

Planning Design of Metallographic Polishing Machine Using Double Disc **[Perencanaan Desain Mesin Poles Metalografi Dengan Piringan Ganda]**

Muhammad Rijal Hakim¹⁾, Mulyadi^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: mulyadi@umsida.ac.id

Abstract. *Metallographic polishing machine is used to smooth and flatten metal specimens until they have a mirror like finish, allowing their microstructure to be carefully observed under a metallographic test microscope. To construct such a machine, machine planning and product design are required. In planning design of the metallographic polishing machine, the Boothroyd Dewhurst method was employed as an analysis of the assembly process, to calculate the Design for Assembly (DFA) index in handling and combining each part of the machine, and obtain the design efficiency value based on the difficulty level and usage value of each assembly step. The final design of the two-disk polishing machine, with different rotation speeds driven by an electric motor, will undergo load simulation to determine the strength of the machine frame. This design planning process resulted in the final design of a two-disk polishing machine with different rotation speeds and powered by electric motor.*

Keywords - design; polishing machine; metalurgy; Assembly Analysis; Body Simulation.

Abstrak. *Mesin poles metalografi adalah sebuah mesin yang digunakan untuk menghaluskan dan meratakan spesimen logam hingga terlihat mengkilap seperti cermin dan struktur micro pada spesimen dapat diamati dengan seksama menggunakan microscop uji metalografi. Agar mesin poles metalografi dapat dibangun, maka diperlukan perencanaan mesin dan desain produk untuk tahap Pembangunan mesin poles metalografi. Pada perencanaan desain mesin poles metalografi digunakan metode boothryd Dewhurst sebagai Analisa proses assembly mesin poles metalografi, untuk menghitung DFA pada proses penanganan dan penggabungan setiap bagian dari mesin poles metalografi dan mendapat hasil dari nilai efisiensi perancangan berdasarkan Tingkat kesulitan dan nilai guna dari setiap Langkah perakitan. Desain akhir dari mesin poles metalografi akan dilakukan simulasi pembebanan untuk mengetahui kekuatan dari rangka mesin poles metalografi. Dalam perencanaan desain ini dihasilkan desain akhir mesin poles dua piringan dengan kecepatan putaran yang berbeda dan digerakkan oleh motor Listrik.*

Kata Kunci - desain; mesin poles; metalografi; analisa perakitan; simulasi rangka.

I. PENDAHULUAN

Karakteristik dan sifat material dapat diketahui dari sifat mekanik, sifat fisik, struktur, dan unsur yang ada didalamnya.[1] Proses uji yang dapat digunakan salah satunya yaitu pengujian metalografi dengan mengobservasi struktur *micro material*, agar mendapatkan struktur *micro* ada beberapa tahapan yang perlu dijalankan diantaranya adalah pemotongan, pemegangan (*mounting*), pengamplasan (*grinding*), pemolesan (*polishing*), etsa (*etching*), selanjutnya masuk pada proses observasi dengan mikroskop optik untuk mendapatkan hasil struktur *micro material*. [2] Tahapan penting dari proses uji metalografi adalah proses pengamplasan (*grinding*) dan proses pemolesan (*polishing*) yang menghasilkan spesimen uji menjadi rata, halus dan mengkilap seperti cermin tanpa ada goresan, yang kemudian dilanjutkan dengan proses etsa (*etching*). [3]

Pada proses ini diperlukan mesin poles metalografi untuk memudahkan berjalannya proses uji metalografi. Dikarenakan mesin poles untuk proses metalografi memiliki harga yang cukup mahal, maka dilakukan perencanaan desain untuk membangun mesin poles metalografi dua piringan dengan part yang mudah ditemukan dipasaran dan harga yang relatif murah. [4] Dua piringan difungsikan sebagai amplas (*grinding*) dan pemolesan (*polishing*) untuk mempercepat tahapan proses uji metalografi. Hasil akhir dari perencanaan desain ini dalam bentuk desain lengkap mesin poles metalografi.

II. METODE

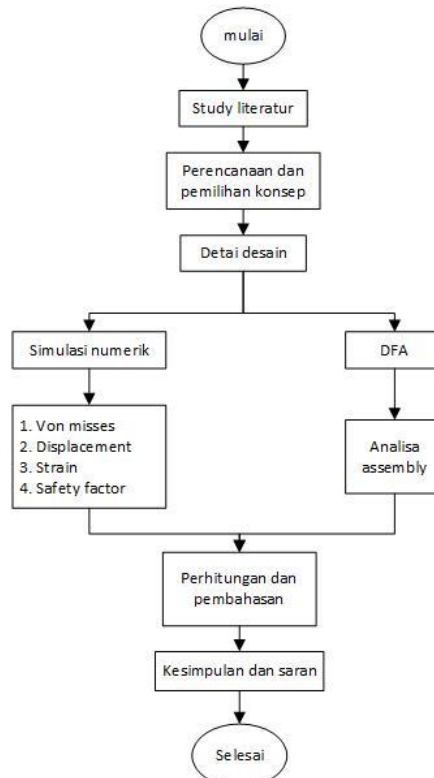
A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dengan observasi lingkungan, kemudian masuk dalam tahap penentuan konsep dan perencanaan komponen mesin, setelah didapat konsep desain dan komponen terpilih menggunakan metode tabel morfologi, masuk pada proses pembuatan desain mesin menggunakan *software*

SolidWork 2018. Setelah detail desain sudah selesai akan dilakukan proses simulasi pemberian beban *static* menggunakan *Software AutoDesk Inventor 2024* untuk mendapatkan data pemberian *static* terhadap desain. Selanjutnya akan dilakukan proses Analisa *assembly* menggunakan metode *boothroyd Dewhurst* untuk mendapatkan hasil data efisiensi proses perakitan.

B. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir (*flow chart*) merupakan gambar bagan yang menjelaskan mengenai tahapan proses penelitian secara umum.[5] Dalam penelitian ini akan digambarkan tahapan proses dalam bentuk diagram alir (*flow chart*) dapat dilihat pada Gambar 1.



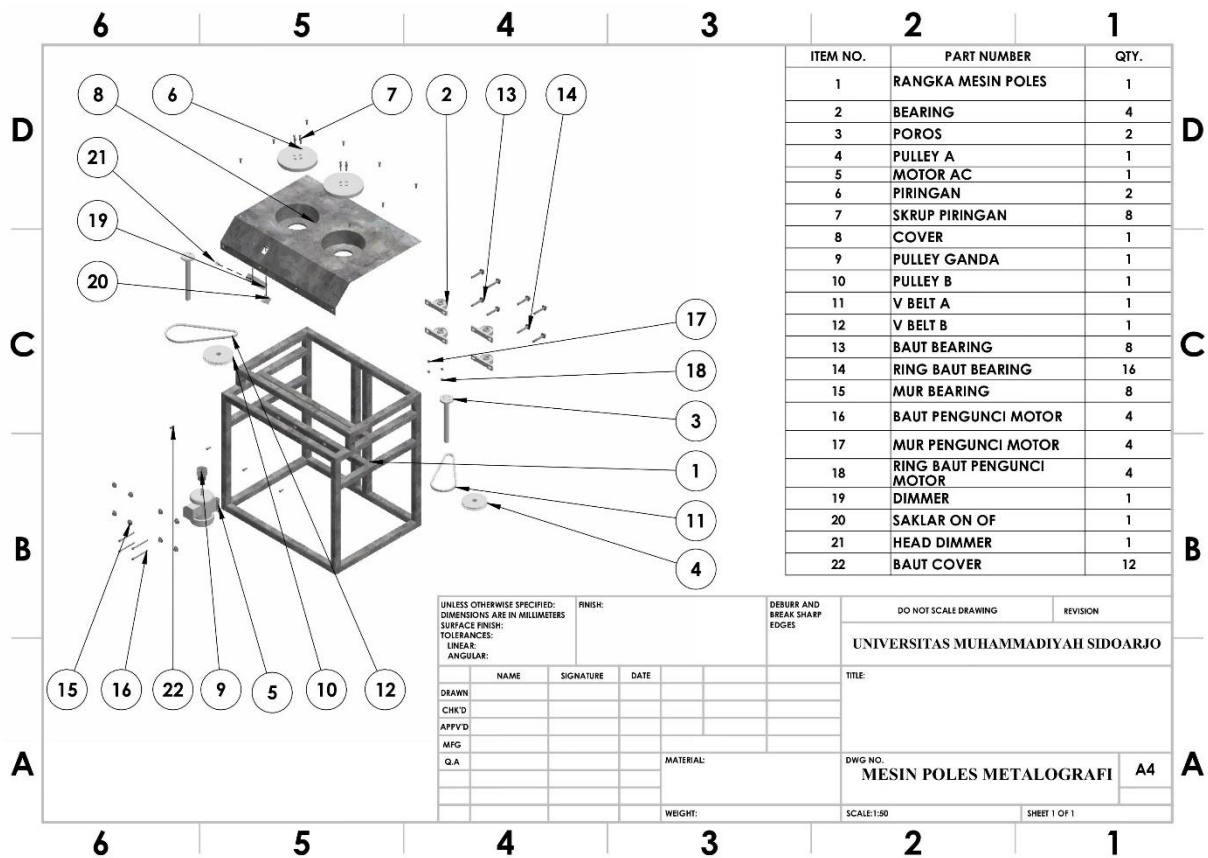
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

C. Perancangan Komponen dan Pemilihan Konsep

Pada perancangan konsep dan pemilihan komponen menggunakan metode tabel morfologi untuk menentukan konsep terpilih, kelayakan konsep mesin merupakan tahap awal dalam pemilihan konsep. Pada tahap ini, konsep mesin dibangun dari pilihan kombinasi sub-sistem, kemudian setiap konsep mesin dibandingkan dengan batasan kriteria yang telah diobservasi.[6]

D. Detail Desain Mesin Poles Metalografi

Proses desain menggunakan bantuan *software solidwork* 2018 untuk membuat desain 2D dan 3D mesin poles metalografi. Dari hasil pemilihan konsep desain dan perencanaan komponen dapat diwujudkan dalam bentuk desain 3D dan 2D, detail keseluruhan komponen dari mesin poles metalografi dapat dilihat pada gambar 2. desain mesin poles metalografi memiliki dimensi utama yang dapat dilihat pada tabel 1. Desain rangka mesin poles metalografi menggunakan material besi galvanis, pemilihan material ini didasari dengan pertimbangan dan melihat dari *material properties* (properti bahan).[7] Tabel spesifikasi material dari *material properties* dapat dilihat pada tabel 2.

Gambar 2. Desain *Breakdown* Mesin Poles Metalografi

Tabel 1. Dimensi Utama Mesin Poles Metalografi

Item	Unit (mm)
Panjang	800
Lebar	600
Tinggi	800
Profil	35 × 35 × 1

Tabel 2. Spesifikasi Material *Galvanized Steel*

No	Steel, Galvanized	
1	Mass Density	7,85 g/cm ³
2	Yield Strength	207 MPa
3	Ultimate Tensile Strenght	345 MPa
4	Youngs Modulus	200 GPa
5	Poissons Rasio	0,3 ul
6	Shear Modulus	76,9231 GPa

E. Simulasi Numerik

Desain akhir dari konsep desain terpilih dilakukan proses simulasi dengan menggunakan bantuan *software Autodesk Inventor Simulation* untuk menunjukkan hasil dari *von misses stress, displacement, strain, dan safety factor*. Desain rangka yang akan di simulasikan menggunakan material *Galvanized steel*.

1. Von Misses Stress (tegangan)+

Tegangan adalah besaran pengukuran yang intensitas gaya atau reaksi dalam yang timbul per satuan luas. Tegangan yang dihasilkan pada benda kerja ditentukan oleh besarnya gaya yang bekerja. Satuan gaya tegangan adalah gaya dibagi dengan satuan luas.[8]

2. Displacement (perpindahan)

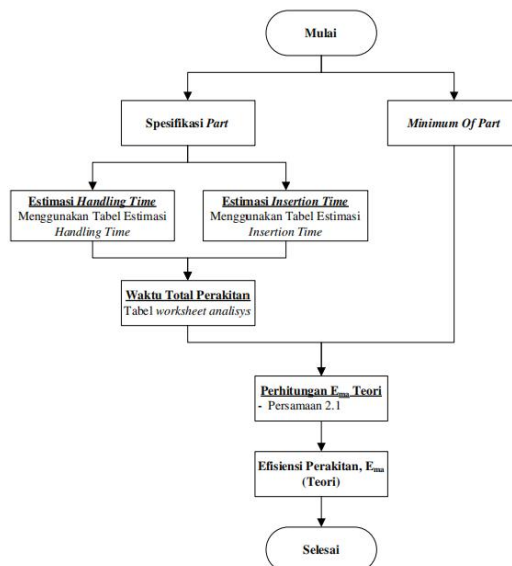
Displacement adalah pergerakan yang ditimbulkan oleh beban pada suatu material/komponen tertentu. Besarnya pergerakan yang terjadi ditentukan oleh besarnya beban yang diberikan pada material/komponen tersebut.[9]

3. *Strain* (regangan)
Regangan adalah perubahan panjang yang terjadi pada material akibat gaya tarik atau tekan. Perubahan regangan yang terjadi dapat berupa material yang memanjang, memendek, mengecil atau membesar.[10]
4. *Safety Factor* (faktor keamanan)
Safety Factor adalah nilai yang digunakan untuk memprediksi tingkat keamanan dari produk, untuk menghindari terjadinya kegagalan struktur (*Structure-failure*), dengan melakukan evaluasi keamanan material harus melebihi kekuatas yang dibutuhkan.[11]

F. DFA (*Design For Assembly*)

DFA (*Design For Assembly*) adalah salah satu metode perencanaan *assembling* yang akan menganalisa komponen desain produk secara keseluruhan, yang dimulai dari awal proses perakitan hingga menjadi mesin utuh, sehingga kesulitan-kesulitan dalam proses perakitan dapat diperhitungkan seminimal mungkin untuk mencapai efisiensi perakitan terbaik.[12] Setelah proses desain selesai akan dilanjutkan proses perhitungan efisiensi desain perakitan manual dengan cara metode *Boothroyd Dewhurst*, data yang di dapat akan digunakan sebagai pembandingan efisiensi assembly secara aktual pada mesin poles metalografi.[13]

Proses yang akan digunakan adalah metode perancangan perakitan manual (*Design for manual assembly*), dengan metode yang lebih sederhana dan relatif murah, lebih fleksibel dan lebih adaptif dapat memungkinkan dilakukan perancangan dengan variasi yang lebih tinggi.[14]



Gambar 3. Alur Estimasi Perakitan Secara Teori

Untuk menentukan estimasi waktu total perakitan (*tma*), harus menentukan estimasi waktu perakitan per *part* menggunakan bantuan tabel estimasi waktu perakitan setiap *part*, kemudian waktu perakitan setiap *part* dimasukkan pada *worksheet analysis*.

Tabel 3. *Worksheet Analysis* [15]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Name Of Assembly
<i>Part I.D. No.</i>	<i>Number Of Time The Operation Is Carried Out Consecutively</i>	<i>Two-Digit Manual Handling Code</i>	<i>Manual Handling Time Per Part</i>	<i>Two-Digit Manual Insertion Code</i>	<i>Manual Insertion Time Per Part</i>	<i>Operation Time, Second (2)X[(4)+(6)]</i>	<i>Operation Cost, Rp. 1,04 X (7)</i>	<i>Figure For Estimation Of Theoretical Minimum Part</i>	
Total									

MANUAL HANDLING–ESTIMATED TIMES (seconds)

Key: ONE HAND

		Parts are easy to grasp and manipulate					Parts present handling difficulties (1)					
		Thickness >2 mm		Thickness ≤2 mm			Thickness >2 mm			Thickness ≤2 mm		
		Size >15 mm	6 mm ≤ size >15 mm	Size <6 mm	Size >6 mm	Size ≤6 mm	Size >15 mm	6 mm ≤ size ≤15 mm	Size <6 mm	Size >6 mm	Size ≤6 mm	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Parts can be grasped and manipulated by one hand without the aid of grasping tools	$(\alpha + \beta) < 360^\circ$	0	1.13	1.43	1.88	1.69	2.18	1.84	2.17	2.65	2.45	2.98
	$360^\circ \leq (\alpha + \beta) < 540^\circ$	1	1.5	1.8	2.25	2.06	2.55	2.25	2.57	3.06	3	3.38
	$540^\circ \leq (\alpha + \beta) < 720^\circ$	2	1.8	2.1	2.55	2.36	2.85	2.57	2.9	3.38	3.18	3.7
	$(\alpha + \beta) = 720^\circ$	3	1.95	2.25	2.7	2.51	3	2.73	3.06	3.55	3.34	4

ONE HAND with GRASPING AIDS

		Parts need tweezers for grasping and manipulation								Parts need standard tools other than tweezers	Parts need special tools for grasping and manipulation	
		Parts can be manipulated without optical magnification				Parts require optical magnification for manipulation						
		Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present handling difficulties (1)		Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present handling difficulties (1)				
		Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	8	9	
Parts can be grasped and manipulated by one hand but only with the use of grasping tools	$\alpha \leq 180^\circ$	4	3.6	6.85	4.35	7.6	5.6	8.35	6.35	8.6	7	7
	$\beta = 360^\circ$	5	4	7.25	4.75	8	6	8.75	6.75	9	8	8
	$\alpha \leq \beta$	6	4.8	8.05	5.55	8.8	6.8	9.55	7.55	9.8	8	9
	$\beta = 360^\circ$	7	5.1	8.35	5.85	9.1	7.1	9.55	7.85	10.1	9	10

TWO HANDS for MANIPULATION

		Parts present no additional handling difficulties				Parts present additional handling difficulties (e.g. sticky, delicate, slippery, etc.) (1)						
		$\alpha \leq 180^\circ$		$\alpha = 360^\circ$		$\alpha \leq 180^\circ$			$\alpha = 360^\circ$			
		Size >15 mm	6 mm ≤ size ≤ 15 mm	Size <6 mm	Size >6 mm	Size >15 mm	6 mm ≤ size ≤ 15 mm	Size <6 mm	Size >6 mm	Size ≤6 mm		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Parts severely nest or tangle or are flexible but can be grasped and lifted by one hand (with the use of grasping tools if necessary) (2)		8	4.1	4.5	5.1	5.6	6.75	5	5.25	5.85	6.35	7

TWO HANDS or assistance required for LARGE SIZE

		Parts can be handled by one person without mechanical assistance								Parts severely nest or tangle or are flexible (2)	Two persons or mechanical assistance required for parts manipulation	
		Parts do not severely nest or tangle and are not flexible										
		Part weight <10 lb				Parts are heavy (>10 lb)						
		Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present other handling difficulties (1)		Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present other handling difficulties (1)		8	9	
		$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	8	9	
Two hands, two persons or mechanical assistance required for grasping and transporting parts		9	2	3	2	3	3	4	4	5	7	9

Gambar 4. Estimasi Waktu Penanganan Manual

MANUAL INSERTION—ESTIMATED TIMES (seconds)

		Alter assembly no holding down required to maintain orientation and location (3)				Holding down required during subsequent processes to maintain orientation at location (3)					
		Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly		Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly			
Key:		No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)		
		0	1	2	3	6	7	8	9		
Addition of any part (1) where neither the part itself nor any other part is finally secured immediately Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location Part and associated tool (including hands) cannot easily reach the desired location Due to obstructed access or restricted vision (2) Due to obstructed access and restricted vision (2)	0	1.5	2.5	2.5	3.5	5.5	6.5	6.5	7.5		
	1	4	5	5	6	8	9	9	10		
	2	5.5	6.5	6.5	7.5	9.5	10.5	10.5	11.5		
Addition of any part (1) where the part itself and/or other parts are being finally secured immediately Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location and the tool can be operated easily Part and associated tool (including hands) cannot easily reach desired location or tool cannot be operated easily Due to obstructed access or restricted vision (2) Due to obstructed access and restricted vision (2)	No screwing operation or plastic deformation immediately after insertion (snap/press fits, circlips, spire nuts, etc.) Plastic deformation immediately after insertion Plastic bending or torsion Rivetting or similar operation Screw tightening immediately after insertion	Easy to align and position with no resistance to insertion (4) Not easy to align or position during assembly and/or resistance to insertion (5)	Easy to align and position during assembly (4) Not easy to align or position during assembly	No resistance to insertion Resistance to insertion (5)	Easy to align and position during assembly (4) Not easy to align or position during assembly	No resistance to insertion Resistance to insertion (5)	Easy to align and position with no torsional resistance (4) Not easy to align or position and/or torsional resistance (5)	Easy to align and position with no torsional resistance (4) Not easy to align or position and/or torsional resistance (5)	Easy to align and position with no torsional resistance (4) Not easy to align or position and/or torsional resistance (5)		
										0	1
	3	2	5	4	5	6	7	8	9	6	8
	4	4.5	7.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	8.5	10.5
	5	6	9	8	9	10	11	12	13	10	12
	9	4	7	5	12	7	8	12	12	9	12

PART ADDED but NOT SECURED

PART SECURED IMMEDIATELY

SEPARATE OPERATION

Assembly processes where all solid parts are in place







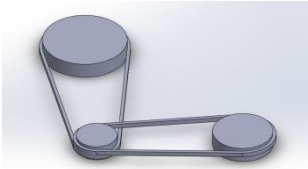
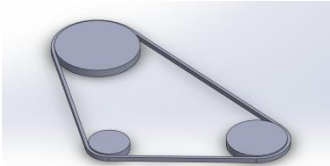
Gambar 5. Estimasi Waktu Penggabungan Manual

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini perancangan desain mesin poles metalografi akan menggunakan bantuan *software SolidWork* 2018 dengan pemilihan konsep menggunakan metode tabel morfologi untuk menentukan konsep terpilih, dan dalam proses pengambilan data simulasi *body*/rangka model menggunakan *AutoDesk Inventor Simulation* 2024 untuk

mendapatkan hasil dari *von misses stress*, *displacement*, *strain*, dan *safety factor*. Berikut tabel morfologi untuk pemilihan konsep mesin poles metalografi.

A. Hasil Perencanaan Komponen dan Konsep Desain

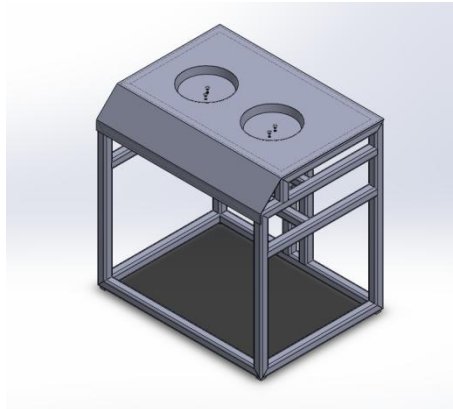
		Tabel 4. Morfologi Mesin Poles Metalografi		
Option Topic	1	2		
A	Model Rangka			
		Konsep Desain Mesin Poles Model Berdiri	Konsep Desain Mesin Poles Model Duduk	
B	Pemilihan Material Rangka			
		Besi Hollow Galvanis 35mm x 35mm	Besi Hollow Aluminium 3mm x 3mm	
C	Motor			
		Motor AC 1 Phase	Motor DC	
D	Mekanisme Transmisi			
		Double Belt	Single Belt	

Dari tabel morfologi didapatkan 2 hasil penentuan konsep untuk desain mesin poles metalografi, konsep desain tersebut yaitu :

Konsep 1 : A1+B1+C1+D1

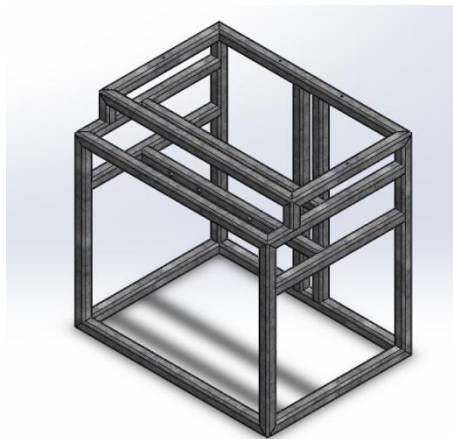
Konsep 2 : A2+B2+C2+D2

Dari 2 konsep didapat, terpilih konsep 1 untuk dilanjutkan pada proses desain. Desain dari konsep terpilih dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 6. Desain Akhir Mesin Poles Metalografi

B. Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Simulasi Kekuatan *Body*/Rangka Model Mesin Poles



Gambar 7. Desain Rangka Mesin Poles Metalografi

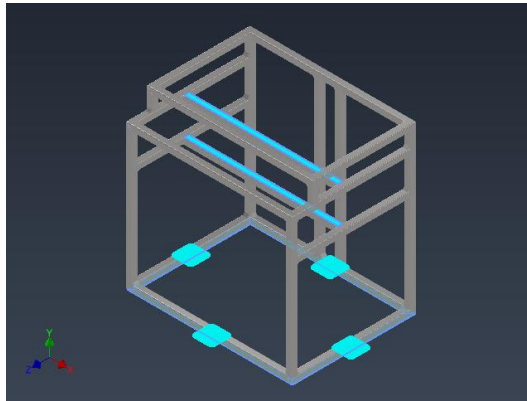
Tabel 5. Beban *Part* pada Rangka

Keterangan		Beban	
Poros 1	Poros	1,45kg	Total 4,7 Kg
	Pulley 1	1,20Kg	
	2 Bearing	1,40Kg	
	Mur dan baut	0,40Kg	
	Piringan	0,25Kg	
Poros 2	Poros	1,45kg	Total 4,4 Kg
	Pulley 2	0,90Kg	
	2 Bearing	1,40Kg	
	Mur dan baut	0,40Kg	
	Piringan	0,25Kg	
Total		9,1 Kg	

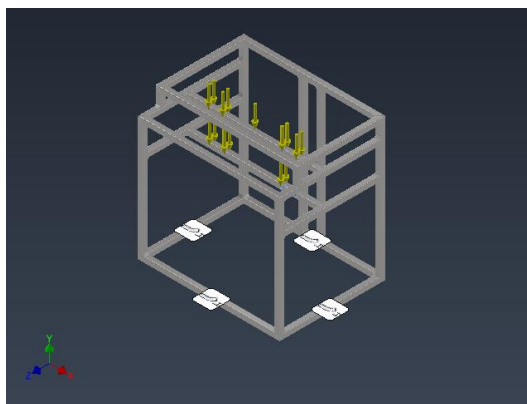
Proses simulasi mulai awal ditunjukkan dengan urutan sebagai berikut:

- Menentukan lokasi tumpuan penahan beban
- Pemberian beban
- Pemberian material
- Meshing
- Perhitungan *software*/proses simulasi
- Report data untuk mendapatkan hasil analisa tegangan (*Stress*), regangan (*Strain*), deformasi (*Displacement*), faktor keamanan/*Factor of Safety (FOS)*

Pemberian tumpuan dan gaya pada desain rangka mesin poles dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7 berikut.



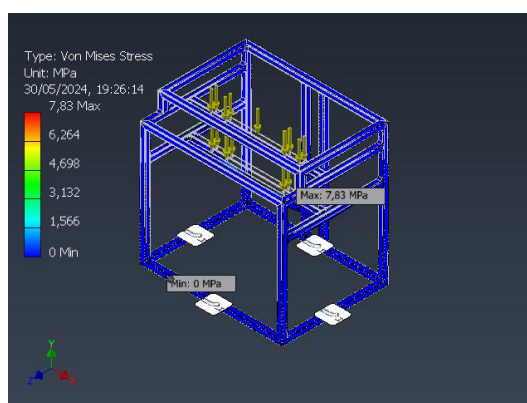
Gambar 8. Pemberian Tumpuan



Gambar 9. Pembebanan Statis

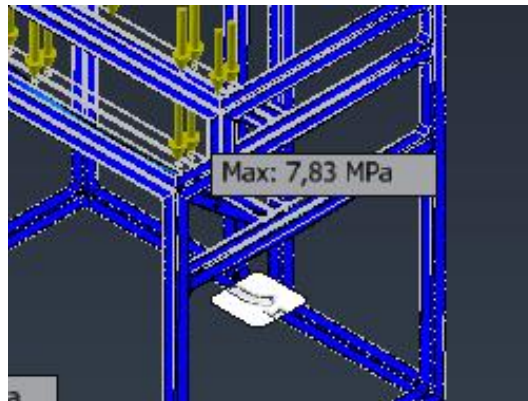
Setelah dilakukan proses simulasi rangka beban statis menggunakan 2 beban poros dengan menggunakan software *Autodesk Inventor 2024*, maka didapatkan nilai *Von Misses Stress*, *Strain*, *Displacement*, dan *Safety Factor* dari rangka mesin poles metalografi berupa nilai maksimum dan minimum dari hasil simulasi.

1. Tegangan (*Von Misses Stress*)

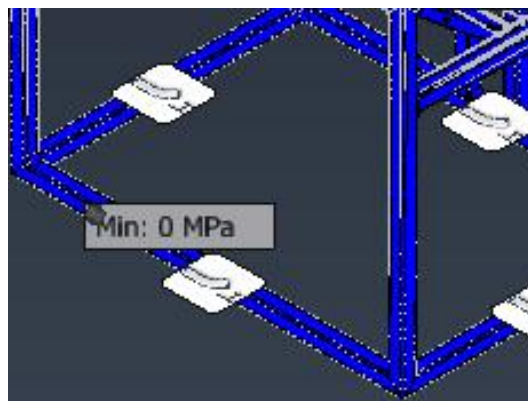


Gambar 10. Tegangan *Von Misses* pada Desain Mesin Poles Metalografi

Hasil dari simulasi *von misses* pada desain rangka mesin poles metalografi menunjukkan bahwa desain rangka mengalami tegangan maksimal sebesar 7,83 Mpa dan tegangan minimal sebesar 0 MPa. Titik tegangan maksimal dan minimal dapat dilihat pada gambar 11 dan 12 berikut.

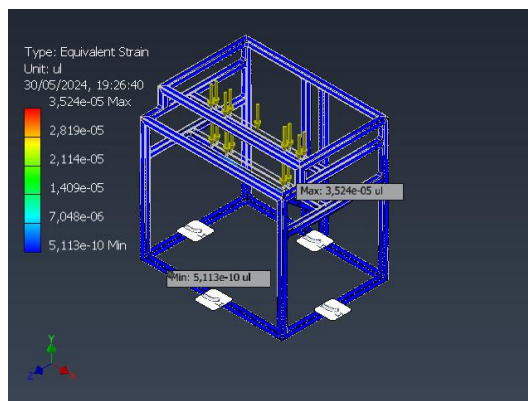


Gambar 11. Tegangan Maksimal *Von Mises* pada Rangka



Gambar 12. Tegangan Minimal *Von Mises* pada Rangka

2. Regangan (*Strain*)



Gambar 13. Analisa Regangan pada Desain Rangka

Perhitungan nilai regangan maksimal yang diizinkan:

$$\mathcal{E} = \frac{\sigma}{E} [16]$$

$$\mathcal{E} = \frac{7,83}{200}$$

$$\mathcal{E} = 0,039$$

Keterangan:

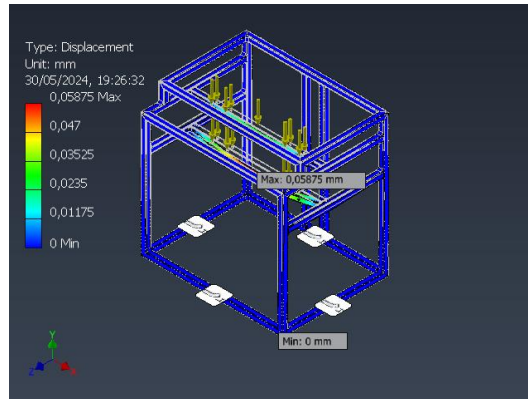
\mathcal{E} : Regangan

σ : Tegangan normal (N/m²)

E : Modulus elastisitas (N/m²)

Dari hasil simulasi *software* didapat nilai regangan maksimal sebesar 0,0000352366 dan nilai regangan minimal sebesar 0,000000000511336, dari hasil nilai regangan yang di izinkan adalah 0,039. Sehingga nilai maksimal dari hasil simulai lebih kecil dari nilai regangan yang di izinkan berarti bahwa nilai regangan dari komponen aman.

3. *Displacement*



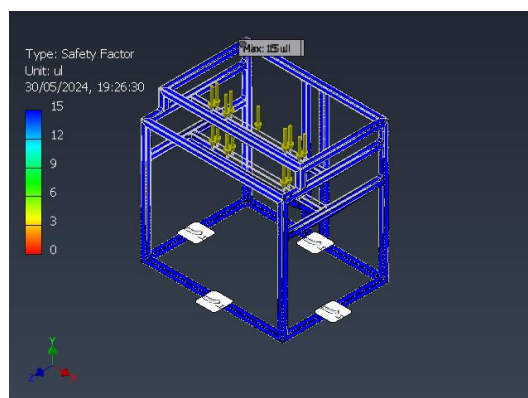
Gambar 14. Analisa *Displacement* pada Desain Rangka Mesin Poles



Gambar 15. Titik Maksimal Analisa *Displacement* pada Desain Rangka Mesin Poles

Hasil dari analisa simulasi *displacement* didapatkan nilai defleksi maksimum dengan total beban 9,1Kg mengalami perpindahan maksimal sebesar 0,05875 mm pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimum sebesar 0 mm pada daerah yang berwarna biru tua.

4. *Safety Factor*



Gambar 16. Analisa *Safety Factor* dari Desain Rangka Mesin Poles

Perhitungan nilai *safety factor*:

$$sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_{actual}} [15]$$

$$sf = \frac{207}{7,82986} = 26,43 > 1$$

Faktor keamanan maksimum yang terjadi sebesar 15 ul terdapat pada bagian yang berwarna biru tua yang ditunjukkan pada tulisan *max* pada gambar. Desangkan faktor keamanan minimum terdapat pada bagian yang sama yang ditunjukkan dengan tulisan *min* sebesar 15 ul. Faktor keamanan desain dikatakan aman apabila nilai yang diterima lebih dari 1, nilai *safety factor* dari rangka mesin poles metalografi adalah 26,43 jadi desain rangka mesin poles termasuk kategori aman.

C. Analisa Hasil Simulasi pada Desain Rangka Mesin Poles Metalografi

Tabel 6. Hasil Data Simulasi pada Rangka Mesin Poles

Nama	Nilai Maksimum			Nilai Minimum			Safety Factor
	Von Mises Stress (MPa)	Displacement (mm)	Strain	Von Mises Stress (MPa)	Displacement (mm)	Strain	
Rangka Mesin Poles Metalografi	7,82986	0,0587477	0,0000352366	0,000117923	0	0,000000000511336	26,43

Tabel 7. Result Summary Desain Rangka Mesin Poles

Name	Minimum	Maximum
Volume	3017390 mm ³	
Mass	23,6865 kg	
Von Mises Stress	0,000117923 MPa	7,82986 MPa
1st Principal Stress	-1,29474 MPa	7,52143 MPa
3rd Principal Stress	-8,25488 MPa	1,3916 MPa
Displacement	0 mm	0,0587477 mm
Safety Factor	15 ul	15 ul
Stress XX	-3,94493 MPa	4,4251 MPa
Stress XY	-3,9483 MPa	2,61082 MPa
Stress XZ	-1,46716 MPa	1,49841 MPa
Stress YY	-6,80022 MPa	7,0659 MPa
Stress YZ	-1,4651 MPa	1,42215 MPa
Stress ZZ	-3,491 MPa	4,11554 MPa
X Displacement	-0,0030955 mm	0,0031463 mm
Y Displacement	-0,0587447 mm	0,00000401616 mm
Z Displacement	-0,00403797 mm	0,000836727 mm
Equivalent Strain	0,000000000511336 ul	0,0000352366 ul
1st Principal Strain	-0,00000147141 ul	0,000032656 ul
3rd Principal Strain	-0,0000385288 ul	0,00000177876 ul
Strain XX	-0,0000153242 ul	0,0000178941 ul
Strain XY	-0,0000256639 ul	0,0000169703 ul
Strain XZ	-0,00000953654 ul	0,00000973968 ul
Strain YY	-0,0000290152 ul	0,000029695 ul
Strain YZ	-0,00000952312 ul	0,00000924399 ul
Strain ZZ	-0,0000137178 ul	0,0000172266 ul
Contact Pressure	0 MPa	12,2814 MPa
Contact Pressure X	-8,27534 MPa	8,26292 MPa
Contact Pressure Y	-8,71347 MPa	4,75192 MPa
Contact Pressure Z	-6,51425 MPa	8,65424 MPa

D. Analisa dan Pembahasan Hasil Analisa Assembly

Hasil Penghitungan estimasi waktu dan efisiensi perakitan secara teori mesin poles metalografi dapat dilihat pada tabel berikut. Waktu total perakitan seluruh part secara teori adalah 594.64 detik atau 9.911 menit dan nilai efisiensi perakitannya adalah 10,5%.

Tabel 8. Analisa Assembly

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Name Of Assembly
<i>part I.D. No.</i>	<i>Number of item</i>	<i>Handling Code</i>	<i>Handling Time</i>	<i>Insertion Code</i>	<i>Insertion time</i>	<i>Total time (s) (2)x[(4)+(6)]</i>	<i>operation cost (Rp.) 1,04 x (7)</i>	<i>figure for estimation of theoretical minimum part</i>	<i>PHOLISING MACHINE</i>
Sub Assembly 1									
S3A1 : Rakitan motor									
1	1	30	1.95	00	1.5	3.45	3.588	1	Motor
2	4	09	2.98	06	5.5	33.92	35.2768	0	Ring Baut Pengunci Motor
3	4	10	1.5	38	6	30	31.2	1	Baut Pengunci Motor
						0	0	-	Membalikkan Posisi Motor
4	8	10	1.5	38	6	60	62.4	1	Mur Pengunci Motor A
						0	0	-	Memutar 90° Posisi Motor
5	1	11	1.8	06	5.5	7.3	7.592	1	Pulley Ganda
6	1	10	1.5	38	6	7.5	7.8	1	Baut Penahan Pulley
Sub Assembly 2									
S3A2 : Gabungan cover dengan dimmer									
7	1	30	1.95	00	1.5	3.45	3.588	1	Cover Atas
						0	0	-	Membalikkan Posisi Cover
8	1	30	1.95	06	5.5	7.45	7.748	1	Dimmer
9	1	30	1.95	00	1.5	3.45	3.588	1	Saklar On/Off
						0	0	-	Putar Cover Ke Posisi Awal
10	1	30	1.95	00	1.5	3.45	3.588	0	Handle Dimmer
Assembly Akhir									
Rakitan Akhir : Gabungan Rangka dengan sub Assembly 1 dan 2									
11	1	30	1.95	00	1.5	3.45	3.588	1	Rangka
12	2	33	2.51	00	1.5	8.02	8.3408	1	Bearing
13	4	09	2.98	06	5.5	33.92	35.2768	0	Ring Baut Pengunci Bearing
14	4	10	1.5	38	6	30	31.2	1	Baut Pengunci Bearing
15	4	09	2.98	06	5.5	33.92	35.2768	0	Ring Mur Pengunci Bearing
16	4	10	1.5	38	6	30	31.2	1	Mur Pengunci Bearing
17	2	11	1.8	06	5.5	14.6	15.184	1	Poros A

18	1	10	1.5	06	5.5	7	7.28	1	Pulley A
19	1	80	4.1	32	4	8.1	8.424	1	V Belt A
20	2	11	1.8	06	5.5	14.6	15.184	1	Poros B
21	1	10	1.5	06	5.5	7	7.28	1	Pulley B
22	1	80	4.1	32	4	8.1	8.424	1	V Belt B
S3A2	1	80	4.1	38	6	10.1	10.504	-	Menggabungkan Sub Assembly 2 Ke Rakitan Akhir
23	12	10	1.5	38	6	90	93.6	1	Baut Pengunci Cover
24	2	00	1.13	06	5.5	13.26	13.7904	0	Piringan
25	8	11	1.8	38	6	62.4	64.896	1	Skrup Pengunci Piringan
S3A1	1	85	5	38	6	11	11.44	-	Menggabungkan Sub Assembly 1 Ke Rakitan Akhir
19	1	80	4.1	32	4	8.1	8.424	-	V Belt A
22	1	80	4.1	32	4	8.1	8.424	-	V Belt B
26	2	10	1.5	38	6	15	15.6	1	Mur Pengunci Motor
	1	-		98	9	9	9.36	-	Ajusting Belt Pulley A
	1	-		98	9	9	9.36	-	Ajusting Belt Pulley B
			Total			594.64	618.4256	21	Design Efficiency =
						TM	CM	NM	$\frac{3 \times NM}{TM} = 0.1059$

Tabel 9. Hasil Estimasi Perakitan

Kriteria	Nilai
Jumlah part per produk	26
Total waktu perakitan (TM) per produk	594.64 s
Selisih jumlah part aktual dengan jumlah part minimum teoritis (NM)	21
Total biaya perakitan (CM) per produk	618.4256
Design Efficiency	0.1059 (10,59%)
Jumlah part produk yang dapat dirakit	76
Banyaknya langkah perakitan berdasarkan assembly chart	26

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian perencanaan desain mesin poles metalografi dengan uji simulasi *body*/rangka model dan perhitungan analisa *assembly* menggunakan metode *boothroyd dewhurst*, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdaaskan hasil simulasi rangka mesin poles metalografi dengan beban total 9,1 Kg termasuk dalam kategori aman digunakan, karena memiliki nilai *safety factor* lebih dari 1.
2. Dari analisa yang dilakukan didapatkan hasil simulasi berupa *von misses stress* sebesar 7,82986 MPa, *displacement* sebesar 0,0587477mm, *strain* sebesar 0,0000352366 ul dan *safety factor* sebesar 26,43.
3. Berdasarkan hasil dari nilai analisis DFA mesin poles metalografi mendapatkan nilai efisiensi perakitan secara teori sebesar 10,59% dengan jumlah waktu teoritis sebesar 594,64 s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta Laboratorium teknik mesin yang telah membantu dalam bentuk biaya dan fasilitas untuk penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Y. Liu *et al.*, *Buku Metalurgi Logam - Hendri Nurdin.pdf*, vol. 35, no. 1. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.161665%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.170148%0Ahttp://>

- dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2012.11.088%0Ahttp://dx.doi.org/10.1039/C6TC03288E
- [2] M. I. Almadani and R. Siswanto, "Proses Manufaktur Mesin Poles Dan Ampelas Untuk Proses Metalografi," *Jtam Rotary*, vol. 2, no. 1, p. 15, 2020, doi: 10.20527/jtam_rotary.v2i1.2001.
- [3] M. Di and L. Mekanik, "Rancang Bangun Mesin Polishing Sebagai Alat Bantu Praktikum," vol. 2018, pp. 24–29, 2018.
- [4] F. Budhi, F. Budhi, M. Muslih, and M. A. Febrianto, "Rancang Bangun Mesin Poles Piringan Tunggal (Single Disc) Untuk Proses Metalografi," vol. 24, no. 1, pp. 17–22, 2021.
- [5] A. Zalukhu, P. Singly, and D. Darma, "Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart," *J. Teknol. Inf. dan Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 61–70, 2023, [Online]. Available: <https://ejurnal.istp.ac.id/index.php/jtii/article/view/351>
- [6] Rifky Ismail, Munadi, Zakki Kurniawan Ahmad, and Athanasius Priharyoto Bayuseno, "Analisis Displacement dan Tegangan Von Mises Terhadap Chassis Mobil Listrik Gentayu."
- [7] R. Ilyandi, D. S. Arief, T. Indra, and P. Abidin, "Analisis Design For Assembly (DFA) Pada Prototipe Mesin Pemisah Sampah Material Ferromagnetik Dan Non Ferromagnetik," 2015.
- [8] I. Sungkono, H. Irawan, and D. A. Patriawan, "Analisis Desain Rangka Dan Penggerak Alat Pembulat Adonan Kosmetik Sistem Putaran Eksentrik Menggunakan Solidwork," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. VII 2019*, pp. 575–580, 2019.
- [9] F. A. Budiman, A. Septiyanto, Sudiyono, A. D. N. I. Musyono, and R. Setiadi, "Analisis Tegangan von Mises dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Febrian Arif Budiman dkk / Jurnal Rekayasa Mesin," *Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 1, pp. 100–108, 2021.
- [10] Risky Erianto, "Perancangan Mekanisme Penumpang Muatan pada Gerobak Sorong Bermesin Tipe PB300 Ninja di PT Mustika Sembuluh, Kalimantan Tengah." 2022.
- [11] S. Wunda, A. Z. Johannes, R. K. Pingak, and A. S. Ahab, "Analisis Tegangan , Regangan Dan Deformasi Crane Hook Dari Material Baja Aisi 1045 Dan Baja St 37 Menggunakan Software Elmer," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 4, no. 2, pp. 131–137, 2019.
- [12] P. Ulang, P. Richtpresse, and R. Yovita, "Penerapan Metode Boothroyd – Dewhurst Dalam (Studi Kasus di PT . Budi Agung Periangan)," 2000.
- [13] G. Boothroyd, "Product design for manufacture and assembly," vol. 26, no. July, pp. 505–520, 1994.
- [14] rahayu deny danar dan alvi furwanti Alwie, A. B. Prasetyo, R. Andespa, P. N. Lhokseumawe, and K. Pengantar, "Perancangan Safety Mirror For Car Passenger Menggunakan Metode Verein Deutcher Ingenieure (VDI) 2222 Dan Kansei Engineering," *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret 201*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2020.
- [15] R. F. Ramadhana, *Analisis Pembebanan Pada Desain Chassis Prototype Mobil Listrik Hemat Energi Menggunakan Software Autodesk Inventor 2019*. 2024.
- [16] A. R. Pahlawan, R. Hanifi, and A. Santosa, "Analisis Perancangan Frame Gokart dari Pengaruh Pembebanan dengan Menggunakan CAD Solidworks 2016," vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.