

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan

Proses perancangan rangka meja mesin CNC *plasma cutting*, penulis menggunakan pendekatan pada metode perancangan James H. Earle sebagai acuan. Dalam perancangan memerlukan beberapa proses tahapan sebagai berikut :

4.1.1 Identifikasi masalah

Pada tahap proses identifikasi masalah ini diperlukan beberapa tahapan diantaranya sebagai berikut:

a. Mencari kedudukan masalah

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis melakukan wawancara kepada salah satu pemilik bengkel di Kabupaten Cilacap yaitu Bapak Warto. Dimana bengkel ini termasuk salah satu UMKM di Kabupaten Cilacap yang bergerak pada pembuatan alat pertanian serba guna. Proses wawancara ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan apa yang dapat mendukung proses pemotongan logam dengan mesin *plasma cutting*. Hasil wawancara dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil wawancara

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Bagaimana proses pemotongan logam yang dilakukan di tempat usaha Anda saat ini?	Proses pemotongan logam dilakukan secara manual dengan alat bantu mal potong yang terbuat dari besi.
2	Apakah cara pemotongan tersebut efektif?	Efektif, akan tetapi hanya sebatas memotong logam tanpa memerhatikan kepresisian dan ketepatan hasil pemotongan karena bergantung pada keterampilan operator.

Tabel 4.1 Hasil wawancara (lanjutan)

No	Pertanyaan	Jawaban
3	Alat potong apa yang digunakan untuk proses pemotongan logam?	Alat potong yang digunakan untuk memotong logam yaitu dengan mesin <i>plasma cutting</i> .
4	Bagaimana hasil pemotongan logam menggunakan mesin <i>cutting plasma</i> ?	Hasil pemotongan : <ul style="list-style-type: none"> • Permukaan hasil pemotongan relatif kasar. • Hasil dimensi potong memiliki toleransi $\pm 1\text{mm}$.
5	Kendala apa saja yang terjadi ketika melakukan proses pemotongan menggunakan <i>plasma cutting</i> ?	Kendala yang terjadi : <ul style="list-style-type: none"> • <i>Nozzle tip</i> mudah leleh • <i>Nozzle tip</i> cepat kotor • Umur <i>nozzle tip</i> tidak tahan lama
6	Hal apa saja yang mempengaruhi hasil pemotongan dari penggunaan mesin <i>plasma cutting</i> ?	Hal yang mempengaruhi hasil pemotongan : <ul style="list-style-type: none"> • Keterampilan operator • Settingan arus • Ketinggian <i>nozzle</i> dengan permukaan logam yang konstan • Kerataan permukaan benda kerja yang akan dipotong

b. Membuat daftar tuntutan

Berdasarkan hasil wawancara dari dudukan masalah diatas maka dibuatlah tabel kebutuhan yang merupakan rangkuman dari daftar tuntutan dalam proses pembuatan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel 4.2.

c. Membuat sketsa dan catatan

Setelah didapatkan kebutuhan rangka meja yang akan dibuat maka dibuatlah sketsa dan catatan untuk rangka meja yang akan dibuat. Sketsa dan catatan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

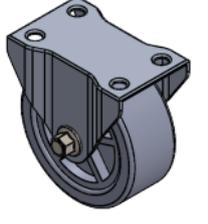
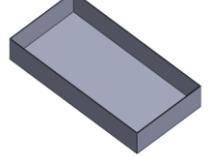
4.1.2 Ide awal

Proses pengumpulan ide menggunakan metode *brainstorming* yaitu teknik penyelesaian masalah dimana anggota kelompok secara spontan mengungkapkan ide. Ide hasil *brainstorming* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

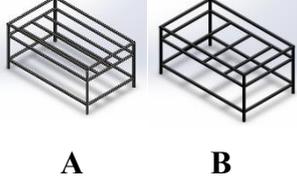
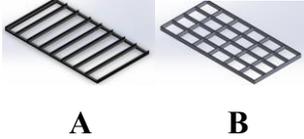
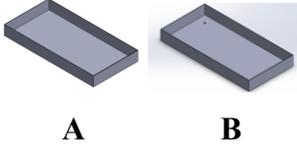
Tabel 4. 2 Kebutuhan rangka meja

No	Kebutuhan
1	Rangka meja harus dapat menompang beban maksimal.
2	Rangka meja harus mudah dipindah tempatkan.
3	Rangka meja mudah dalam proses pembuatan.
4	Rangka meja harus dapat menempatkan benda kerja yang akan dipotong dalam keadaan rata.
5	Rangka meja harus memiliki tingkat keamanan yang baik.

Tabel 4. 3 Sketsa dan catatan

No	Spesifikasi Rangka	Sketsa	Catatan
1	Rangka meja dilengkapi dengan ram raman atau jari jari.		Agar material benda kerja dapat ditempatkan pada posisi yang rata.
2	Rangka meja dilengkapi dengan roda.		Agar rangka dapat dengan mudah dipindahkan dari tempat satu ke tempat lain.
3	Rangka meja dilengkapi dengan bak air.		Agar mesin ketika dioperasikan memiliki tingkat keamanan yang baik.

Tabel 4. 4 Ide hasil *brainstorming*

No	Jenis Konsep	Nama Konsep	Sketsa
1	Rangka utama	<p>Konsep A Bagian penompang bak disusun secara memanjang sesuai dengan arah sumbu Y.</p> <p>Konsep B Bagian penompang bak disusun secara melintang sesuai dengan arah sumbu X.</p>	 <p style="text-align: center;">A B</p>
2	Ram raman	<p>Konsep A Ram raman disusun secara sejajar.</p> <p>Konsep B Ram raman disusun membentuk bidang persegi.</p>	 <p style="text-align: center;">A B</p>
3	Bak air	<p>Konsep A Bak air tidak disertai lubang pembuangan.</p> <p>Konsep B Bak air disertai lubang pembuangan.</p>	 <p style="text-align: center;">A B</p>

4.1.3 Perbaikan ide

Tujuan tahapan ini adalah untuk mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep.

1. Pemilihan ide terbaik

Pada tahap pemilihan ide ini digunakan metode yang telah dikembangkan oleh *Stuart Pugh* pada tahun 1980 dan sering disebut seleksi konsep *Pugh*. Tujuan pada proses ini adalah mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep.

a. Tabel penilaian

Tabel ini digunakan untuk mempermudah penilaian kriteria dalam pemilihan konsep dalam matrik. Tabel penilaian tersaji pada Tabel 4.5.

b. Matrik pemilihan konsep

Setelah penilaian kriteria ditentukan maka tahap selanjutnya adalah membuat matrik pemilihan ide terbaik. Matrik pemilihan ide terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 5 Penilaian kriteria

Kriteria Seleksi	Penilaian Berdasarkan
Fungsi	Rangka meja dapat berfungsi sesuai yang diharapkan.
Faktor manusia	Kenyamanan dan keamanan dalam menggunakan rangka meja.
Spesifikasi fisik	Dimensi, beban pada rangka meja yang digunakan.
Kekuatan	Dapat menahan getaran, menumpu beban dan kapasitas benda kerja.
Model	Bentuk dan rancangan menarik.
Faktor ekonomi	Proses pembuatan yang murah dan material tersedia dipasaran.

Tabel 4. 6 Pemilihan ide terbaik

Kriteria Seleksi	Rangka		Ram raman		Bak air	
	A	B	A	B	A	B
Fungsi	+	+	+	+	+	+
Faktor manusia	0	0	+	-	0	-
Spesifikasi fisik	+	+	0	-	0	0
Kekuatan	0	+	0	+	+	+
Model	0	0	+	0	0	0
Faktor ekonomi	-	+	+	-	+	+
TOTAL NILAI	1	4	4	-1	3	2
Lanjutkan?	Tidak	Iya	Iya	Tidak	Iya	Tidak

Keterangan :

- a. (+) nilai (1), (0) nilai (0), (-) nilai (-1).
- b. Total nilai sama dengan total dari jumlah (+) dengan (-).

Dari hasil penilaian matriks diatas setelah dipilih konsep yang terbaik selanjutnya yaitu penjelasan mengenai gambar rakitan dari komponen yang terpilih.

c. Gambar rakitan (desain wujud)

Pada tahap ini konsep yang telah terpilih akan diberi komponen-komponen rangka meja yang sebelumnya dalam bentuk sketsa, selanjutnya harus dibentuk sedemikian rupa sehingga komponen-komponen tersebut menyusun bentuk dan dapat melakukan fungsinya. Gambar rakitan awal rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dapat dilihat pada Gambar 4.1.

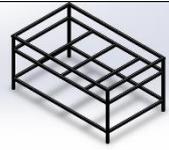
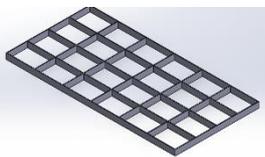
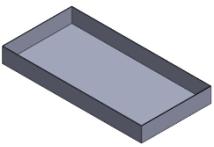
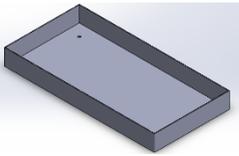


Gambar 4. 1 Gambar rakitan awal rangka meja

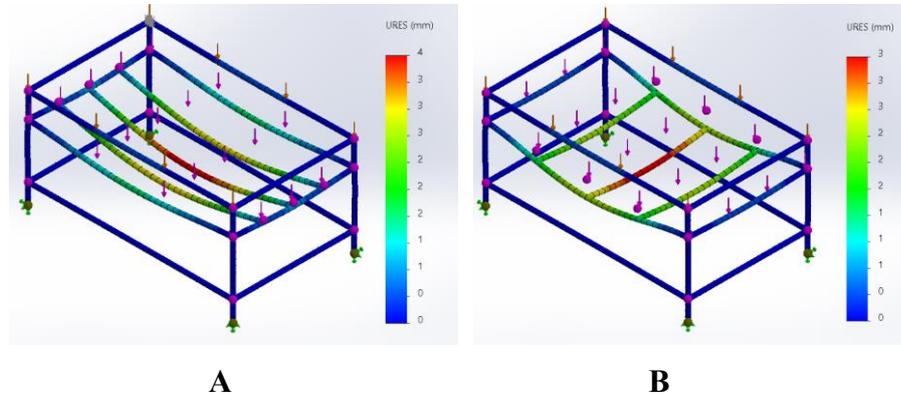
4.1.4 Analisa rancangan

Pada tahap ini setelah konsep terpilih, selanjutnya menganalisa komponen dan perhitungan sistematis dari alat yang telah dirancang dengan tujuan untuk memeriksa hasil rancangan agar memperoleh hasil yang terbaik. Analisa ini berisi kelebihan dan kekurangan dari masing-masing penggunaan komponen rangka meja. Analisa rancangan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Analisa rancangan

No	Rancangan	Kelebihan	Kekurangan
1	Rangka desain A	Penompang disusun secara memanjang	
		- Penompang lebih kompleks.	- Harga lebih mahal. - Nilai deformasi tinggi.
	Rangka desain B	Penompang disusun secara melintang	
		- Nilai deformasi kecil. - Harga lebih murah.	- Jarak penompang kurang kompleks.
2	Ram raman desain A	Ram raman disusun secara sejajar	
		- Proses perawatan lebih mudah. - Harga lebih murah.	- Jarak batang jari-jari lebih lebar.
	Ram raman desain B	Ram raman disusun bentuk persegi	
		- Jarak ram raman lebih kompleks.	- Dibutuhkan material lebih banyak. - Perawatan yang <i>relative</i> lebih sulit.
3	Bak air desain A	Tidak disertai lubang pembuangan	
		- Harga lebih murah.	- Pengurasan dengan mengangkat bak dari rangka utama
	Bak air desain B	Disertai lubang pembuangan	
		- Pengurasan air memudahkan operator.	- Memerlukan komponen tambahan yaitu kran. - Beram dapat menyumbat saluran pada kran.

Nilai *displacement* pada desain rangka A dan rangka B dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 (A) Rangka A , (B) Rangka B

Keterangan :

- a. Rangka A : Nilai *displacement* 4 mm
- b. Rangka B : Nilai *displacement* 3 mm

4.1.5 Keputusan

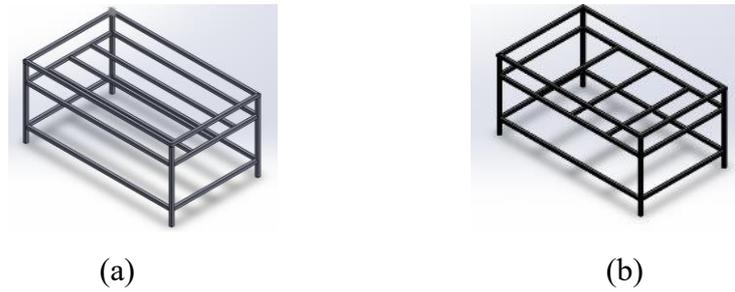
Setelah melakukan Analisa rancangan tahapan selanjutnya adalah membuat keputusan dengan cara evaluasi desain. Proses pengambilan keputusan evaluasi desain adalah untuk melakukan perbaikan dari kekurangan yang telah dijabarkan pada analisa rancangan dengan cara sebagai berikut.

1. Evaluasi desain

Proses pengambilan keputusan evaluasi desain adalah untuk meniadakan kekurangan pada rancangan dengan cara melakukan perbaikan untuk memperoleh hasil terbaik, beberapa bagian yang diperbaiki adalah:

a. Rangka utama

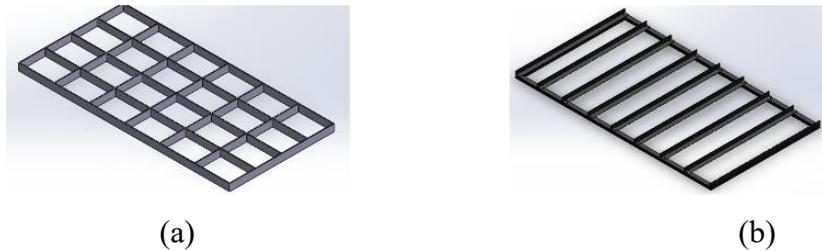
Sebelumnya pada rangka utama penompang bak air disusun secara memanjang sesuai dengan arah pergerakan sumbu y diganti dengan susunan melintang sesuai arah pergerakan sumbu x. Hal ini karena nilai deformasi yang terjadi pada penompang bak air yang disusun secara melintang lebih kecil daripada disusun secara memanjang.



Gambar 4. 3 Rangka utama (a) sebelum evaluasi, (b) setelah evaluasi

b. Ram raman

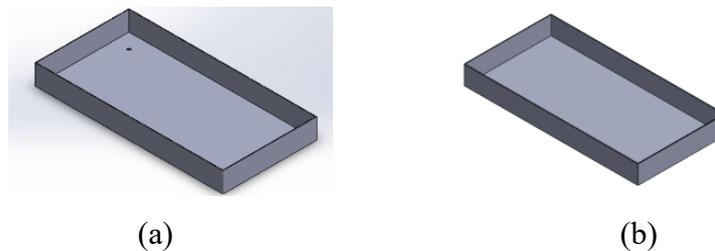
Sebelumnya ram raman disusun dengan membentuk bidang persegi dengan teknik *assembly* menggunakan pengelasan diganti dengan ram raman disusun secara sejajar dengan teknik *assembly* menggunakan baut. Hal ini karena material yang dibutuhkan lebih sedikit sehingga mengurangi biaya pembuatan, selain itu *assembly* yang dilakukan menjadi relatif lebih mudah serta mempermudah proses perawatan ram raman.



Gambar 4. 4 Ram raman (a) sebelum evaluasi, (b) setelah evaluasi

c. Bak air

Sebelumnya bak air terdapat lubang pembuangan dengan menggunakan kran diganti dengan tanpa adanya lubang pembuangan. Hal ini karena ketika pembuangan air melalui saluran kran seringkali terjadi penyumbatan pada saluran kran yang disebabkan oleh kotoran bekas pemotongan plat.



Gambar 4. 5 Bak air (a) sebelum evaluasi, (b) setelah evaluasi

d. Roda

Sebelumnya rangka meja tanpa roda diganti dengan penambahan roda pada kaki-kaki rangka meja. Hal ini karena untuk mempermudah proses perpindahan rangka dari satu tempat ke tempat lain.



Gambar 4. 6 Kaki rangka meja (a) sebelum evaluasi, (b) setelah evaluasi

2. Kesimpulan evaluasi desain

Berdasarkan evaluasi desain yang telah dilakukan didapatkan desain akhir dari rancangan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

4.1.6 Implementasi

Setelah menentukan keputusan tahapan selanjutnya yaitu implementasi, dilakukan dengan langkah berikut:

- a. Membuat gambar kerja (dilampirkan)
- b. Membuat daftar *bill of material* (dilampirkan)

4.2 Perencanaan Rangka

4.2.1 Perhitungan mekanika teknik rangka meja

Perhitungan mekanika teknik pada rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dilakukan untuk mengetahui tegangan maksimal yang terjadi pada rangka meja. Perhitungan diawali dengan input data beban yang diterima pada rangka meja yang dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Beban yang diterima rangka

No	Bagian	Massa (Kg)	Keterangan
1	<i>Gantry bracket</i> sumbu x	9 Kg	Ditimbang
2	<i>Gantry bracket</i> sumbu y	6 Kg	Ditimbang
3	<i>Gantry bracket</i> sumbu z	4 Kg	Ditimbang
4	Ram-raman	8 Kg	Ditimbang
5	Bak air	13 Kg	Ditimbang
6	Air	10 Kg	Ditimbang
7	Beban rangka	18 Kg	Ditimbang
TOTAL		68 Kg	Ditimbang

A. Gaya yang bekerja

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} : \text{Massa } (m) &= 68 \text{ Kg} \\ \text{Gravitasi } (g) &= 10 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya} : \text{Gaya } (F) = ?$$

$$\begin{aligned} \text{Jawab} : F &= m \times g \\ &= 68 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 680 \text{ N (Newton)} \end{aligned}$$

B. Beban merata

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} : \text{Gaya } (F) &= 680 \text{ N} \\ \text{Jarak total pembebanan } (L) &= 1500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya} : \text{Beban merata } (Q) ?$$

$$\begin{aligned} \text{Jawab} : Q &= \frac{F}{L} \\ &= \frac{680}{1500} \\ &= 0,453 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

C. Beban terpusat

Diketahui : Beban merata (Q) = 0,453 N/mm

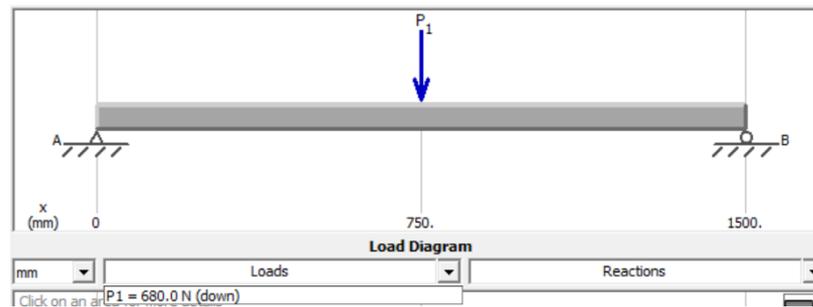
Jarak total pembebanan (L) = 1500 mm

Ditanya : Beban terpusat (P_1) ?

Jawab : $P_1 = Q \times L$

$$= 0,453 \text{ N/mm} \times 1500 \text{ mm}$$

$$= 680 \text{ N}$$



Gambar 4. 8 Diagram beban terpusat

D. Jarak momen maksimal

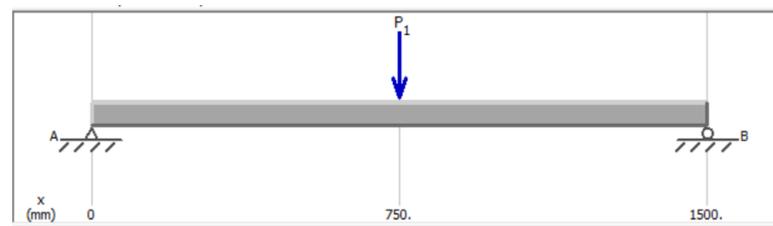
Diketahui : Jarak total pembebanan (L) = 1500 mm

Ditanya : Jarak momen maksimal (V) = ?

Jawab : $V = \frac{L}{2}$

$$= \frac{1500}{2}$$

$$= 750 \text{ mm}$$



Gambar 4. 9 Diagram jarak momen maksimal

E. Reaksi pada titik tumpu

Diketahui : Beban terpusat (P_1) = 680 N

Jarak titik A (I_A) = 750 mm

Jarak titik B (I_B) = 1500 mm

Ditanya : Reaksi titik A (R_A) = ?

Reaksi titik B (R_B) = ?

Jawab : $\sum R_A = 0$

$$= (-P_1 \times I_A) + (R_B \times I_B) = 0$$

$$= (-680 \text{ N} \times 750 \text{ mm}) + (R_B \times 1500 \text{ mm}) = 0$$

$$= (-510000 \text{ N.mm}) + (R_B \times 1500 \text{ mm}) = 0$$

$$= (R_B \times 1500 \text{ mm}) = 510000 \text{ N.mm}$$

$$R_B = \frac{510000}{1500}$$

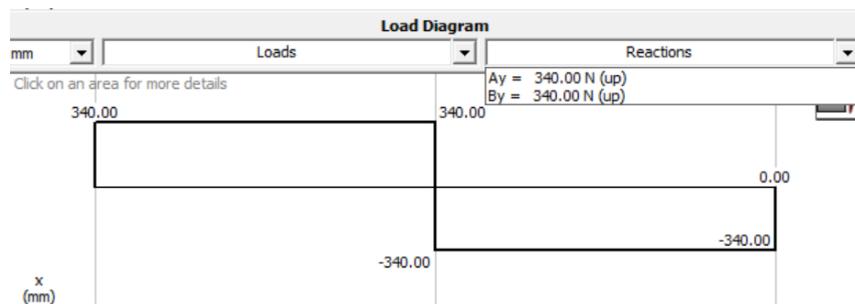
$$= 340 \text{ N}$$

$$\sum R_B = 0$$

$$= R_A - P_1 + R_B = 0$$

$$= R_A - 680 \text{ N} + 340 \text{ N} = 0$$

$$R_A = 340 \text{ N}$$



Gambar 4. 10 *Shear force diagram*

F. Momen maksimal

Diketahui : Reaksi pada titik A (R_A) = 340 N

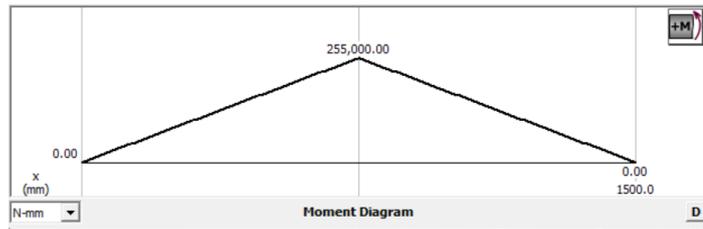
Jarak momen maksimal (V) = 750 mm

Ditanya : Momen maksimal (M_{Max}) = ?

Jawab : $M_{Max} = R_A \times V$

$$= 340 \text{ N} \times 750 \text{ mm}$$

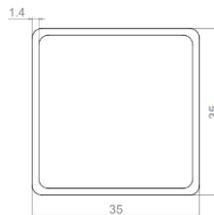
$$= 255.000 \text{ N.mm}$$



Gambar 4. 11 *Moment diagram MD Solid*

G. Momen inersia (I_o)

Material yang digunakan adalah besi *hollow* dengan ukuran 35 mm x 35 mm x 1,4 mm.



Gambar 4. 12 *Dimensi besi hollow*

Tabel 4. 9 Perhitungan luas penampang

Bagian	A (mm ²)		y	Ay (mm ³)
Keseluruhan	35 x 35	1225	17,5	21437,5
Rongga	- 32,2 x 32,2	- 1036,84	16,1	16693,124
	$\Sigma A = 188,16 \text{ mm}^2$			$\Sigma Ay = 4.744,376 \text{ mm}^3$

$$C = \frac{\Sigma Ay}{\Sigma A}$$

$$= \frac{4744,376}{188,16}$$

$$= 25,21$$

$$I_o = \frac{bh^3}{12}$$

$$= \frac{35(35)^3}{12}$$

$$= 125052,083 \text{ mm}^4$$

$$Ad_1 = A_1 \times (y_1 - C)^2$$

$$= 1225 \times (17,5 - 25,21)^2$$

$$= 1225 \times 59,44$$

$$= 72817 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} I_{zz} &= I_o + Ad_1 \\ &= 125052,083 + 72817 \\ &= 232681,33 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Untuk rongga dalam (I_o)

$$\begin{aligned} I_o &= \frac{bh^3}{12} \\ &= \frac{32,2(32,2)^3}{12} \\ &= 89586,416 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ad_2 &= A_2 \times (y_2 - C)^2 \\ &= 1036,84 \times (16,1 - 25,21)^2 \\ &= 1036,84 \times 82,992 \\ &= 86049,425 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{zz} &= I_o + Ad_2 \\ &= 89586,416 + 86049,425 \\ &= 175635,841 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Jadi inersia besi *hollow* dapat dicari dengan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned} (I_{zz}) &= I_{zz} \text{ Keseluruhan} - I_{zz} \text{ rongga} \\ &= 232681,33 \text{ mm}^4 - 175635,841 \text{ mm}^4 \\ &= 57045,489 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Tabel 4. 10 Perhitungan momen inersia

Bagian	I_o		Ad^2	I_{zz}
Keseluruhan	125052,083	mm^4	72817	232681,33
Rongga	89586,416	mm^4	86049,425	175653,841
Inersia besi <i>hollow</i>				57045,489

H. Tegangan maksimal

Diketahui : Momen maksimal (M_{Max}) = 26250 N.mm

Momen Inersia (I) = 57045,489 mm^4

Diameter luar *hollow* (r_0) = 17,5 mm

Ditanya : Tegangan maksimal (σ_{max}) = ?

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab : } \sigma_{\max} &= \frac{M_{\max}}{I} \times r_0 \\
 &= \frac{255.000 \text{ N.mm}}{57045,489 \text{ mm}^4} \times 17,5 \\
 &= 78,277 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

I. Tegangan ijin

Menggunakan *safety factor* 1,25 karena beban yang diberikan adalah beban statis yang mana faktor ini dirancang untuk mengakomodasi ketidak pastian dalam perhitungan dan kondisi operasional.

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } \textit{Safety factor} (sf) &= 1,25 \\
 \textit{Yield strength} (\sigma_y) &= 204 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Ditanya : Tegangan ijin (σ_{ijin}) = ?

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab : } \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{\sigma_y}{sf} \\
 &= \frac{204}{1,25} \\
 &= 163,2 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

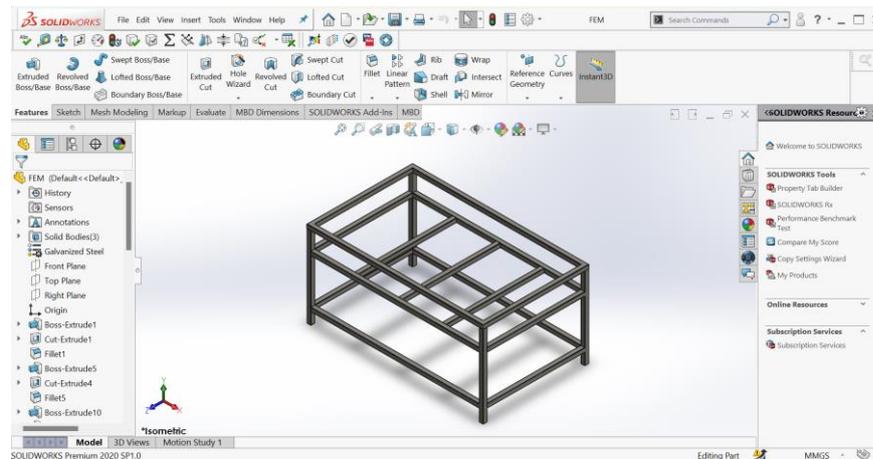
Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dinyatakan “aman”. Tegangan maksimal yang terjadi pada rangka meja sebesar $78,277 \text{ N/mm}^2$, yang lebih rendah dari tegangan ijin yaitu $163,2 \text{ N/mm}^2$ ($\sigma_{\max} < \sigma_{\text{ijin}}$).

4.2.2 Simulasi pengujian rangka meja

Proses simulasi pengujian rangka meja dilakukan dengan tujuan untuk memperlihatkan hasil analisis simulasi pada *software* pada perhitungan *von misses stress* (tegangan), *displacement* (deformasi), dan *safety factor* (faktor keamanan) yang terjadi pada rangka meja mesin CNC *plasma cutting*. Berikut adalah prosedur dalam melakukan simulasi pengujian rangka meja mesin CNC *plasma cutting*.

1. Pemodelan desain rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

Pada simulasi pengujian dengan menggunakan metode *finite element method* untuk tahap pertama yaitu membuat geometri pemodelan dari struktur dan material yang akan diuji. Pada pemodelan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* ini dibantu dengan menggunakan *software solidworks 2020*. Gambar pemodelan rangka meja dapat dilihat seperti pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

Rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dirancang menggunakan teknik pengelasan (*weldment*). Proses perancangan menggunakan *software solidworks* dengan menggunakan metode *structural member*.

2. Pemilihan bahan dan material

Material yang digunakan untuk rangka meja adalah besi *hollow galvanis* dengan dimensi 35 mm x 35 mm dengan ketebalan 1,4 mm. Sifat-sifat material besi *hollow galvanis* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

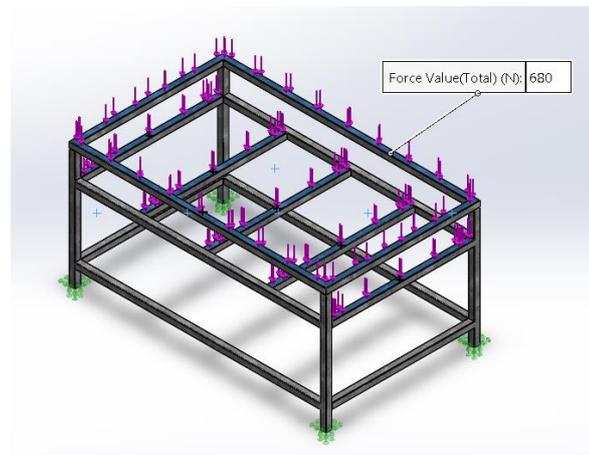
Tabel 4. 11 Sifat-sifat material *hollow galvanis*

Dimensi	35 mm x 35 mm dengan ketebalan 1,4 mm.
<i>Tensile strength</i>	357 MPa
<i>Yield strength</i>	204 MPa

Dalam simulasi pembebanan rangka meja mesin CNC *plasma cutting*, beban yang ditumpu seberat 68 kg atau 680 N.

3. Area pembebanan pada rangka meja

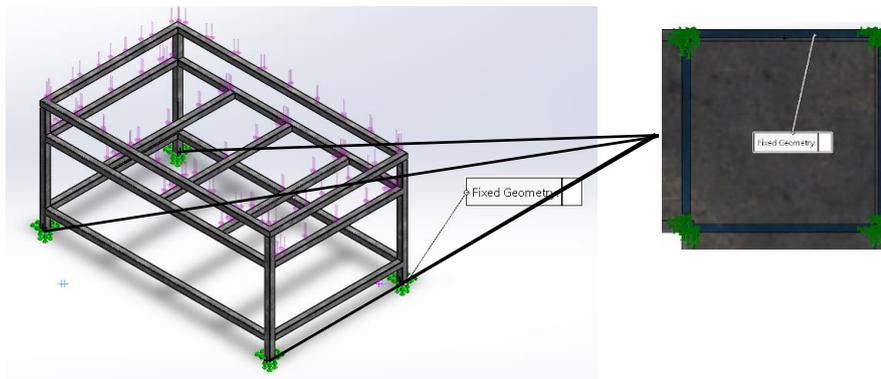
Pembebanan pada rangka meja sebesar 680 N, area pembebanan pada rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Pembebanan rangka

4. Syarat batas rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

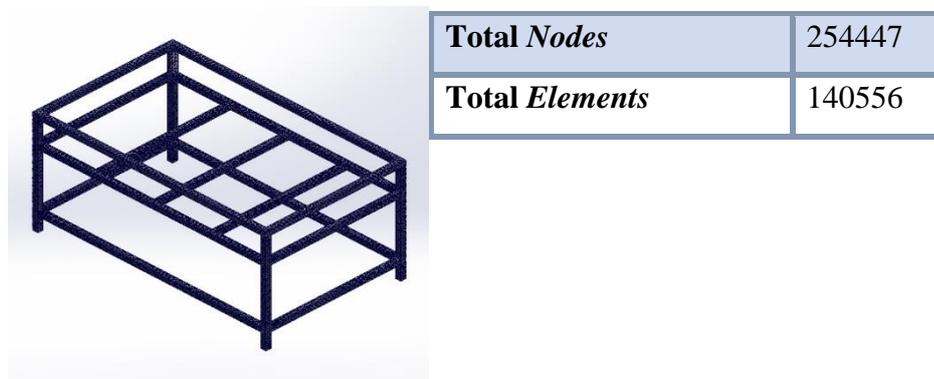
Dalam simulasi ini, rangka meja diberi syarat batas atau tumpuan jepit (*Fixed Geometry*), yang terdiri dari 4 syarat batas yang dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Syarat batas rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

5. *Meshing*

Proses *meshing* dilakukan untuk mengetahui nilai paling optimal dari variasi jumlah *element* terhadap hasil simulasi yang didapatkan. Dari hasil uji *convergensi mesh* pada Tabel 3.3 didapatkan hasil yang paling optimum dan stabil pada jumlah elemen 140.556. Adapun bentuk *meshing* dengan jumlah element 140.566 seperti pada Gambar 4.16 berikut:



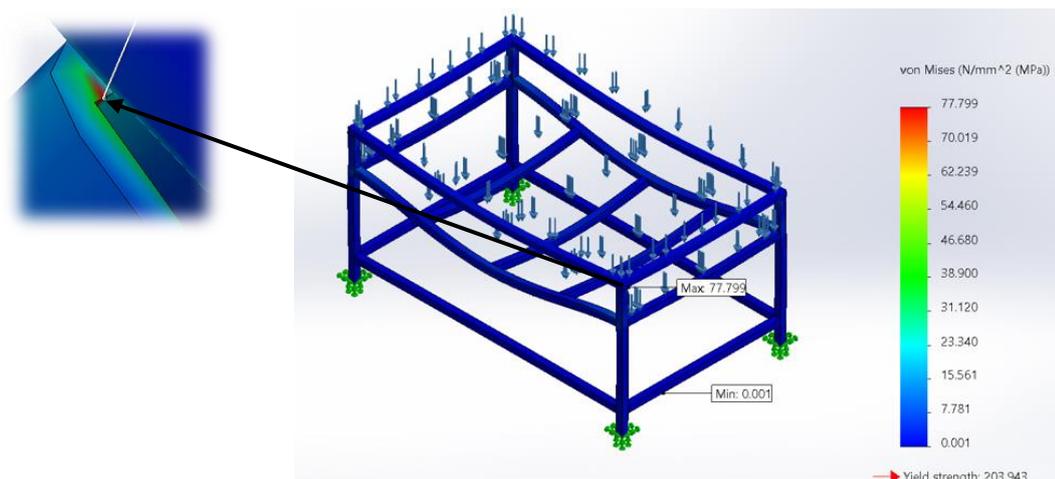
Gambar 4. 16 Meshing rangka meja

6. Result

Pada tahap ini hasil analisis *software* ditampilkan seperti nilai *von mises stress maximum*, nilai *displacement*, dan nilai *safety factor*.

A. Von mises stress rangka meja

Von mises stress merupakan parameter yang digunakan untuk menganalisis kekuatan pada rangka meja dari tegangan yang diterima oleh pembebanan yang diberikan sebesar 680 N. Kegagalan diprediksi jika nilai tegangan *von mises stress* lebih besar daripada tegangan ijin material. Berikut merupakan nilai tegangan dari pengujian pada rangka meja ditunjukkan pada Gambar 4.17.



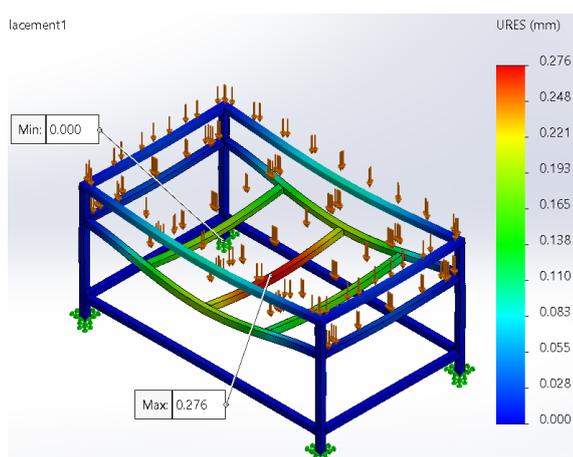
Gambar 4. 17 Von mises stress rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

Hasil pengujian dengan material *galvanized steel* pada rangka meja , mengalami tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 4.17, menunjukkan nilai *von*

mises stress maksimal sebesar 77,799 MPa (ditunjukkan dengan warna merah di bagian atas sambungan), nilai *von mises stress* minimum sebesar 0,001 MPa (ditunjukkan dengan warna biru di bagian rangka bawah), yang mana nilai tegangan maksimum masih berada di bawah nilai tegangan ijin yaitu 163,2 MPa.

B. Displacement

Nilai *displacement* adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur pergeseran yang terjadi pada struktur rangka meja terhadap pembebanan yang diberikan. Nilai *displacement* membantu menjelaskan keamanan, terutama pada kekuatan material. Untuk membantu menjelaskan kekuatan rangka meja, diberikan tegangan sebesar 680 N pada rangka meja. Berikut merupakan nilai *displacement* dari pengujian pada rangka meja ditunjukkan pada Gambar 4.18.



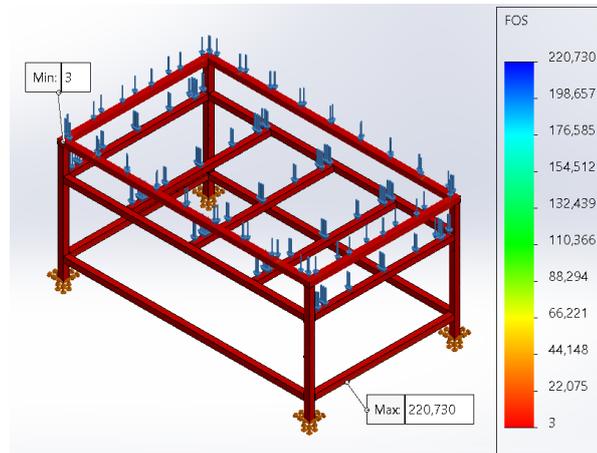
Gambar 4. 18 Nilai *displacement*

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 4. 18 data menunjukkan dengan material *galvanized steel* mengalami pergeseran struktur rangka meja dengan nilai total *displacement* maksimal sebesar 0,276 mm ditandai dengan warna merah, nilai total *displacement* minimum sebesar 0 mm ditandai dengan warna biru.

C. Safety factor

Nilai *safety factor* merupakan nilai yang penting untuk mengetahui kekuatan rangka meja ketika menerima beban. Tujuan *safety factor* adalah untuk memastikan tidak ada kegagalan pada rangka meja dalam penggunaannya. *Safety factor* dihitung dengan membagi *yield strength* (tegangan yang diijinkan) dengan besar tegangan yang terjadi. Hasil pengujian, yang ditunjukkan pada Gambar 4.19, menunjukkan

bahwa rangka meja dengan material *galvanized steel* memiliki nilai faktor keamanan minimal 3. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa rangka meja memiliki kemampuan untuk menahan gaya sebesar 680 N dan aman digunakan.



Gambar 4. 19 Nilai *safety factor*

4.3 Proses Produksi Rangka Meja Mesin CNC *Plasma Cutting*

4.3.1 Identifikasi gambar kerja

Pada tahap ini penulis mengidentifikasi gambar kerja rangka meja mesin CNC *plasma cutting* untuk memahami informasi yang terkandung dalam gambar kerja seperti jenis material dan ukuran yang akan digunakan dalam proses produksi rangka meja mesin CNC *plasma cutting*.

4.3.2 Pembuatan standar operasional prosedur (SOP)

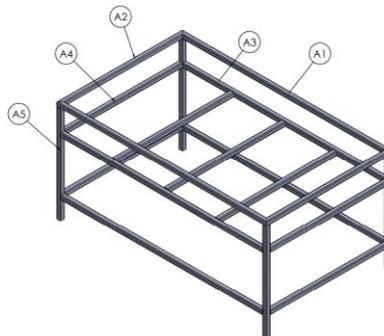
Pembuatan standar operasional prosedur bertujuan untuk membuat langkah-langkah proses produksi rangka meja mesin CNC *plasma cutting* serta sebagai alat komunikasi yang mempermudah proses produksi rangka meja tersebut. Dalam proses pembuatan rangka meja mesin CNC *plasma cutting*, terdapat beberapa tahapan pengerjaan yang meliputi penandaan, pemotongan, *bending*, pengelasan, gurdi, dan *finishing*. Berikut Gambar 4.20 di bawah ini merupakan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* yang akan dibuat.



Gambar 4. 20 Rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

1. Proses produksi rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

Pada proses pengerjaan bagian-bagian rangka meja mesin CNC *plasma cutting*, yang dapat dilihat pada Gambar 4.21, terdapat lima bagian yang diperlukan untuk membuat rangka meja mesin CNC *plasma cutting*. Berikut adalah langkah-langkah pembuatan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.



Gambar 4. 21 Bagian-bagian rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

Keterangan :

A1 : Rangka lengan sumbu y

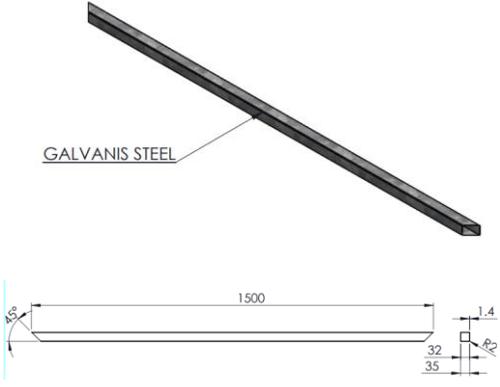
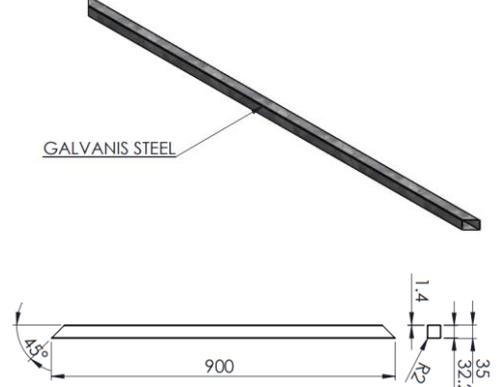
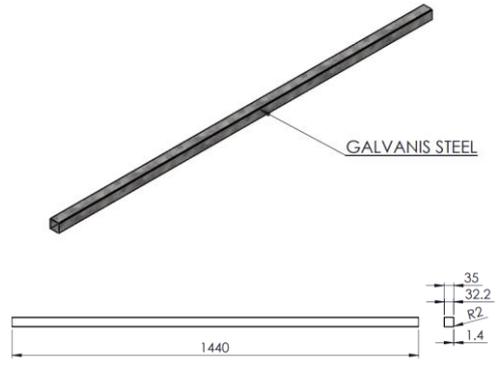
A2 : Rangka lengan sumbu x

A3 : Rangka tengah penopang bak air dan rangka bawah sumbu y

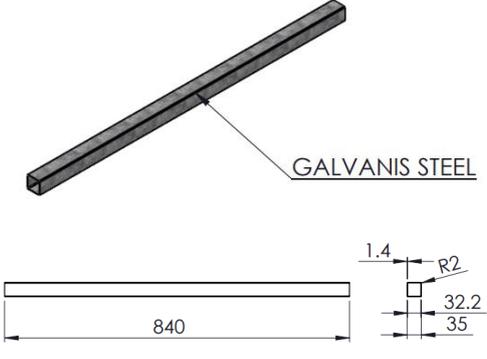
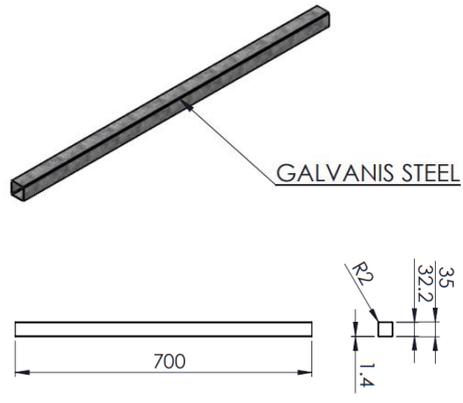
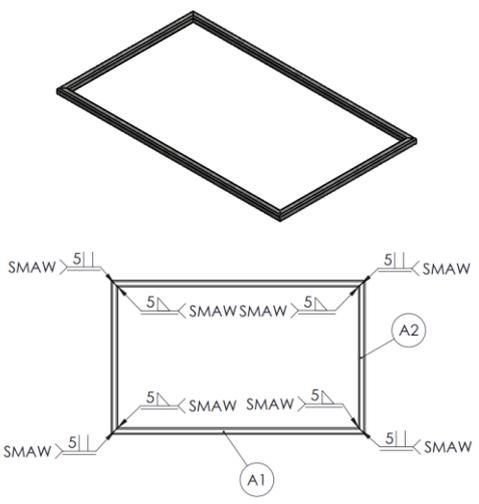
A4 : Rangka tengah penopang bak air dan rangka bawah sumbu x

A5 : Tiang rangka meja

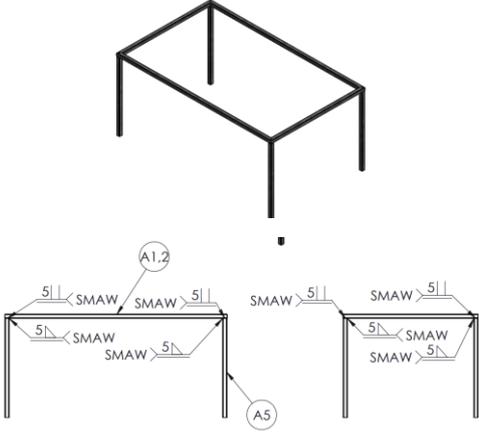
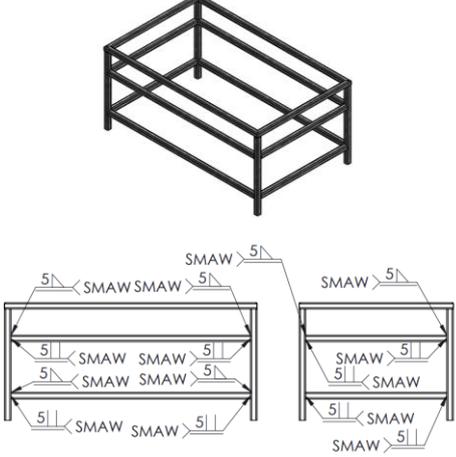
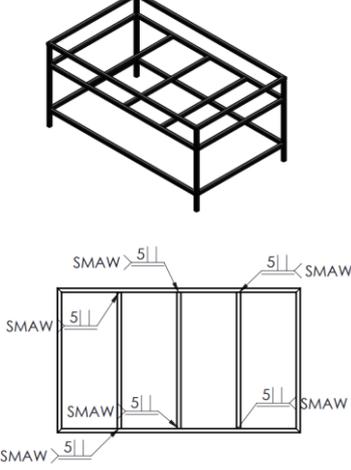
Tabel 4. 12 Proses produksi rangka meja

Nama Komponen	Gambar Kerja	Proses Pengerjaan
Rangka lengan sumbu y (A1)		Potong besi <i>hollow</i> 35 mm x 35 mm x 1,4 mm menggunakan gerinda potong sepanjang 1500 mm dengan sudut 45° dikedua ujungnya seperti pada gambar kerja sebanyak 2 pcs.
Rangka lengan sumbu x (A2)		Potong besi <i>hollow</i> 35 mm x 35 mm x 1,4 mm menggunakan gerinda potong sepanjang 900 mm dengan sudut 45° dikedua ujungnya seperti pada gambar kerja sebanyak 2 pcs.
Rangka tengah dan bawah sumbu y (A3)		Potong besi <i>hollow</i> 35 mm x 35 mm x 1,4 mm menggunakan gerinda potong sepanjang 1440 mm seperti pada gambar kerja sebanyak 4 pcs.

Tabel 4. 12 Proses produksi rangka meja (lanjutan)

Nama Komponen	Gambar Kerja	Proses Pengerjaan
Rangka tengah dan bawah sumbu x (A4)		Potong besi <i>hollow</i> 35 mm x 35 mm x 1,4 mm menggunakan gerinda potong sepanjang 840 mm seperti pada gambar kerja sebanyak 7 pcs.
Rangka tiang utama (A5)		Potong besi <i>hollow</i> 35 mm x 35 mm x 1,4 mm menggunakan gerinda potong sepanjang 700 mm seperti pada gambar kerja sebanyak 4 pcs.
<i>Sub assembly</i> rangka lengan sumbu x dan y (A1 & A2)		Lakukan pengelasan pada 2 pcs komponen rangka lengan sumbu y (A1) dengan 2 pcs komponen rangka lengan sumbu x (A2) menjadi <i>sub assembly</i> seperti pada gambar kerja.

Tabel 4.12 Proses produksi rangka meja (lanjutan)

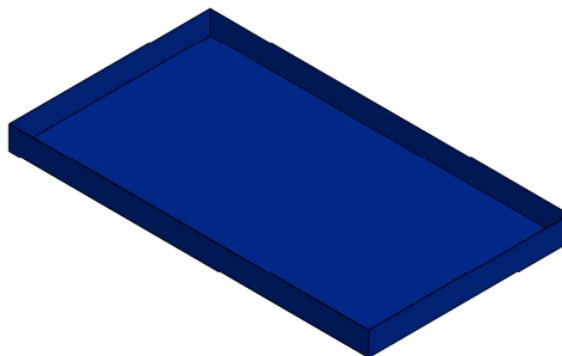
Nama Komponen	Gambar Kerja	Proses Pengerjaan
<p><i>Sub assembly</i> (A1 + A2) dengan rangka tiang (A5)</p>		<p>Lakukan pengelasan pada <i>sub assembly</i> (A1 + A2) dengan rangka tiang (A5) menjadi <i>sub assembly</i> seperti pada gambar kerja.</p>
<p><i>Sub assembly</i> (A1+A2+A5) dengan rangka tengah dan bawah sumbu x,y (A3+A4)</p>		<p>Lakukan pengelasan pada <i>sub assembly</i> (A1+A2+A5) dengan rangka tengah dan bawah sumbu x,y (A3+A4) menjadi <i>sub assembly</i> seperti pada gambar kerja.</p>
<p><i>Assembly</i> rangka meja</p>		<p>Lakukan pengelasan pada komponen <i>sub assembly</i> yang telah di <i>assembly</i> sebelumnya dengan komponen penompang bak air.</p>

Tabel 4.12 Proses produksi rangka meja (lanjutan)

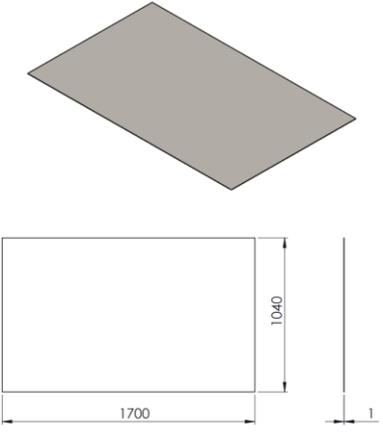
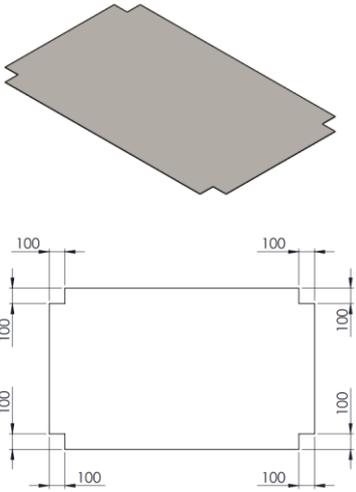
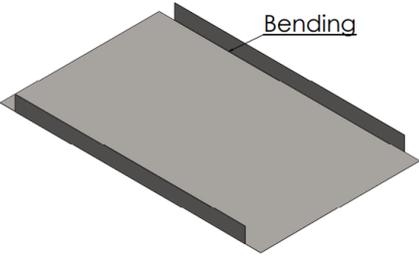
Nama Komponen	Gambar Kerja	Proses Pengerjaan
<i>Assembly</i> rangka meja mesin CNC <i>plasma</i> <i>cutting</i>		Lakukan proses <i>finishing</i> dengan pendempulan dan pengecatan.

2. Proses produksi bak penampung air

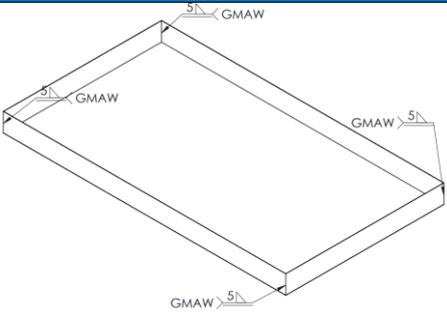
Pada proses pengerjaan bak penampung air mesin CNC *plasma cutting*, yang dapat dilihat pada Gambar 4.22, pada bagian ini hanya terdapat satu bagian yang diperlukan untuk membuat bak penampung air mesin CNC *plasma cutting*. Proses produksi bak penampungan air ini menggunakan alat atau mesin bending dan mesin las GMAW dengan kawat diameter 0,8 mm .Berikut adalah langkah-langkah pembuatan bak penampung air mesin CNC *plasma cutting* yang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

**Gambar 4. 22** Bak penampungan air

Tabel 4. 13 Proses produksi bak penampung air

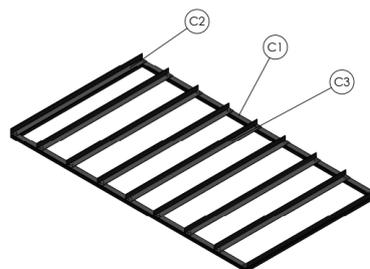
Nama Bagian	Gambar Kerja	Proses Pengerjaan
Bak penampung air mesin CNC <i>plasma cutting</i>		Potong <i>raw material</i> menggunakan gerinda potong dengan ukuran 1700 mm x 1040 mm seperti pada gambar kerja sebanyak 1 pcs.
		Potong pada bagian keempat pojok material menggunakan gerinda potong dengan ukuran 100 mm x 100 mm seperti pada gambar kerja.
		Lakukan proses <i>bending</i> agar membentuk sudut siku 90° seperti pada gambar kerja.

Tabel 4.13 Proses produksi bak penampung air (lanjutan)

Nama Bagian	Gambar Kerja	Proses Pengerjaan
Bak penampung air mesin CNC <i>plasma cutting</i>		Lakukan pengelasan pada bagian pojok material seperti pada gambar kerja.
Bak penampungan air		Lakukan proses <i>finshing</i> dengan melakukan pendempulan dan pengecatan.

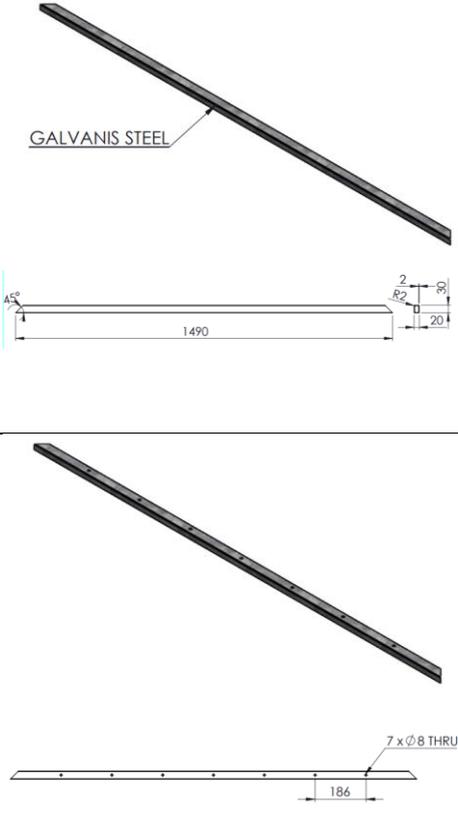
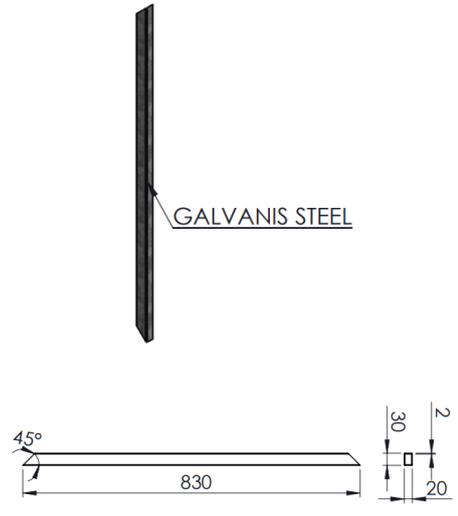
3. Proses produksi jari jari atau ram raman

Pada proses pengerjaan bagian ram raman mesin CNC *plasma cutting*, yang dapat dilihat pada Gambar 4.23, terdapat tiga bagian yang diperlukan untuk membuat ram raman mesin CNC *plasma cutting*. Bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut: C1 sebagai rangka tulangan sumbu y, C2 sebagai rangka tulangan sumbu x, dan C3 sebagai rangka penompang benda kerja. Berikut adalah langkah-langkah pembuatan ram raman mesin CNC *plasma cutting* yang dapat dilihat pada Tabel 4.14.

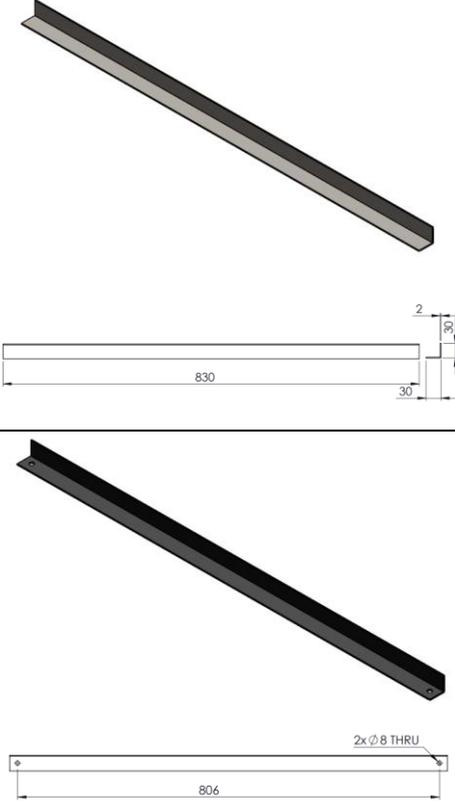
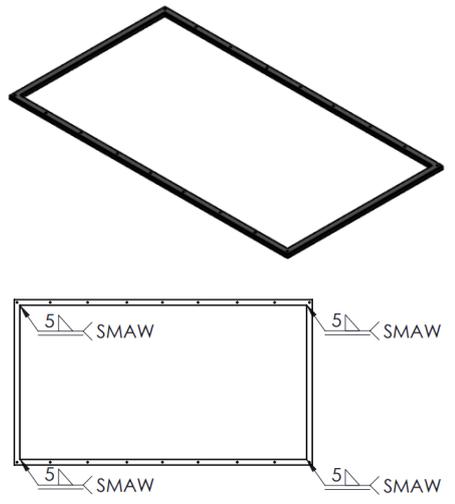


Gambar 4. 23 Ram raman mesin CNC *plasma cutting*

Tabel 4. 14 Proses produksi ram raman

Nama Bagian	Gambar Kerja	Proses Pengerjaan
Rangka tulangan sumbu y (C1)		Potong besi <i>hollow</i> 30 mm x 20 mm x 2 mm menggunakan gerinda potong sepanjang 1490 mm dengan sudut 45° dikedua ujungnya seperti pada gambar kerja sebanyak 2 pcs.
Rangka tulangan sumbu x (C2)		Potong besi <i>hollow</i> 30 mm x 20 mm x 2 mm menggunakan gerinda potong sepanjang 830 mm dengan sudut 45° dikedua ujungnya seperti pada gambar kerja sebanyak 2 pcs.

Tabel 4.14 Proses produksi ram raman (lanjutan)

Nama Bagian	Gambar Kerja	Proses Pengerjaan
Rangka penompang benda kerja (C3)		Potong besi siku ukuran 30 mm x 30 mm x 2 mm dengan gerinda potong sepanjang 830 mm seperti pada gambar kerja sebanyak 2 pcs. Lakukan pembuatan lubang pada besi siku dengan ukuran Ø8 mm menggunakan mesin bor dan jarak antar lubang 806 mm seperti pada gambar kerja.
Sub assembly komponen C1 dengan C2		Lakukan pengelasan pada sub assembly (C1 + C2) menjadi sub assembly seperti pada gambar kerja.

Tabel 4.14 Proses produksi ram raman (lanjutan)

Nama Bagian	Gambar Kerja	Proses Pengerjaan
Sub assembly komponen (C1 & C2) dengan besi penompang (C3)		Proses <i>assembly</i> antara tulangan (C1 & C2) dengan besi siku penompang benda kerja (C3) menggunakan baut M10 x 1,25 seperti pada gambar kerja.
Ram-raman		Lakukan proses <i>finishing</i> dengan melakukan pendempulan dan pengecatan.

4.3.3 Proses *finishing* rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

Dalam proses *finishing* rangka meja mesin CNC *plasma cutting*, dilakukan proses pendempulan pada sambungan pengelasan yang telah di gerinda. Setelah itu dilakukan pengecatan rangka meja, ram raman mesin CNC *plasma cutting* berwarna hitam serta untuk bagian bak air berwarna biru. Pengecatan ini bertujuan untuk mencegah korosi dan menambah nilai estetika. Proses *finishing* rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Proses *finishing* rangka meja

Nama Bagian	Gambar	Proses Pengerjaan
Rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>		Siapkan alat dan bahan seperti cat, <i>thiner</i> , <i>sampolac</i> , kompresor, <i>spraygun</i> , gerinda tangan serta APD berupa kaca mata dan masker.
Rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>		2. Proses pendempulan Lakukan proses pendempulan pada bagian sambungan pengelasan dengan <i>sampolac</i> .
		3. Proses gerinda Lakukan gerinda pada bagian yang telah di dempul dengan mata gerinda <i>bafing</i> .
		4. Proses pengecatan Lakukan proses pengecatan pada seluruh bagian rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i> , tunggu hingga cat mengering.

4.3.4 Estimasi waktu proses produksi

Proses produksi rangka meja mesin CNC *plasma cutting* memerlukan perhitungan beberapa proses pembuatan komponen yaitu memperhitungkan estimasi waktu proses persiapan material, proses pemotongan, proses pengelasan, proses *assembly*, dan proses *finishing*.

1. Persiapan material

Tahapan awal dalam proses produksi rangka meja mesin CNC *plasma cutting* adalah melakukan persiapan material dengan melakukan pembelian material atau bahan yang dibutuhkan. Waktu yang dibutuhkan untuk persiapan material tergantung pada ketersediaan material di pasaran yang harus ditunggu sebelum dapat dikerjakan. Waktu untuk persiapan material dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 16 Waktu persiapan material

No	Nama Material	Waktu (Hari)
1	Besi <i>hollow galvanis</i>	1 hari
2	Plat <i>mildsteel</i>	1 hari
3	Besi siku	1 hari
4	Roda	3 hari
5	<i>Painting</i>	1 hari
Total waktu persiapan material		7 hari

2. Perhitungan estimasi waktu proses pemotongan

Proses perhitungan waktu pemotongan dilakukan secara manual atau dengan menggunakan *stopwatch*, dilakukan dengan mencatat waktu yang dibutuhkan untuk memotong setiap *raw material*. Berikut adalah estimasi waktu pemotongan rangka meja mesin CNC *plasma cutting*.

a. Pemotongan rangka utama

Perhitungan estimasi waktu pemotongan besi *hollow* 35 mm x 35 mm x 1,4 mm untuk rangka utama menggunakan mesin gerinda potong. Total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 17 Waktu proses pemotongan rangka utama

No	Langkah Pengerjaan	Waktu Produktif (menit)	Waktu Non produktif (menit)
A	Rangka lengan atas sumbu y (2 pcs)		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		15
3	Penandaan pada gambar kerja		8
4	Waktu pemotongan	6	
5	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu pemotongan A		42	
B	Rangka lengan atas sumbu x (2 pcs)		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		5
3	Penandaan pada gambar kerja		4
4	Waktu pemotongan	6	
5	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu pemotongan B		28	
C	Rangka tengah dan bawah sumbu y (4 pcs)		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		5
3	Penandaan pada gambar kerja		8
4	Waktu pemotongan	12	
5	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu pemotongan C		38	
D	Rangka tengah dan bawah sumbu x (7 pcs)		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		5
3	Penandaan pada gambar kerja		10
4	Waktu pemotongan	21	

Tabel 4. 17 Waktu proses pemotongan rangka utama (lanjutan)

No	Langkah Pengerjaan	Waktu Produktif (menit)	Waktu Non produktif (menit)
5	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu pemotongan D		49	
E	Rangka tiang (4 pcs)		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		5
3	Penandaan pada gambar kerja		8
4	Waktu pemotongan	12	
5	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu pemotongan E		38	
Total waktu pemotongan A+B+C+D+E		195 menit	

b. Pemotongan bak penampungan air

Perhitungan estimasi waktu pemotongan plat untuk bak penampungan air menggunakan mesin gerinda potong. Total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 18 Waktu pemotongan bak penampungan air

No	Langkah Pengerjaan	Waktu Produktif (menit)	Waktu Non produktif (menit)
A	Bak penampungan air (1 pcs)		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		15
3	Penandaan pada gambar kerja		10
4	Waktu pemotongan	25	
5	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu pemotongan A		53 menit	

c. Pemotongan ram-raman

Perhitungan estimasi waktu pemotongan besi *hollow* 30 mm x 20 mm x 2 mm dan besi siku 30 mm x 30 mm x 2 mm untuk ram-raman menggunakan mesin gerinda potong. Total waktu yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 19 Waktu pemotongan ram-raman

No	Langkah Pengerjaan	Waktu Produktif (menit)	Waktu Non produktif (menit)
A	Tulangan sumbu y (2 pcs)		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		15
3	Penandaan pada gambar kerja		8
4	Waktu pemotongan	6	
5	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu pemotongan A		42	
B	Tulangan sumbu x (2 pcs)		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		5
3	Penandaan pada gambar kerja		4
4	Waktu pemotongan	6	
5	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu pemotongan B		28	
C	Dudukan benda kerja (7 pcs)		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		5
3	Penandaan pada gambar kerja		8
4	Waktu pemotongan	21	
5	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu pemotongan C		47	
Total waktu pemotongan A+B+C		117 Menit	

3. Perhitungan estimasi waktu pengelasan

Perhitungan estimasi waktu proses pengelasan yang penulis lakukan adalah sebagai berikut.

Diketahui :

Total panjang pengelasan = 4280 mm

Panjang las perbatang elektroda = 100 mm/batang

Waktu las perbatang elektroda = 2,5 menit/batang

Dari data diatas maka :

a. Jumlah elektroda

$$\begin{aligned} \text{Jumlah elektroda} &= \frac{\text{total panjang las}}{\text{panjang las perbatang}} \\ &= \frac{4280}{100 \text{ mm/batang}} \\ &= 42,8 \text{ batang} = 43 \text{ batang} \end{aligned}$$

b. Waktu pengelasan

$$\begin{aligned} \text{Waktu pengelasan} &= \text{jumlah eletroda} \times \text{waktu pengelasan} \\ &= 43 \text{ batang} \times 2,5 \text{ menit/batang} \\ &= 107,5 \text{ menit} \end{aligned}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk proses pengelasan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* adalah 107,5 menit.

Tabel 4. 20 Estimasi waktu proses pengelasan

No	Langkah Pengerjaan	Waktu Produktif (menit)	Waktu Non produktif (menit)
A	Pengelasan rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		15
3	Penyetelan pada mesin		10
4	Waktu pengelasan	107,5	
5	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu pengelasan		145,5 menit	

4. Perhitungan waktu proses *finishing*

Finishing merupakan proses penyempurnaan dari suatu komponen atau produk yang dibuat sebelum memasuki proses perakitan. Waktu yang dibutuhkan untuk proses *finishing* dapat dilihat pada Tabel 4.22 dibawah ini.

Tabel 4. 21 Waktu proses *finishing*

No	Langkah Pengerjaan	Waktu Produktif (menit)	Waktu Non produktif (menit)
A	<i>Finishing</i> rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>		
1	Periksa gambar dan ukuran		3
2	Mempersiapkan alat, bahan dan mesin		15
3	Waktu pembersihan (penggerindaan)	90	
4	Waktu pendempulan	30	
5	Waktu pengamplasan	30	
6	Waktu pengecatan	90	
7	Pemeriksaan akhir		10
Jumlah waktu <i>finishing</i>		268 menit	

4. Perhitungan total estimasi waktu proses produksi

Perhitungan total estimasi waktu produksi merupakan hasil penjumlahan dari semua waktu produksi yang sudah dihitung sebelumnya. Berikut merupakan total estimasi waktu proses produksi rangka meja mesin CNC *plasma cutting* yang dapat dilihat pada Tabel 4.23 berikut ini.

Tabel 4. 22 Total waktu produksi

No	Proses Produksi	Waktu
1	Waktu persiapan material	3360
2	Waktu pengerjaan proses pemotongan	365
3	Waktu pengerjaan proses pengelasan	145,5
4	Waktu pengerjaan proses <i>finishing</i>	268
Total waktu proses produksi		4138,5 menit atau 69 jam

Jadi setelah dilakukan perhitungan estimasi waktu proses produksi, maka didapatkan waktu proses produksi sebesar 69 jam.

Jam kerja = 8 jam/hari

$$\frac{\text{total estimasi waktu produksi}}{\text{jam kerja}} = \frac{69}{8} = 8,6 \text{ hari}$$

4.4 Pengujian Rangka Meja Mesin CNC *Plasma Cutting*

Pengujian rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keberhasilan dari rangka meja yang sudah dibuat sesuai dengan yang dirancang atau tidak, dengan cara memberikan pembebanan statis pada rangka meja dengan berat yang bervariasi. Berat bervariasi ini didapatkan dari spesifikasi benda kerja yang akan dilakukan proses pemotongan.

4.4.1 Input data pembebanan

Sebelum melakukan simulasi pengujian pada rangka meja mesin CNC *plasma cutting*, penulis melakukan input data pembebanan yang diterima rangka. Total pembebanan di dapatkan dari beban mesin seperti pada tabel 4.8 ditambah dengan beban material yang akan di potong. Total pembebanan dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4. 23 Variasi pembebanan

No	Nama	Beban Mesin	Beban Material	Total Beban
1	Benda kerja I	68 Kg	8 Kg	76 Kg
2	Benda kerja II	68 Kg	16 Kg	84 Kg
3	Benda kerja III	68 Kg	24 Kg	92 Kg

4.4.2 Pemilihan bahan dan material

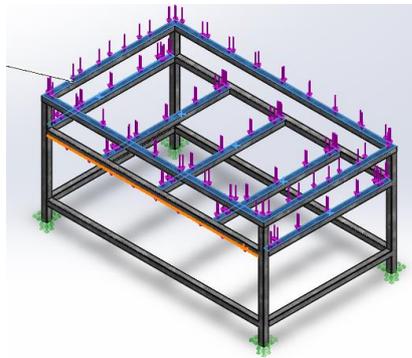
Material yang digunakan untuk rangka meja adalah besi *hollow galvanis* dengan dimensi 35 mm x 35 mm dengan ketebalan 1,4 mm. Sifat-sifat material besi *hollow galvanis* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 24 Sifat-sifat material *hollow galvanis*

Dimensi	35 mm x 35 mm dengan ketebalan 1,4 mm.
Tensile strength	357 MPa
Yield strength	204 MPa

4.4.3 Area pembebanan

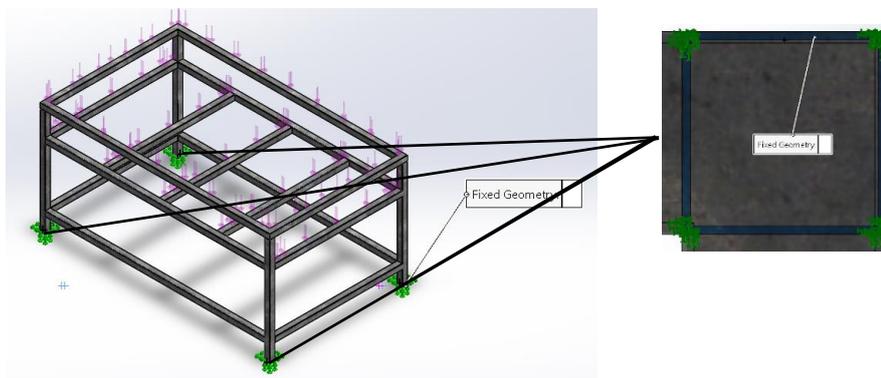
Dalam simulasi pembebanan rangka meja mesin CNC *plasma cutting*, beban yang ditumpu bervariasi dari total pembebanan 760 N, 840 N, dan 920 N.



Gambar 4. 24 Area pembebanan

4.4.4 Syarat batas rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

Dalam simulasi ini, rangka meja diberi syarat batas atau tumpuan jepit (*Fixed Geometry*), yang terdiri dari 4 syarat batas yang dapat dilihat pada Gambar 4.21.

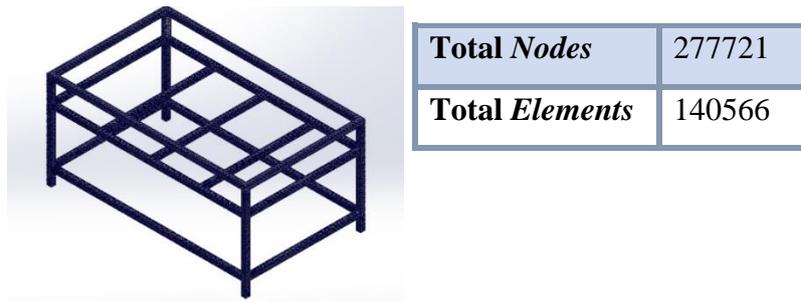


Gambar 4. 25 Syarat batas rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

4.4.5 Meshing

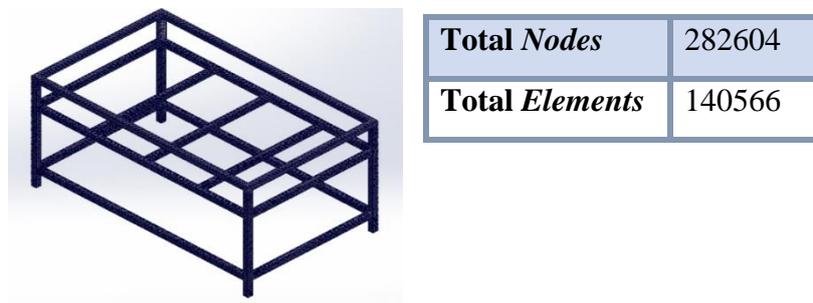
Proses *meshing* dilakukan untuk mengetahui nilai paling optimal dari variasi jumlah elemen terhadap hasil simulasi yang didapatkan. Dari hasil uji *convergensi mesh* pada Tabel 3.3 didapatkan hasil yang paling optimum dan stabil pada jumlah *element* 140.566.

- a. *Meshing* pada pengujian benda kerja I



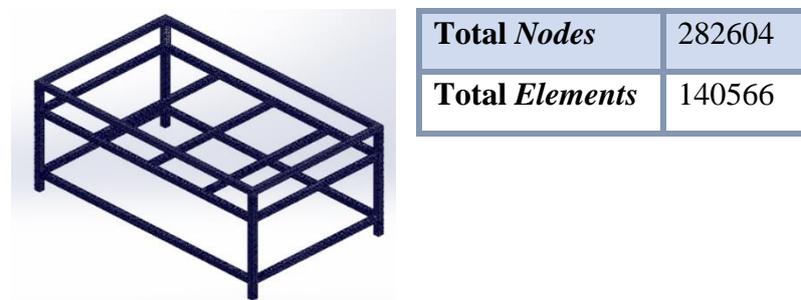
Gambar 4. 26 *Meshing* benda kerja I

- b. *Meshing* pada pengujian benda kerja II



Gambar 4. 27 *Meshing* benda kerja II

- c. *Meshing* pada pengujian benda kerja III



Gambar 4. 28 *Meshing* benda kerja III

4.4.6 Solution

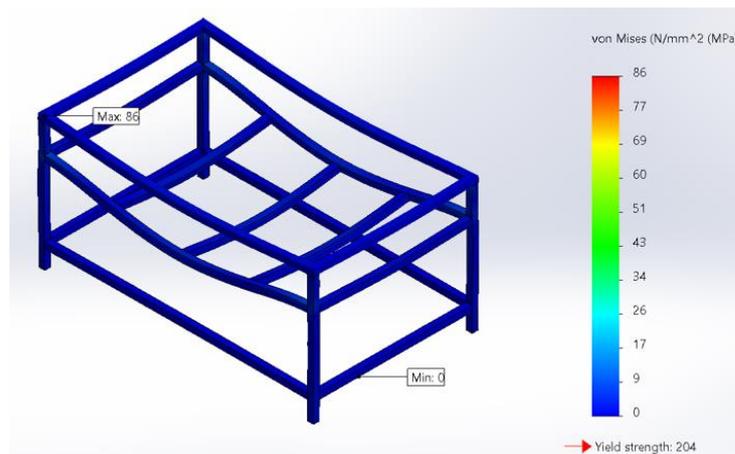
Pada tahap berikutnya, parameter penyelesaian dimasukkan, yang menentukan bentuk hasil perhitungan yang diinginkan untuk diproses pada simulasi ini. Untuk parameter yang digunakan berupa tekanan *von mises stress* setara sebagai nilai distribusi tegangan, *displacement* total sebagai nilai deformasi total, dan *safety factor* sebagai nilai faktor keamanan. Selanjutnya, menjalankan perhitungan numerik simulasi statis struktural.

4.4.7 Result

Pada tahap *result*, data hasil perhitungan akan ditampilkan sesuai dengan program yang dimasukkan dalam solusi. *Geometry* dan *preview* laporan dapat diambil sebagai hasil perhitungan pengujian simulasi pada rangka meja dengan berbagai varian pembebanan.

1. *Von mises stress* pengujian benda kerja I

Von mises stress merupakan parameter yang digunakan untuk menganalisis kekuatan pada rangka meja dari tegangan yang diterima oleh pembebanan yang diberikan sebesar 760 N pada rangka meja. Kegagalan diprediksi jika nilai tegangan *von mises stress* lebih besar daripada tegangan ijin. Berikut merupakan nilai tegangan dari pengujian benda kerja I ditunjukkan pada Gambar 4.29.

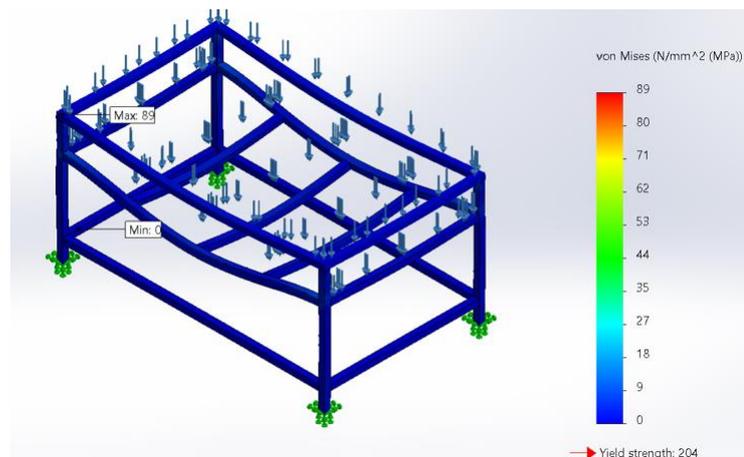


Gambar 4. 29 *Von mises stress* pengujian benda kerja I

Dari hasil pengujian menunjukkan nilai von mises stress sebesar 86 MPa, yang mana lebih rendah dari tegangan ijin yaitu sebesar 163,2 MPa.

2. *Von mises stress* pengujian benda kerja II

Von mises stress merupakan parameter yang digunakan untuk menganalisis kekuatan pada rangka meja dari tegangan yang diterima oleh pembebanan yang diberikan sebesar 840 N pada rangka meja . Kegagalan diprediksi jika nilai tegangan *von mises stress* lebih besar daripada tegangan ijin. Berikut merupakan nilai tegangan dari pengujian benda kerja II ditunjukkan pada Gambar 4.30.

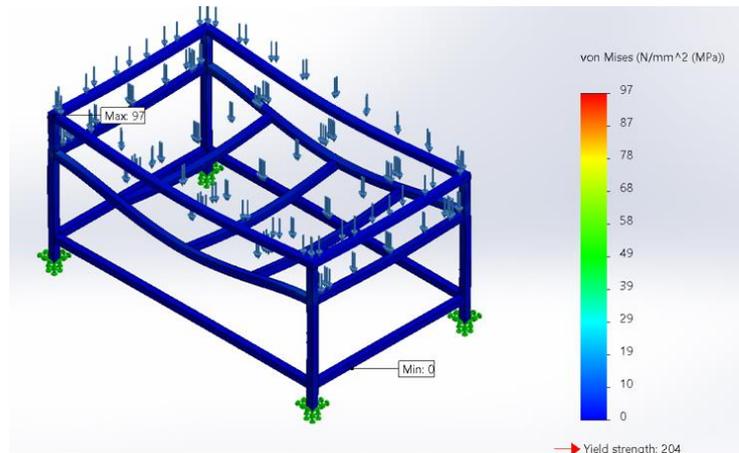


Gambar 4. 30 *Von mises stress* pengujian benda kerja II

Dari hasil pengujian menunjukkan nilai *von mises stress* sebesar 89 MPa, yang mana lebih rendah dari tegangan ijin yaitu sebesar 163,2 MPa.

3. *Von mises stress* pengujian benda kerja III

Von mises stress merupakan parameter yang digunakan untuk menganalisis kekuatan pada rangka meja dari tegangan yang diterima oleh pembebanan yang diberikan sebesar 920 N pada rangka meja . Kegagalan diprediksi jika nilai tegangan *von mises stress* lebih besar daripada tegangan ijin. Berikut merupakan nilai tegangan dari pengujian benda kerja III ditunjukkan pada Gambar 4.31.

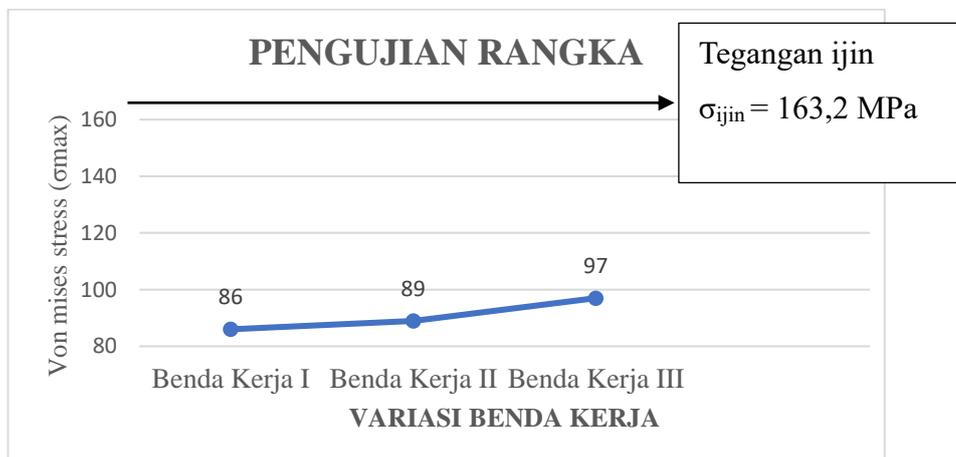


Gambar 4. 31 Von mises stress pengujian benda kerja III

Dari hasil pengujian menunjukkan nilai *von mises stress* sebesar 97 MPa, yang mana lebih rendah dari tegangan ijin yaitu sebesar 163,2 MPa.

4.4.8 Penarikan kesimpulan

Dari hasil analisa tegangan maksimal pada rangka meja dengan varian pembebanan dibuatlah grafik untuk mengetahui apakah ada rangka meja yang melebihi tegangan yang diijinkan dapat dilihat pada Gambar 4.32 dibawah ini.



Gambar 4. 32 Grafik *von mises stress* pada variasi pembebanan

Berdasarkan hasil pengujian rangka yang telah dilakukan dapat dinyatakan “aman” karena setelah rangka meja diberikan pembebanan dengan beban yang bervariasi, nilai dari tegangan maksimal yang terjadi pada rangka meja masih berada dibawah nilai tegangan ijin yaitu 163,2 MPa ($\sigma_{max} < \sigma_{ijin}$).