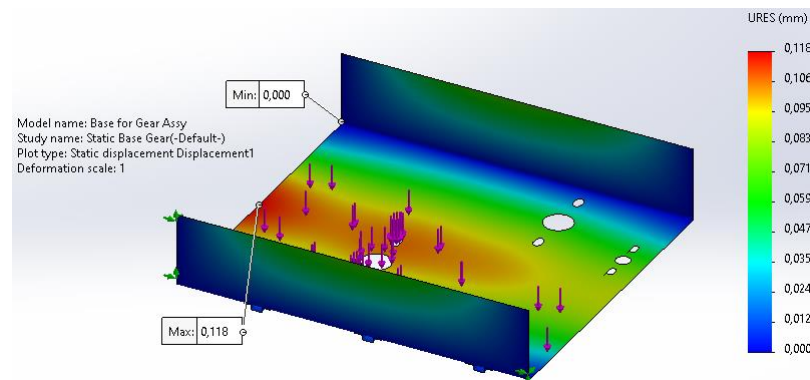
*Base Gear* berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan *gear* yang akan memutar komponen di atasnya. *Base gear* terbuat dari plat MS dengan tebal 4 mm. Pemasangannya dilas pada kerangka *hollow* di bawah *mechanical tool place*. Hasil simulasi dijelaskan pada gambar berikut.



**Gambar 3.3.1 Base Gear Von Misses Stress**

Nama	= <i>Static 3</i>
Jenis Simulasi	= <i>Von Misses Stress</i>
Min	= 0,043 MPa
Max	= 11,370 MPa

Berdasarkan gambar 3.3.1 menggunakan fitur *Solidworks Simulation* pada *software Solidworks* dihasilkan *stress* antara 0,043 N/mm<sup>2</sup> (MPa) sampai 11,370 N/mm<sup>2</sup> (MPa) dengan pembebanan 200 N dari sisi atas *Base Gear*. *Stress* yang diterima *base gear* dinyatakan masih aman karena masih berada di bawah *yield strength* material St. 37 sebesar 235 N/mm<sup>2</sup> (MPa).

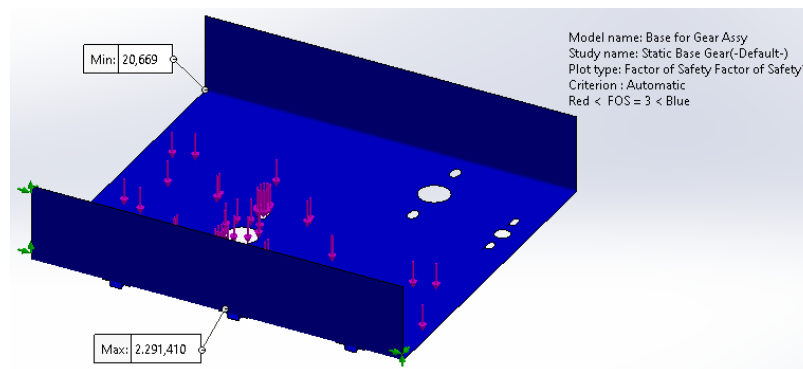


**Gambar 3.3.2 Base Gear Displacement**

Nama	= <i>Static 3</i>
Jenis Simulasi	= <i>Displacement</i>
Min	= 0,00 mm
Max	= 0,118 mm

Efek deformasi pada *Base Gear* yang ditampilkan dalam gambar 3.3.2 maksimal sebesar 0,118 mm dengan pembebanan 200 N dari sisi atas *Base Gear*. Deformasi yang terjadi masih di bawah batas toleransi yaitu *Displacement* <1 mm sehingga *Base Gear* dinyatakan aman.





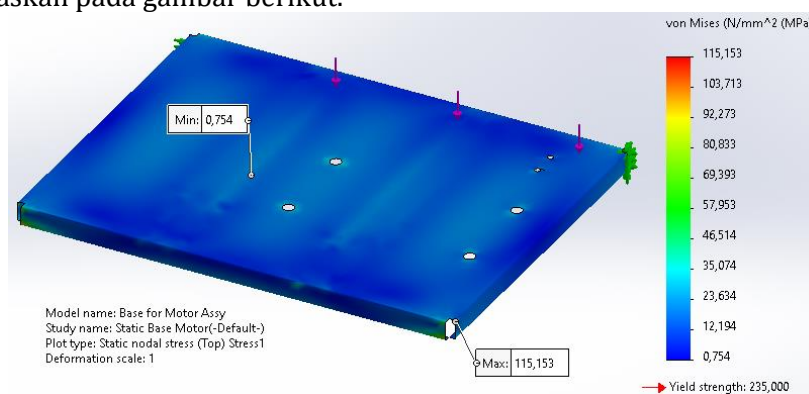
Gambar 3.3.3 Base Gear FOS

Nama	= Static 3
Jenis Simulasi	= Factor of Safety
Perbandingan	= 3
Min	= 20,669 MPa
Max	= 2.291,410 MPa

Berdasarkan analisis *Soldiworks Simulation* dengan *software Solidworks* ditentukan angka perbandingan 3 sebagai *Factor of Safety*. Hasil simulasi *software* menunjukkan warna biru pada part yang diuji sehingga konstruksi plat *Base Gear* dinyatakan aman dengan nilai angka keamanan 3.

### 3.4. Simulasi analisis Base Motor

*Base Motor* berfungsi sebagai tempat meletakkan komponen semi-otomatis seperti motor, *bevel gear*, dan *coupling*. *Base motor* terbuat dari plat MS dengan tebal 2 mm. Hasil simulasi dijelaskan pada gambar berikut.



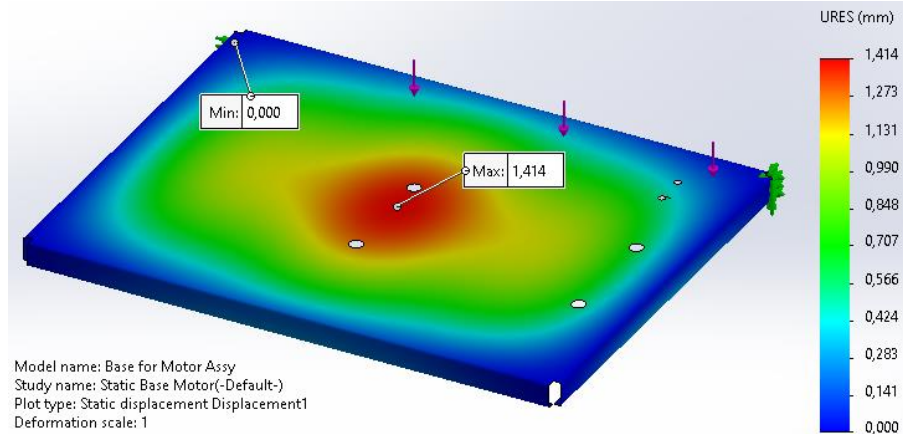
Gambar 3.4.1 Base Motor Von Misses Stress

Nama	= Static 4
Jenis Simulasi	= Von Misses Stress
Min	= 0,754 MPa
Max	= 115,153 MPa

Berdasarkan gambar 3.4.1 *Base Motor* diberi beban 1600 N posisi tegak lurus dengan penampang plat. Hasil analisis menunjukkan *stress* yang diterima *base*



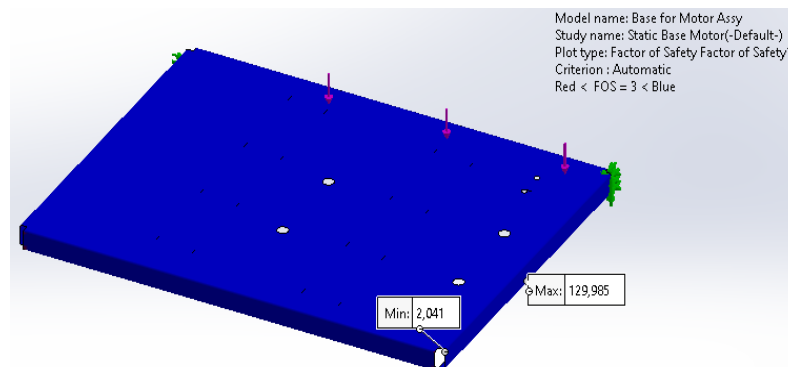
motor antara 0,754 N/mm<sup>2</sup> (MPa) hingga tertinggi 115,153 N/mm<sup>2</sup> (MPa). Dapat disimpulkan konstruksi *base motor* masih aman karena masih di bawah batas *yield strength* material St.37 sebesar 235 N/mm<sup>2</sup> (MPa).



**Gambar 3.4.2 Base Motor Displacement**

Nama	= <i>Static 4</i>
Jenis Simulasi	= <i>Displacement</i>
Min	= 0,00 mm
Max	= 1,1414 mm

Efek deformasi pada *Base Motor* yang ditampilkan dalam gambar 3.4.2 maksimal sebesar 1,141 mm dengan pembebanan 1.600 N dari sisi atas *Base Motor*. Deformasi yang terjadi melebihi batas toleransi yaitu *Displacement* < 1 mm sehingga *base motor* dinyatakan tidak aman. Sebagai solusi, diperlukan *reinforcement* pada *Base Motor* khususnya untuk menopang area tengah *Base Motor*.



**Gambar 3.4.3 Base Motor FOS**

Nama	= <i>Static 4</i>
Jenis Simulasi	= <i>Factor of Safety</i>
Perbandingan	= 3
Min	= 2,041 MPa
Max	= 129,985 MPa

Pada analisis gambar 3.4.3 menggunakan nilai 3 sebagai perbandingan *factor of safety* dengan pembebanan 1.600 N. *Stress* terbesar yang diterima *Base Motor* 129.985 N/mm<sup>2</sup> (MPa). Melalui analisis perbandingan *factor of safety* yang dilakukan, angka 3 masih dalam batas aman ditandai dengan sisi berwarna biru pada *Base Motor* maka angka keamanan untuk *Base Motor* adalah 3.

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis menggunakan *Software SOLIDWORKS Simulation* maka dapat disimpulkan bahwa konstruksi *housing* mulai dari *frame*, *mechanical tool place*, *base gear*, dan *base motor*, memiliki hasil analisis sebagai berikut : tegangan yang diterima *frame* = 0,391 N/mm<sup>2</sup> - 6,015 N/mm<sup>2</sup> (MPa) dengan pembebanan 1300 N, deformasi maksimal adalah 0,041 mm dan deformasi yang terjadi masih diizinkan dalam konstruksi karena nilai deformasi <1mm. Tegangan yang diterima *mechanical tool place* = 0,005 N/mm<sup>2</sup> (MPa) - 88,044 N/mm<sup>2</sup> (MPa), deformasi maksimal adalah 0,125 mm dan deformasi yang terjadi masih dalam batas aman karena *Displacement* < 1 mm. Tegangan yang diterima *base gear* = 0,043 N/mm<sup>2</sup> (MPa) - 11,370 N/mm<sup>2</sup> (MPa) dengan pembebanan 200 N, deformasi maksimal adalah 0,118 dan deformasi yang terjadi masih di bawah batas toleransi yaitu *Displacement* <1 mm sehingga *Base Gear* dinyatakan aman. Tegangan yang diterima *base motor* = 0,754 N/mm<sup>2</sup> (MPa) - 115,153 N/mm<sup>2</sup> (MPa) dengan pembebanan 1600 N, deformasi maksimal adalah 1,141 dan deformasi yang terjadi melebihi batas toleransi yaitu *Displacement* < 1 mm sehingga *base motor* dinyatakan tidak aman. Sebagai solusi, diperlukan *reinforcement* pada *Base Motor* khususnya untuk menopang area tengah *Base Motor*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Li, X., Xu, D., & Liu, Z. (2018). Finite element analysis of the strength and stiffness of bending machine housing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 452(1), 012058.
- Ahsan, M. S., & Rahman, M. S. (2018). Design and analysis of bending machine frame. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, 8(2), 659-666.
- Orlowski, K., & Góra, A. (2018). Influence of constructional modifications on the strength of the frame of a bending machine. *MATEC Web of Conferences*, 183, 01002.
- Pan, Y., Jia, L., & Liu, C. (2019). Finite element analysis and optimization of the frame of a large-section CNC bending machine. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(9), 1687814019870784.
- Sinha, A. K., & Ramteke, N. A. (2020). Finite element analysis of a frame for the hydraulic bending machine. *Materials Today: Proceedings*, 34(2), 894-902.
- Ay, E. D., & Kaplan, A. (2020). Determination of suitable housing construction for bending machine using finite element method. *Journal of Engineering Research*, 8(2), 69-76.
- Wu, C., Zhang, J., & Liu, C. (2021). Finite element analysis and optimization of the frame of a CNC bending machine. *Advances in Mechanical Engineering*, 13(6), 16878140211009329.
- Zhu, L., Shen, Y., & Liu, B. (2021). Static analysis and optimization of the frame for the bending machine. *Advances in Mechanical Engineering*, 13(6), 16878140211014993.
- Wang, X., Li, S., & Zhao, C. (2022). Strength analysis of bending machine frame based on finite element method. *Journal of Physics: Conference Series*, 2055(1), 012001.