

PERANCANGAN MEJA KERJA DENGAN PENDEKATAN *FINITE ELEMENT METHOD* DI DEPARTEMEN PRL *HEAD OFFICE* PT LSA

Marcelino Darusman¹⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
marcelinodarusman@gmail.com

Ilham Taufik Maulana²⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
ilham.tmaulana@gmail.com

Keywords :

Finite Element Method
Factor of Safety
Displacement

Abstract :

Currently the workbench used by Dept. PRL employees needs repair. The work table currently owned has a model of 1 work desk that is used simultaneously so that the distance between employees is very close, Changes to the new work desk will be adjusted to the value of the user's body characteristics and the manufacture of a new work desk also pays attention to the safety factor and material strength. which material to use. In repairing the workbench, the Finite Element Method (FEM) approach is used. Where with this method we can find out the Factor of safety in the design and materials used on the workbench, through test simulations using the 2019 Solidwork software we can find out the feasibility of the materials and designs used. which has specifications and prices according to needs and testing on the frame also includes testing of welded joints and threaded connections, to determine the safety of the frame before loading simulation is carried out, the value of factor of safety on the table frame after testing with a load in stages starting from 50 kg up to 150 kg can be declared safe because in testing the heaviest load of 150 kg produces a value of 6,219 FS where the value above is from the safety standard of material 6 which makes the frame safe even in accepting loads up to 150 kg

PENDAHULUAN

PT LSA merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi ban untuk motor, mobil, bus, dan truk. Perusahaan sudah berdiri sejak 1951 dan telah memiliki lebih dari ±17.000 karyawan. Setiap karyawan memiliki hak untuk menerima gaji yang harus dibayarkan oleh perusahaan setiap bulan atas pekerjaan yang telah dilakukan. Pembayaran gaji para karyawan telah diatur oleh Departemen PRL. Selain itu, Departemen PRL memiliki tanggung jawab lain untuk menyiapkan data secara teliti mengenai gaji pokok, jam kerja, dan jam lembur setiap karyawan. Terdapat 4 karyawan untuk menunjang seluruh tugas dan seluruh karyawan bekerja dalam satu ruang kerja yang sama. Dalam ruangan tersebut memiliki berbagai sarana penunjang, setiap sarana yang digunakan memiliki sifat material beragam. Maka dibutuhkan sarana penunjang kerja, salah satu sarana penunjangnya adalah meja kerja, saat ini meja kerja yang digunakan oleh karyawan diperlukan perbaikan secepatnya.

Perubahan meja kerja yang baru akan disesuaikan dengan nilai karakteristik tubuh penggunaannya sehingga diharapkan dapat menurunkan nilai RULA dan resiko. Pembuatan meja kerja yang baru juga memperhatikan faktor keamanan dan

kekuatan material. Kekuatan Material adalah menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah (Suarsana, 2017), untuk mengetahui material mana yang layak digunakan. Dalam melakukan perbaikan meja kerja digunakan pendekatan *Finite Element Metode* (FEM). Dimana dengan metode ini kita dapat mengetahui *Factor of safety* pada desain serta material yang digunakan pada meja kerja, melalui simulasi pengujian dengan menggunakan *software solidwork 2019* kita dapat mengetahui kelayakan material dan disain yang digunakan.

Meja kerja yang dimiliki saat ini memiliki model 1 meja kerja yang digunakan secara bersamaan sehingga tidak jarak antar karyawan sangat berdekatan, sedangkan pada saat ini Kementerian Kesehatan telah mengeluarkan surat edaran mengenai Pencegahan Penularan *Coronavirus Disease* (COVID-19) di Tempat Kerja. Dalam surat edaran KEMENKES RI NOMOR HK. 02.01/MENKES/216/2020 menyebutkan salah satu point pembahasannya adalah mengenai tindakan pencegahan penyebaran dengan menjaga jarak setidaknya 1 meter dengan orang lain (KEMENKES, 2020).



Gambar I. Kondisi meja lama
(Sumber Kajian Penulis, 2022)

Berdasarkan Gambar I dan juga mengacu pada keputusan pemerintah maka penulis melakukan perancangan ulang terhadap desain meja kerja yang akan digunakan pada departemen PRL.

TINJAUAN PUSTAKA

Studi Pustaka

Mengumpulkan hasil kajian dari penelitian sebelumnya memiliki tujuan untuk mendapatkan bahan pembanding dan sebagai rujukan pada penelitian ini. Kemudian agar terhindar dari dugaan kesamaan terhadap penelitian yang sedang dilakukan, maka peneliti memuat hasil dari kajian sebelumnya pada Tabel I berikut:

Tabel I. Kajian Sebelumnya

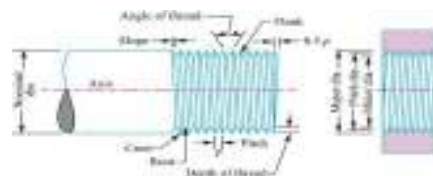
No	Nama	Judul	Hasil kajian
1	Yusuf, Rodika, dan Oktriadi, 2021	Analisa Pengujian Kekuatan Material Troli Pada Sepeda Berbahan Galvanis	Penggunaan hollow galvanis dengan ukuran 20x20x1,5 mm sebagai rangka utama diharapkan dapat menahan beban maksimal ±30 kg. Dan hasil pengujian yang didapatkan menggunakan software solidwork berupa, tegangan maksimum pada rangka sebesar 158,800,000 N/m ² , defleksi sebesar 4533 mm. sehingga dapat disimpulkan material hollow galvanis mampu menahan beban maksimal sampai dengan 30 kg.
2	Mubarak, Rahayu, dan	Simulasi Pengujian Meja Praktikum	Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan desain meja

No	Nama	Judul	Hasil kajian
	Syafrizal, 2018	Usulan Laboratorium Proses Manufaktur Dengan Menggunakan Pendekatan Finite Element Method (FEM)	memiliki kelayakan untuk digunakan dan diterapkan. Dengan hasil nilai stress yang didapatkan sebesar 2.613e+005 N/m ² masih di bawah nilai Yield Strength 2.000e+007 N/m ² dan didapat pula nilai factor of safety 76.54 N/m ² yang menyatakan bahwa desain meja aman untuk digunakan dan diterapkan.

(Sumber Kajian Penulis, 2022)

Landasan Teori Sambungan Ulir

Sambungan mur baut (*bolt*) sering kali kita jumpai penggunaannya pada komponen mesin, sambungan baut merupakan sambungan yang tidak tetap melainkan dapat di bongkar pasang (Irawan, 2009), sambung baut memiliki kelebihan mudah dalam instalasi dan kemampuan yang tinggi dalam menerima beban tetapi kerugian dari penggunaan baut memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi pada daerah ulir



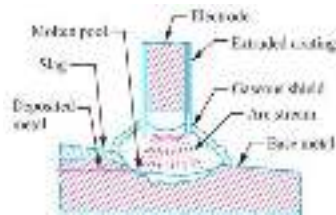
Gambar II. Sambungan Ulir
(Sumber : (Khurmi & Gupta, 2005))

Keterangan :

1. *Major Diameter* adalah diameter terbesar baik dari ulir dalam ataupun luar
2. *Minor Diameter* adalah diameter terkecil baik dari ulir dalam ataupun luar
3. *Pitch Diameter* adalah diameter efektif dari baut
4. *Pitch* adalah jarak antara titik ulir dengan titik ulir lainnya
5. *Lead* adalah jarak pada heliks yang sama atau jarak lilitan.
6. *Crest* adalah permukaan tepian pada ulir.
7. *Root* adalah permukaan bawah pada ulir
8. *Depth of Thread* adalah jarak kemiringan antara *rest* dan *root*.

9. *Flank* adalah permukaan pemisah *rest* dan *root*.
10. *Angle of Thread* adalah sudut yang terbentuk antara *flank* dan ulir

Pengelasan



Gambar III. Sambungan Las

Sumber : (Khurmi & Gupta, 2005))

Pengelasan merupakan kegiatan penyambungan permanen antara kedua tepi logam dengan cara mencairkan sebagian logam utama dan logam pengisi dengan ataupun tanpa logam tambahan dan menghasilkan logam penyambung diantaranya, baik dengan sumber panas dari listrik ataupun sumber pembakaran gas (Khurmi & Gupta, 2005)

Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan merupakan faktor yang digunakan dalam menganalisis dan mengevaluasi keamanan dari suatu elemen (Hardiputra et al., 2018). Faktor keamanan sendiri biasa digunakan sebagai acuan dalam pembuatan suatu rancangan dan desain untuk menjamin keamanan dari rancangan dan desain tersebut. Faktor keamanan (*safety factor*) dapat didefinisikan secara umum sebagai hubungan rasio antara tegangan maksimum (*maximum stress*) dengan tegangan kerja (*working stress*) (Khurmi & Gupta, 2005) dapat dirumuskan dalam persamaan 7, 8, dan 9 sebagai berikut:

$$FS = \frac{\text{maximum stress}}{\text{working or design stress}}$$

Dalam kasus penggunaan material yang ulet seperti besi karbon (*carbon steel*) tegangan titik luluh (*yield point stress*) digunakan sebagai acuan untuk kasus tersebut dapat dirumuskan dalam persamaan 7 sebagai berikut:

$$FS = \frac{\text{yield point stress}}{\text{working or design stress}}$$

Dalam kasus penggunaan material yang getas seperti besi tuang (*cast iron*) tegangan tarik (*ultimate stress*) digunakan sebagai acuan untuk kasus tersebut dapat dirumuskan dalam persamaan 8 sebagai berikut:

$$FS = \frac{\text{ultimate stress}}{\text{working or design stress}}$$

Dan untuk tegang Tarik dan tegangan geser ijin Menurut kode *American Society of Mechanical Engineering* (ASME) untuk desain *shaft* transmisi,

maksimum tegangan kerja yang diizinkan baik dalam bentuk tarik ataupun tekan adalah:

- a) 112 Mpa untuk *shaft* tanpa pasak.
- b) 84 Mpa untuk *shaft* dengan pasak.

Dengan spesifikasi fisik *shaft*, tegangan tarik izin (σ_1) diambil 60% dari batas elastisitas tarik (σ_{el}), dan tidak melebihi 36% tegangan tarik *ultimate* (σ_u). Dengan kata lain, tegangan Tarik ijin adalah:

$$\sigma_t = 0,6 \sigma_{el} \text{ atau } 0,36 \sigma_u$$

Tegangan geser maksimum yang diizinkan adalah:

- a) 56 Mpa untuk *shaft* tanpa pasak.
- b) 42 Mpa untuk *shaft* dengan pasak.

Dengan spesifikasi fisik *shaft*, tegangan geser izin (τ) diambil 30% dari batas elastisitas tarik (σ_{el}), dan tidak melebihi 18% tegangan tarik *ultimate* (σ_u). Dengan kata lain, tegangan geser yang diizinkan adalah

$$\tau = 0,3 \sigma_{el} \text{ atau } 0,18 \sigma_u$$

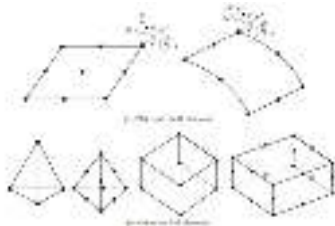
Tabel II. Nilai Factor of safety Material

Material	Steady load	Live load	Shock load
Cast iron	5 to 6	8 to 12	16 to 20
Wrought iron	4	7	10 to 15
Steel	4	8	12 to 16
Soft material and alloys	6	9	15
Leather	9	12	15
Timber	7	10 to 15	20

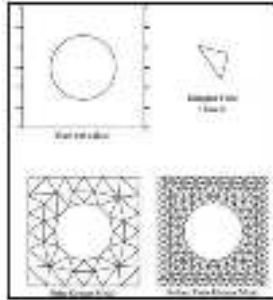
(Sumber : (Khurmi & Gupta, 2005))

FEM (*Finite Element Method*)

Finite Element Method atau biasa dikenal dengan *Finite Element Analyst* merupakan prosedur numerik yang digunakan dalam mengatasi permasalahan di bidang rekayasa, contoh digunakan dalam menganalisis tegangan pada rangka (Kresna & Ari, 2021). Pada dasarnya, prinsip utama dari *Finite Element Method* ialah melakukan pembagian terhadap struktur menjadi bagian-bagian kecil yang telah dibatasi. Kemudian didefinisikan kedalam bentuk fungsi interpolasi yang nantinya digunakan dalam menginterpolasi nilai variabel pada titik interior suatu struktur dalam bentuk elemen kunci (*node*) (Seshu, 2012). Sehingga dari beberapa penjelasan tersebut dapat diartikan bahwa *Finite Element Analyst* merupakan suatu metode yang menganalisis tegangan pada struktur dengan prosedur numerik dan membaginya menjadi elemen kecil berbentuk seperti pada Gambar IV dan V.



Gambar IV. Typical finite element
(Sumber : (Seshu, 2012))

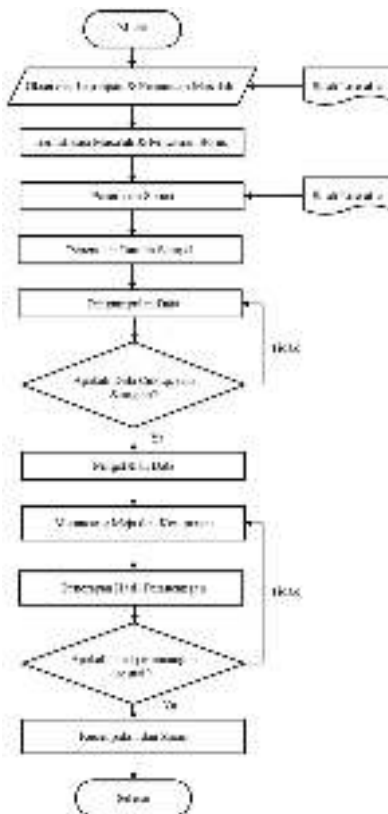


Gambar V. Geometry, loads, dan finite element
(Sumber : Jacob & Ted, 2017)

METODOLOGI KAJIAN

Alur Penelitian

Terdapat alur penelitian pada penelitian kali ini yang akan menjelaskan mengenai langkah-langkah penelitian untuk melakukan perancangan dan implementasi meja kerja. Pada Gambar VI adalah diagram alur penelitian yang menjadi petunjuk pelaksanaan.



Gambar VI. Alur penelitian

Lokasi dan Jadwal Penelitian

Lokasi penelitian kali ini adalah *Head Office* PT LSA yang berlokasi di Gambir, Jakarta Pusat. Penelitian dilakukan mulai tanggal 1 Maret 2022 sampai dengan 1 Juli 2022. Berikut rincian jadwal penelitian yang dilakukan terdapat pada Tabel III.

Tabel III. Jadwal Kegiatan

Kegiatan	Bulan				
	3	4	5	6	7
Persiapan penelitian	■				
Studi sebelum melakukan perbaikan	■				
Pengumpulan data antropometri	■				
Pengujian data	■				
Perancangan desain meja kerja		■			
Pembuatan meja kerja			■	■	
Uji coba meja dan perbaikan			■	■	
Penerapan hasil uji coba				■	■
Penulisan tugas akhir			■	■	■

(Sumber Kajian Penulis, 2022)

HASIL KAJIAN DAN PEMBAHASAN

Perancangan Desain Meja

Perancangan desain meja kerja didasari oleh pengukuran antropometri yang sebelumnya telah di uji, dari pengukuran antropometri didapatkan hasil dimensi meja yang dibutuhkan yang dapat memenuhi standar ergonomi nantinya, kemudian pengujian meja dilakukan menggunakan bantuan software solidwork 2019 dengan metode finite element analysis, desain serta dimensi meja kerja juga dapat dilihat pada Gambar VII

Gambar VII. Desain meja kerja



(Sumber: Kajian Penulis, 2022)

Pemilihan Material

pemilihan penggunaan material pada rangka meja kerja di dasari oleh faktor-faktor perbandingan seperti *cost* dan kemampuan material dalam menahan beban. Terdapat dua opsi material yang akan digunakan *Galvanized steel* dan *Carbon steel* dapat dilihat pada tabel berikut berupa data perbandingan spesifikasi dari masing – masing material.

Table IV. material properties

Galvanized steel			Carbon steel		
Property	Value	Units	Property	Value	Units
Elastic modulus	200000	N/mm^2	Elastic modulus	2×10^{11}	N/mm^2
Poisson Ratio	0.26	N/A	Poisson Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	79300	N/mm^2	Shear Modulus		N/mm^2
Mass Density	7850	kg/m^3	Mass Density	7870	kg/m^3
Tensile Strength	400	N/mm^2	Tensile Strength	356.5	N/mm^2
Yield Strength	250	N/mm^2	Yield Strength	203.6	N/mm^2

(Sumber Kajian Penulis, 2022)

Table V. perbandingan harga

Hollow Galvanized 4x4 1,2		Hollow Carbon Steel 4x4 1,5	
Penjual	Harga	Penjual	Harga
Toko Oranye	Rp. 112.000	Toko Oranye	Rp. 185.000
Toko Hijau	RP. 147.000	Toko Hijau	RP. 172.000
Toko Merah	RP. 123.000	Toko Merah	RP. 215.000

(Sumber Kajian Penulis, 2022)

Berdasarkan kedua perbandingan antara *cost* dan *material properties* dari kedua material maka dipilih hollow galvanized sebagai material utama dalam pembuatan rangka meja kerja karna dalam segi kekuatan dirasa cukup memenuhi kebutuhan serta *cost* yang dikeluarkan tidak sebesar material *carbon steel*

Perhitungan Massa Pada Rangka Meja

pada tahap perhitungan ini penulis bertujuan untuk mengetahui massa serta volume dari komponen meja kerja, tahap ini dimaksudkan untuk mempermudah perhitungan pada tahap selanjut nya. Perhitungan pada tahap ini menggunakan *software solidwork 2019* sebagai alat untuk menentukan volume dari komponen sesuai dengan jenis material yang digunakan. Pemilihan material dari rangka meja sendiri menyesuaikan dengan penggunaan material yang digunakan dilapangan begitu juga untuk dimensi rangka meja disesuaikan dengan yang ada di lapangan sehingga diharapkan nilai massa dan volume yang dihasilkan dapat sesuai dengan kondisi yang sebenarnya.



Gambar VIII. Rangka meja kerja (Sumber: Kajian Penulis, 2022)

1. Perhitungan pada *solidwork 2019*



Gambar IX. Mass properties solidwork (Sumber: Kajian Penulis, 2022)

2. Perhitungan masa Aktual

Perhitungan berat benda/komponen dapat dihitung berdasarkan volume dikali massa jenis benda. *Material* yang digunakan pada rangka meja adalah *Galvanized* dengan massa jenis $7,870 \text{ kg/m}^3$ dan memiliki volume $4.597 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ maka sebagai contoh perhitungan

$$m = \rho \times v \dots\dots\dots(1)$$

$$m = 7.870 \text{ kg/m}^3 \times 4.597 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m = 36,178 \text{ Kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rangka meja kerja memiliki massa/berat 36,178 Kg. Massa komponen meja berdasarkan *solidwork 2019* dan perhitungan aktual terdapat pada tabel 19.

Tabel VI. Rincian massa komponen

No	Komponen	Material	Volume (m3)	Massa jenis (kg/m3)	Berat (kg)	Jumlah
1	Rangka Meja	Galvanized Steel	$3,924 \times 10^{-3}$	7870	36,178 Kg	1
2	Alas Meja	Multiplex beech	$2,275 \times 10^{-3}$	560	12,74 kg	1
3	Cover Depan	Galvanized Steel	$7,134 \times 10^{-3}$	7870	5,61 kg	1
4	Cover Samping	Acrylic	$1,568 \times 10^{-3}$	120	0,19 kg	2

(Sumber Kajian Penulis, 2022)

Kekuatan sambungan las pada rangka meja kerja

Pengelasan pada rangka meja kerja dilakukan untuk menyambungkan komponen galvanis satu dengan komponen galvanis lain dengan panjang galvanis 55 cm, 120 cm yang masing-masing sebanyak 2 buah serta 116 cm 1 buah dan 74 cm sebanyak 4 buah dengan menggunakan metode pengelasan *butt joint weld*

Gambar X. Panjang Hasil las pada rangka meja kerja



(Sumber: Kajian Penulis, 2022)

1. Diketahui :

- l = 50 mm
- tprofil Galvanis 1 = 3 mm
- tProfil Galvanis 2 = 3 mm

2. Menghitung Tegangan Tarik Ijin

Dalam proses pengelasan menggunakan jenis elektroda E 6013 yang mana memiliki spesifikasi tegangan Tarik sebesar 60 ksi atau 427,425 N/mm² sedangkan nilai *factor of safety* di dapat adalah 6. Untuk menentukan tegangan Tarik ijin dapat dihitung dengan Persamaan 2

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_t}{F_s} \dots \dots \dots (2)$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{427,425 \text{ N/mm}^2}{6}$$

$$\sigma_{ijin} = 70,904 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan hasil perhitungan sebelum nya didapat nilai tegangan Tarik ijin sebesar 70,904 N/mm²

3. Menghitung Tegangan Geser Ijin

Dalam menghitung tengangan geser ijin bisa dengan menggunakan Persamaan 3 sehingga didapat nilai yang dibutuhkan.

$$\tau = 0,18 \times \sigma_u \dots \dots \dots (3)$$

$$\tau = 0,18 \times 427,425 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 76,94 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan hasil pershitungan yang didapat tegangan geser yang di izinkan sebesar 76,94 N/mm²

4. Menghitung beban konstan yang diterima meja kerja

Untuk mengetahui beban maksimal yang diterima pada meja dapat menggunakan Persamaan 4 sehingga didapat hasil nilai yang dibutuhkan.

$$W = m_{total} \times g \dots \dots \dots (4)$$

$$M_{total} = [(m_{\text{malas meja}} \times Z) + (m_{\text{plat besi}} \times Z) + (m_{\text{acrylic}} \times Z) + (m_{\text{edging}} \times Z) + (m_{\text{Hpl}} \times Z) + (m_{\text{mur m10}} \times Z)]$$

$$M_{total} = [(12,74 \times 1) + (5,61 \times 1) + (0,19 \times 2) + (0,100 \times 1) + (2,50 \times 1) + (0,02 \times 4)]$$

$$M_{total} = 21,22 \text{ kg} \times 9,8$$

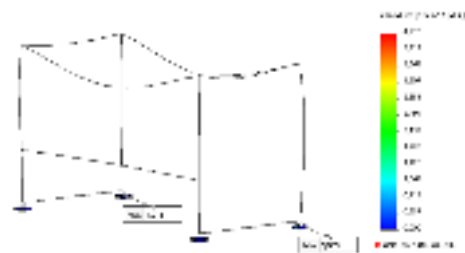
$$W = m \times g$$

$$W = 21,22 \text{ kg} \times 9,8$$

$$W = 207,956 \text{ N} = 0,207 \text{ kN}$$

Dari hasil perhitungan beban tersebut kita dapat memperoleh nilai tegangan maksimum pada rangka meja, salah satunya dengan melakukan simulasi menggunakan *software solidwork* 2019 dengan memberikan beban *static* sebesar 207,956 N, sehingga diperoleh hasil simulasi pada Gambar 44.

Gambar XI. Hasil simulasi Pembebanan Statik



(Sumber: Kajian Penulis, 2022)

Dari hasil simulasi pada Gambar XI di simpulkan bahwa terjadi tegangan maksimum pada hollow galvanis sebesar 4,276 Mpa sementara tegangan pada bagian penopang bernilai 0 karena tidak ada beban atau pun beban yang di terima terbagi secara rata dan menyeluruh terhadap semua bagian penopang rangka tersebut.

5. beban maksimal pengelasan

$$P_{ijin} = 1,414 \times s \times l \times \tau \dots \dots \dots (5)$$

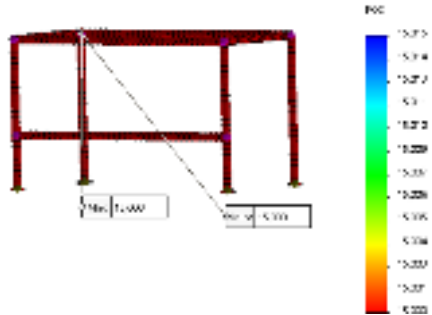
$$P_{ijin} = 1,414 \times 3 \times 50 \times 76,94$$

$$P_{ijin} = 16.318,974 \text{ N} = 16,31 \text{ kN}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah didapat nilai beban maksimal ijin pada sambungan las sebesar 16.318,974 N, sedangkan nilai beban aktual yang diterima 207,956 N berdasarkan perbandingan nilai tersebut dimana $P_{ijin} > P_{actual}$, dapat dinyatakan bahwa sambungan las sangat aman dalam menerima nilai beban maksimum

6. Factor of safety pada rangka

Gambar XII. Factor of safety pada rangka meja



(Sumber: Kajian Penulis, 2022)

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software solidwork 2019* didapatkan nilai *factor of safety* sebesar 15 dan nilai terbesar di angka 15,015 yang mana dengan hasil tersebut rangka meja kerja di nyatakan sangat aman dalam menerima beban *static* 207,956 N secara terus menerus karena nilai dari *factor of safety* yang di atas 1, Adapun cara perhitungan dari *factor of safety* dengan cara membandingkan antara *yield strength material* dari Galvanis 203 Mpa dengan tegangan maksimum yang terjadi pada rangka sebesar 4,276 Mpa.

Kekuatan Sambungan Baut

Dalam menghitung kekuatan sambungan baut pada rancangan ini material yang digunakan berupa AISI 304 dengan nilai tegangan tarik (σ_t) 505 N/mm². Nilai *Factor of safety* yang digunakan dalam perhitungan adalah 6 hal tersebut dikarenakan baut menerima *steady load* sehingga tegangan tarik yang diizinkan dapat dihitung dengan Persamaan 6

$$FS = \frac{\text{maximum stress}}{\text{working or design stress}} \quad (6)$$

$$4 = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{\text{working or design stress}}$$

$$\text{working or design stress} = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\text{working or design stress} = 126,25 \text{ N/mm}^2$$

Sedangkan jika menerima *life load* nilai *Factor of safety* yang digunakan dalam perhitungan adalah 8, sehingga tegangan tarik yang diizinkan dapat dihitung dengan Persamaan 7.

$$FS = \frac{\text{maximum stress}}{\text{working or design stress}} \quad (7)$$

$$8 = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{\text{working or design stress}}$$

$$\text{working or design stress} = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{8}$$

$$\text{working or design stress} = 63,125 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan hasil nilai yang telah didapat maka nilai tegangan tarik izin sebesar 126,25 N/mm² dan spesifikasi dari *material* yang digunakan menyatakan tegangan geser ijin (τ) diambil 30% dari batas elastis tarik (σ_e), dan tidak boleh melebihi 18% dari tegangan tarik *ultimate* (σ_u). Dalam mencari tegangan geser komponen baut dapat menggunakan Persamaan 8

$$\tau = 0,18 \times \sigma_u \quad (8)$$

$$\tau = 0,18 \times 505 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 90,9 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan data perhitungan yang telah didapat tegangan geser baut yang diijinkan sebesar 90,9 N/mm²

Tegangan Geser Dan Tegangan Tarik Pada Baut Pengikat Alas Meja Kerja

Gambar XIII. Sambungan baut



(Sumber: Kajian Penulis, 2022)

Berdasarkan Gambar XIII dapat diketahui beban yang diterima oleh baut adalah

$$\text{Beban Total Baut} = (W \text{ Alas Meja} \times g) \quad (9)$$

$$\text{Beban Total Baut} = 12,74 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Beban Total Baut} = 124,852 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan beban total yang diterima baut sebesar 124,852 N dan tegangan geser yang terjadi pada baut dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 10.

$$F_s = \frac{\pi}{4} d_o^2 \cdot \tau \cdot n \quad (10)$$

$$124,852 \text{ N} = \frac{\pi}{4} \cdot (7)^2 \cdot 8 \cdot \tau$$

$$124,852 \text{ N} = 0,785 \cdot 49 \cdot 8 \cdot \tau$$

$$124,852 \text{ N} = 307,720 \cdot \tau$$

$$\tau = \frac{124,852 \text{ N}}{307,720}$$

$$\tau = 4,057 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah didapatkan maka tegangan geser yang terjadi pada 8 baut sebesar $4,057 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$ dan tegangan geser yang diterima pada masing-masing baut menjadi.

$$\tau \text{ baut} = \tau / \text{jumlah baut} \dots \dots \dots (11)$$

$$\tau \text{ baut} = (4,057 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2) / 8$$

$$\tau \text{ baut} = 5,071 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan nilai tegangan geser masing-masing baut sebesar $5,071 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2$ dan untuk menghitung tegangan tarik pada baut dapat menggunakan persamaan 12.

$$F = \frac{\pi}{4} d_i^2 \cdot \sigma_t \dots \dots \dots (12)$$

$$124,852 \text{ N} = \frac{\pi}{4} \times (7)^2 \times \sigma_t$$

$$124,852 \text{ N} = 0,785 \times 49 \times \sigma_t$$

$$124,852 \text{ N} = 38,465 \times \sigma_t$$

$$\sigma_t = (124,852) / (38,465)$$

$$\sigma_t = 3,245 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan yang telah didapatkan nilai tegangan Tarik dari baut adalah $3,245 \text{ N/mm}^2$.

Tabel VII. Perbandingan Tegangan geser aktual dan izin

Tegangan geser yang terjadi pada baut (N/mm^2)	$5,071 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2$
Tegangan geser yang diizinkan (N/mm^2)	90,9 N/mm^2

(Sumber Kajian Penulis, 2022)

Dari Tabel VII dapat diketahui nilai tegangan actual yang bekerja pada baut sebesar $5,071 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2$, sedangkan tegangan geser yang diizinkan sebesar $90,9 \text{ N/mm}^2$ sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan baut pada pengikat alas meja masuk kedalam kriteria aman karna nilai tegangan geser actual berada dibawah nilai tegangan yang diizinkan.

Analisa Kekuatan Rangka Meja Kerja

Setelah didapatkan data perhitungan massa pada tahap sebelumnya penulis melanjutkan

pengujian kekuatan rangka meja kerja menggunakan software Solidworks 2019 sebagai alat bantu dalam simulasi pengujian. Penggunaan software ini dapat membantu dalam menghemat waktu, dan memiliki pilihan material yang beragam sehingga sangat berguna dalam pembuatan rangka meja kerja. Analisa untuk rangka meja menggunakan metode *finite element analysis* sehingga dapat mengetahui nilai deformasi dan faktor kermanan dari rangka. Simulasi dilakukan dengan menggunakan hasil perhitungan massa pada rangka dan komponen sebagai acuan.

Gambar XIV. Force statistic pada rangka meja kerja

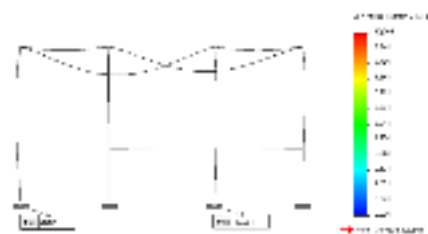


(Sumber: Kajian Penulis, 2022)

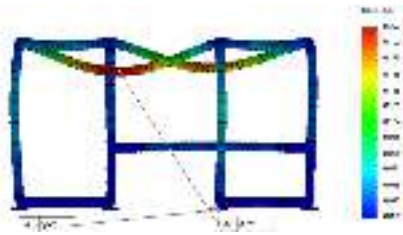
Rangka meja kerja menerima beban *statistic* akibat benda benda yang diletakan diatas nya bisa berupa benda tetap ataupun benda yang tidak tetap sehingga beban yang diterima tidak dapat dipastikan nilai tetapnya. Oleh karena itu, pengujian dilakukan secara bertahap dengan memberikan beban kepada rangka dimulai dari yang teringan sampai terberat yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan maksimal rangka dalam menahan beban *statistic* yang diterima. Beban yang akan diuji dimulai dari beban 50 Kg, 100 Kg, dan 150 Kg.

1. Beban 50 kg

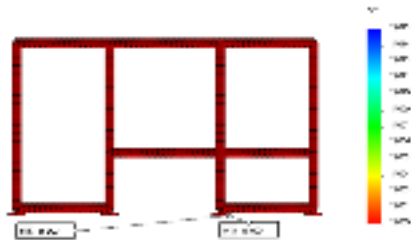
Simulasi dimulai dari beban teringan yaitu 50 Kg, pada simulasi ini akan mencari hasil nilai dari *Von Mises Stress*, *Displacement*, dan *Factor of Safety*. Hasil simulasi untuk *Von Mises Stress* dapat dilihat pada Gambar XV, *Displacement* pada Gambar XVI, dan *Factor of Safety* pada Gambar XVII.



Gambar XV. Von Mises Stress pada beban 50kg



(Sumber: Kajian Penulis, 2022)
Gambar XVI. *Displacement* pada beban 50kg
 (Sumber: Kajian Penulis, 2022)

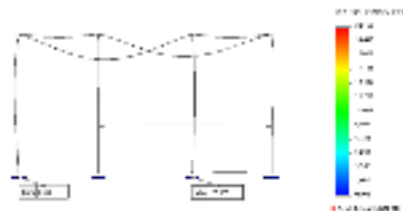


Gambar XVII. *Factor of safety* pada beban 50kg
 (Sumber: Kajian Penulis, 2022)

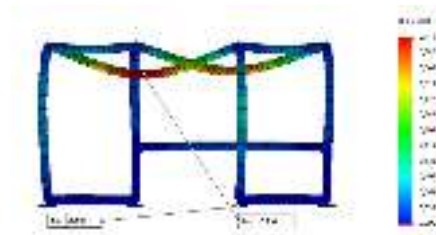
Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan pembebanan statis 50 Kg dihasilkan nilai *Von Mises Stress* sebesar 10,8 N/mm², *Displacement* sebesar 0,207 mm, dan *Factor of Safety* 15 FOS. Selain nilai yang didapatkan pada masing-masing pengujian, didapatkan juga bagian dari rangka yang mengalami perubahan pada saat diberi beban 50 Kg. Perubahan rangka terjadi pada bagian tengah dengan nilai maksimum perubahan sebesar 0,207 mm. Meskipun terjadi perubahan bentuk, rangka masih dikategorikan aman karena nilai *Factor of Safety* masih di atas nilai minimum *steady load* yang terdapat pada Tabel II yaitu 6 FOS.

1. Beban 100 kg

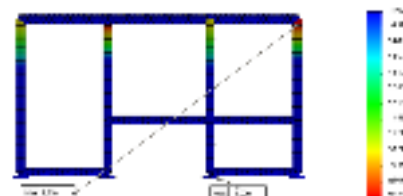
Simulasi berikutnya ditambahkan beban 50 Kg menjadi 100 Kg. Pada simulasi ini akan mencari hasil nilai dari *Von Mises Stress*, *Displacement*, dan *Factor of Safety*. Hasil simulasi untuk *Von Mises Stress* dapat dilihat pada Gambar XVIII, *Displacement* pada Gambar XIX, dan *Factor of Safety* pada Gambar XX



Gambar XVIII. *Von Mises Stress* pada beban 100 kg
 (Sumber: Kajian Penulis, 2022)



Gambar XIX. *Displacement* pada beban 100 kg
 (Sumber: Kajian Penulis, 2022)

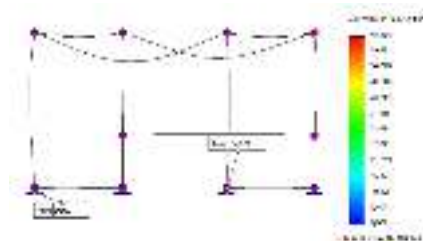


Gambar XX. *Factor of safety* pada beban 150 kg
 (Sumber: Kajian Penulis, 2022)

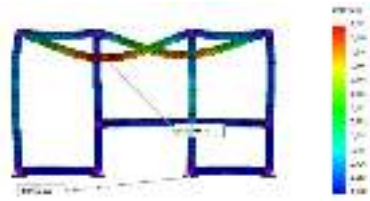
Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan pembebanan statis 100 Kg dihasilkan nilai *Von Mises Stress* sebesar 20,163 N/mm², *Displacement* sebesar 0,414 mm, dan *Factor of Safety* 9,328 FOS. Selain nilai yang didapatkan pada masing-masing pengujian, didapatkan juga bagian dari rangka yang mengalami perubahan pada saat diberi beban 100 Kg. Perubahan rangka terjadi pada bagian tengah dengan nilai maksimum perubahan sebesar 0,414 mm. Meskipun terjadi perubahan bentuk rangka masih dikategorikan aman karena nilai *Factor of Safety* masih di atas nilai minimum *steady load* yang terdapat pada Tabel II yaitu 6 FOS.

2. Beban 150 kg

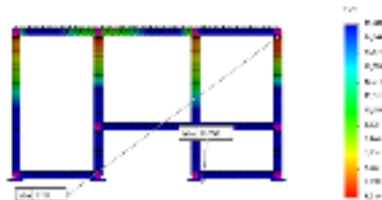
Simulasi berikutnya ditambahkan beban 50 Kg menjadi 150 Kg. Pada simulasi ini akan mencari hasil nilai dari *Von Mises Stress*, *Displacement*, dan *Factor of Safety*. Hasil simulasi untuk *Von Mises Stress* dapat dilihat pada Gambar XXI, *Displacement* pada Gambar XXII, dan *Factor of Safety* pada Gambar XXIII



Gambar XXI. *Von Mises Stress* pada beban 150 kg
 (Sumber: Kajian Penulis, 2022)



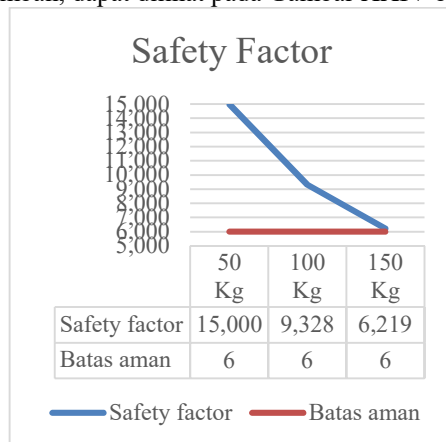
Gambar XXII. *Displacement* pada beban 150 kg
(Sumber: Kajian Penulis, 2022)



Gambar XXIII. *Factor of safety* pada beban 150 kg
(Sumber: Kajian Penulis, 2022)

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan pembebanan statis 150 Kg dihasilkan nilai *Von Mises Stress* sebesar 64,824 N/mm², *Displacement* sebesar 0,621 mm, dan *Factor of Safety* 6,219 FOS. Selain nilai yang didapatkan pada masing-masing pengujian, didapatkan juga bagian dari rangka yang mengalami perubahan pada saat diberi beban 150 Kg. Perubahan rangka terjadi pada bagian tengah dengan nilai maksimum perubahan sebesar 0,621 mm. Meskipun terjadi perubahan bentuk rangka masih dikategorikan aman karena nilai *Factor of Safety* masih di atas nilai minimum *steady load* yang terdapat pada Tabel II yaitu 6 FOS.

Berdasarkan hasil simulasi *finite element* pada desain rangka meja kerja dengan menggunakan bahan material berupa *Galvanized Steel*. Hasil yang didapat pada pemberian beban 50 Kg menghasilkan nilai *safety factor* sebesar 15 FS, beban 100 Kg menghasilkan nilai 9,328 FS, dan beban terberat yaitu 150 Kg menghasilkan nilai 6,219 FS. Nilai *safety factor* mengalami penurunan setiap kali beban bertambah, dapat dilihat pada Gambar XXIV berikut.



Gambar XXIV. Grafik *safety factor*
(Sumber: Kajian Penulis, 2022)

Nilai *Von Mises Stress* mendapatkan hasil untuk 50 Kg mendapatkan nilai 10,081 N/mm², untuk beban 100 Kg mendapatkan 20,163 N/mm², dan untuk beban terberat 150 Kg mendapatkan nilai 64,824 N/mm². Hasil yang didapatkan pada pengukuran *Von Mises Stress* masih jauh dari nilai *yield strength* material yang sebesar 204 Mpa, sehingga rangka yang telah dirancang dapat dikatakan aman untuk digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kekuatan sambungan las pada ranga meja dapat dinyatakan aman karena nilai beban maksimal ijin pada sambungan las sebesar 16.318,974 N, sedangkan nilai beban aktual yang diterima 207,956 N berdasarkan perbandingan nilai tersebut dimana $P_{ijin} > P_{actual}$.
2. Hasil pengujian sambungan baut pada rangka dan alas meja dapat dinyatakan aman karena dapat diketahui nilai tegangan actual yang bekerja pada baut sebesar $5,071 \times 10^{-2}$ N/mm², sedangkan tegangan geser yang diizinkan sebesar 90,9 N/mm² sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan baut pada pengikat alas meja masuk kedalam kriteria aman karna nilai tegangan geser *actual* berada dibawah nilai tegangan yang diizinkan.
3. Nilai *factor of safety* pada rangka meja setelah dilakukan pengujian dengan beban secara bertahap mulai dari 50 kg sampai dengan 150 kg dapat dinyatakan aman karena pada pengujian beban terberat yaitu 150 kg menghasilkan nilai 6,219 FS dimana nilai tersebut di atas dari standar aman material 6 yang menjadikan rangka aman bahkan dalam menerima beban sampai dengan 150 kg

DAFTAR PUSTAKA

- Irawan, P. A. (2009). *Diktat Elemen Mesin*. Jakarta: Universitas Tarumanegara.
- KEMENKES. (2020). Protokol Pencegahan Penularan Coronavirus Disease (COVID-19) Di Tempat Kerja. *Surat Edaran Kementerian Kesehatan*.
- Khurmi, R., & Gupta, J. (2005). Ram Nagar, New Delhi.
- Kresna, R., & Ari, L. (2021). *Desain dan Analisis Tegangan Rangka Alat Simulasi Pergerakan Kendali Terbang*. Tangerang: PPI Curug.

Seshu. (2012). *TextBook Of Finite Element Analysisist*.
New Delhi: IIT Bombay.

Suarsana. (2017). *Pengetahuan Material Teknik*.
Denpasar: Universitas Udayana.