

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Merencana

Tahapan merencana dilakukan bertujuan untuk melakukan identifikasi masalah yang didapatkan dari studi lapangan agar nantinya ditemukan solusi terbaik.

4.1.1 Identifikasi masalah

Tahap merencana diawali dengan melakukan identifikasi masalah. Metode identifikasi masalah yang dilakukan yaitu dengan studi lapangan (pengamatan langsung dan wawancara). Pengamatan dilakukan di *workshop* las dan fabrikasi Politeknik Negeri Cilacap. Setelah pengamatan, dilakukanlah wawancara kepada teknisi di *workshop* las dan fabrikasi Politeknik Negeri Cilacap untuk menggali lebih dalam terkait kebutuhan untuk praktik kerja plat. Dalam studi lapangan tersebut ditemukan suatu masalah yaitu mesin *spot welding* yang ada belum memudahkan kegiatan praktik kerja plat, serta mesin yang ada relatif berat sedangkan dibutuhkan mesin yang bersifat *portable*.

4.1.2 Studi literatur

Setelah didapatkan data permasalahan langkah selanjutnya yaitu studi literatur. Studi literatur merupakan langkah yang diperlukan untuk mempelajari dasar perancangan mesin *spot welding portable* dan menentukan komponen-komponen apa saja yang diperlukan untuk merancang dan membuat mesin *spot welding portable*. Studi literatur ini dilakukan dengan membaca jurnal, membaca buku, melihat mesin yang pernah dibuat sebelumnya dan *browsing* internet. Jurnal yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir perancangan mesin *spot welding portable* bersumber dari (Hidayat dan Sakti, 2022) dan (Susetyo dkk, 2023).

4.1.3 Studi lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai mesin *spot welding*. Serta meninjau langsung cara kerjanya sehingga dapat dianalisa mesin yang akan dibuat untuk memenuhi kebutuhan praktik kerja plat. Studi lapangan dilakukan dengan meninjau mesin *spot welding* yang ada di *workshop* las dan fabrikasi Politeknik Negeri Cilacap. Kemudian mengumpulkan data kebutuhan mesin yang akan dibuat dengan kuisioner (Lampiran 2). Dari hasil wawancara dengan narasumber terdapat beberapa permasalahan yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

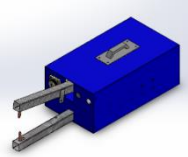
Tabel 4. 1 Hasil studi lapangan

No.	Permasalahan	Penjelasan
1.	Mobilitas mesin <i>spot welding</i> yang ada masih kurang	Mesin <i>spot welding</i> yang ada di <i>workshop</i> las dan fabrikasi memiliki bobot yang berat yaitu berkisar 98kg dengan dimensi 300mmx300mmx1200mm
2.	Daya mesin	Mesin <i>spot welding</i> yang ada menggunakan daya 3 fasa hal ini menyebabkan masih belum memudahkan saat digunakan untuk mengelas di luar area <i>workshop</i>

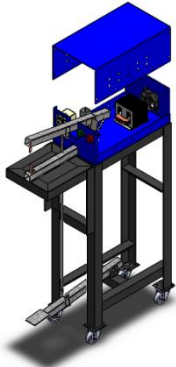
4.2 Mengkonsep

Setelah melakukan studi literatur dari beberapa jurnal, penulis juga menemukan beberapa ide/konsep lagi dalam perancangan mesin *spot welding portable*. Berikut merupakan gambaran dari konsep mesin *spot welding portable* dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini

Tabel 4. 2 Konsep mesin *spot welding portable*

No.	Gambar	Keterangan
1.	 <p>Konsep A</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tanpa rangka mesin 2. Dibawa dengan cara di jinjing 3. Penekanan saat mengelas dengan kontrol tangan

Tabel 4.2 Konsep mesin *spot welding portable* (Lanjutan)

No.	Gambar	Keterangan
2.	 <p>Konsep B</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan rangka sebagai penopang mesin dan terdapat meja kerja 2. Dapat digunakan secara stasioner maupun <i>portable</i> 3. Penekanan saat mengelas dengan kontrol pedal kaki

4.2.1 Pemilihan konsep

1. Kriteria penilaian

Pemilihan konsep ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan serta kebutuhan dari alat yang akan dibuat, berdasarkan hal tersebut ditentukanlah konsep yang akan digunakan pada saat perancangan dan pembuatan mesin *spot welding portable*.

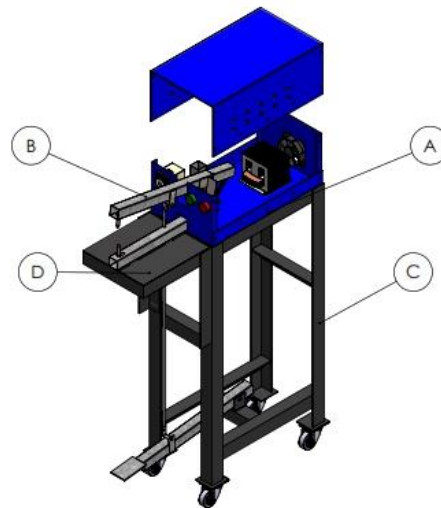
2. Konsep terpilih

Dalam pemilihan konsep konstruksi mesin *spot welding portable*, dipilih konsep B yaitu mesin *spot welding portable* dengan adanya *frame* penopang dan meja kerja. Konsep B dipilih karena memudahkan saat sedang melakukan pengelasan karena kontrol penekanan menggunakan kaki sehingga kedua tangan bisa maksimal memposisikan benda kerja. Konsep B lebih dipilih karena konsep B juga dapat berfungsi ganda yaitu dapat dilepas untuk dijinjing maupun untuk pengelasan stasioner di tempat. Konsep tersebut dipilih karena memudahkan dalam penggunaan dan mobilitas mesin. Dan Hal tersebut cocok dengan kebutuhan mesin *spot welding* untuk praktik kerja plat.

4.3 Merancang

4.3.1 Desain wujud

Desain wujud digunakan untuk mengetahui bentuk alat/mesin yang dibuat, desain wujud dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4. 1 Desain wujud mesin *spot welding portable*

Keterangan dari masing-masing bagian mesin *spot welding portable* dijelaskan pada Tabel 4.3 dibawah ini

Tabel 4. 3 Bagian-bagian mesin *spot welding portable*

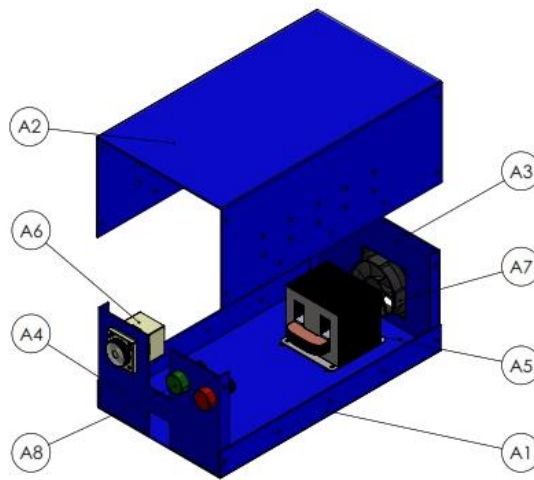
No.	Nama bagian	Jumlah	Keterangan
A	<i>Box mesin</i>	1	Dibuat
B	<i>Assembly penggerak lengan</i>	1	Dibuat
C	<i>Assembly rangka</i>	1	Dibuat
D	<i>Meja kerja</i>	1	Dibuat

4.3.2 Desain rinci

Setelah desain wujud dibuat, selanjutnya menentukan bagian-bagian dari rancangan mesin *spot welding portable* agar mudah dipahami. Berikut merupakan bagian-bagian dari mesin *spot welding portable*.

1. Desain *box* mesin

Box mesin merupakan tempat yang berfungsi untuk menyimpan dan melindungi komponen utama mesin *spot welding portable* seperti *transformator*, *timer control*, kabel dan kipas pendingin. Desain *box* mesin dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4. 2 Desain *box* mesin

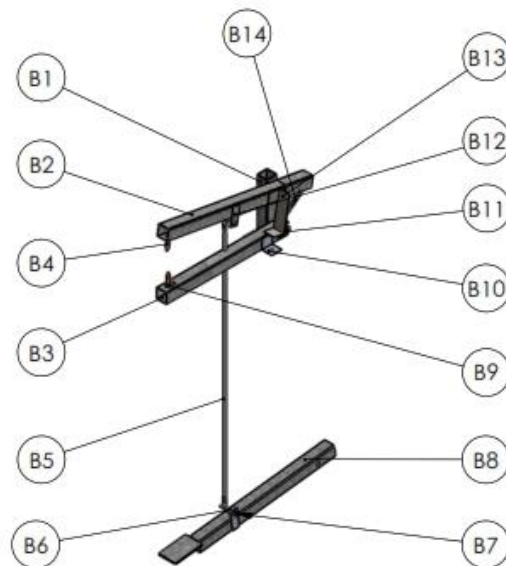
Keterangan dari masing-masing bagian *box* mesin dijelaskan pada Tabel 4.4 dibawah ini

Tabel 4. 4 Bagian-bagian *box* mesin

No.	Nama bagian	Bahan	Keterangan
A1	<i>Base box</i>	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
A2	<i>Cover atas box</i>	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
A3	<i>Cover belakang</i>	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
A4	<i>Cover depan</i>	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
A5	<i>Transformator</i>	Standar	Dibeli
A6	<i>Timer control</i>	Standar	Dibeli
A7	Kipas pendingin	Standar	Dibeli
A8	Lampu <i>Indicator</i>	Standar	Dibeli

2. Desain penggerak lengan

Penggerak lengan terdiri dari dua bagian utama yaitu lengan penekan dan pedal penggerak. Lengan penekan berfungsi sebagai *holder* elektroda sedangkan pedal penggerak berfungsi sebagai alat bantu untuk menggerakkan lengan penekan naik turun. Desain penggerak lengan dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4. 3 Desain penggerak lengan elektroda

Keterangan dari masing-masing bagian penggerak lengan dijelaskan pada Tabel 4.5 dibawah ini

Tabel 4. 5 Bagian-bagian penggerak lengan

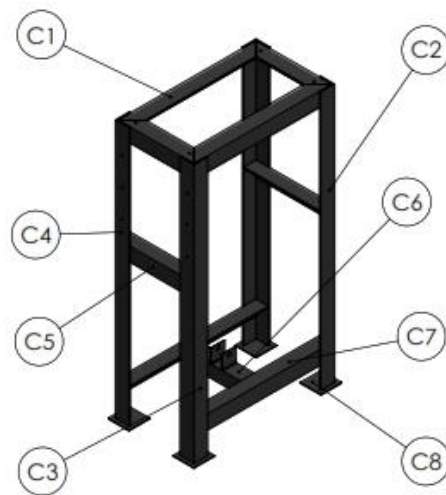
No.	Nama bagian	Bahan	Keterangan
B1	Penumpu lengan	Galvanis	Dibuat
B2	Lengan penekan	Galvanis	Dibuat
B3	Lengan <i>fix</i>	Galvanis	Dibuat
B4	Elektroda	Tembaga	Dibuat
B5	Konektor	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
B6	Tuas penarik	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
B7	Pin konektor	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
B8	Pedal	Galvanis	Dibuat

Tabel 4.5 Bagian-bagian penggerak lengan (Lanjutan)

No.	Nama bagian	Bahan	Keterangan
B9	Isolator	Ebonit	Dibuat
B10	<i>Bracket</i> lengan	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
B11	<i>Limit switch</i>	Standar	Dibeli
B12	Bracket tuas penarik	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
B13	Penekan <i>limit switch</i>	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
B14	Pegas pembalik	<i>Wire</i>	Dibeli

3. Desain *assembly* rangka

Assembly rangka merupakan *assembly* dari beberapa *part* yang membentuk rangka. Rangka berfungsi sebagaiudukan utama *box* mesin *spot welding portable*. Desain *assembly* rangka dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.

Gambar 4. 4 Desain *assembly* rangka

Keterangan dari masing-masing bagian *assembly* rangka dijelaskan pada Tabel 4.6 dibawah ini

Tabel 4. 6 Bagian-bagian *assembly* rangka

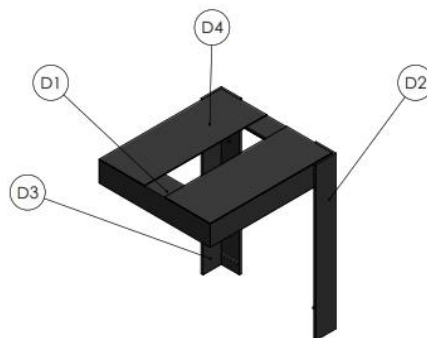
No.	Nama bagian	Bahan	Keterangan
C1	Dudukan <i>box</i> mesin	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
C2	Kaki belakang	<i>Mildsteel</i>	Dibuat

Tabel 4.6 Bagian-bagian *assembly* rangka (Lanjutan)

No.	Nama bagian	Bahan	Keterangan
C3	Kaki depan kiri	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
C4	Kaki depan kanan	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
C5	<i>Support</i> kaki rangka 1	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
C6	Dudukan pedal	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
C7	<i>Support</i> kaki rangka 2	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
C8	Base plate kaki	<i>Mildsteel</i>	Dibuat

4. Desain *assembly* meja kerja

Assembly meja kerja merupakan *assembly* dari beberapa *part* yang membentuk meja kerja. Meja kerja berfungsi sebagai penopang dari lengan *fix* dan benda kerja. Desain *assembly* meja kerja dapat dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini.

Gambar 4. 5 Desain *assembly* meja kerja

Keterangan dari masing-masing bagian *assembly* meja kerja dijelaskan pada Tabel 4.7 dibawah ini

Tabel 4. 7 Bagian-bagian *assembly* meja kerja

No.	Nama bagian	Bahan	Keterangan
D1	Dudukan benda kerja	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
D2	Kaki meja kiri	<i>Mildsteel</i>	Dibuat

Tabel 4.7 Bagian-bagian *assembly* meja kerja (Lanjutan)

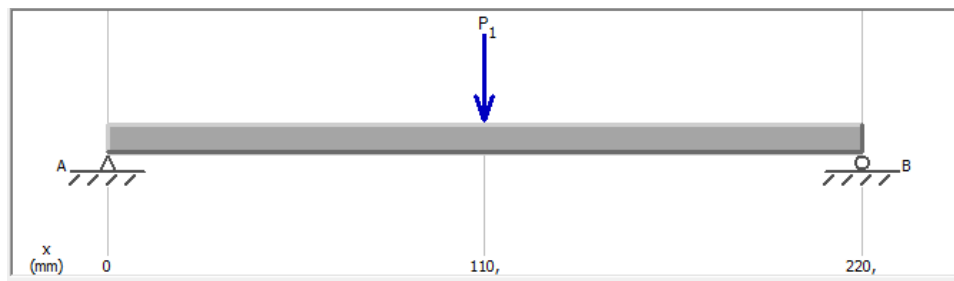
No.	Nama bagian	Bahan	Keterangan
D3	Kaki meja kanan	<i>Mildsteel</i>	Dibuat
D4	<i>Cover</i> meja kerja	<i>Mildsteel</i>	Dibuat

4.3.3 Perhitungan komponen mesin *spot welding portable*

Berikut ini uraian perhitungan komponen-komponen pada mesin *spot welding portable*.

1. Perhitungan rangka

Batang penumpu yang direncanakan menerima beban terpusat adalah profil meja kerja depan yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 No. D1. Sehingga dapat diuraikan dengan rumus perhitungan untuk mempertimbangan kekuatan dan keamanan dari profil mesin *spot welding portable* tersebut (Popov & Astamar, 1984). Pembebanan profil batang dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4. 6 Pembebanan profil

a. Menghitung gaya yang bekerja

Menghitung gaya yang bekerja pada profil batang dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Diket} \quad : m &= (\text{Tuas penarik} + \text{bracket pedal } 2 + \text{konektor } 2 + \text{pedal} + \\
 &\quad \text{elektroda} + \text{kabel} + \text{beban tekan}) \\
 &= (0,212 + (0,015 \times 2) + (0,01 \times 2) + 0,465 + 0,026 + 0,4 + 1 \text{ kg}) \\
 &= 2,14 \text{ kg} \\
 g &= 9.8 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

Ditanya : F.....?

Jawab :

$$F = m \times g \quad (\text{Menggunakan persamaan 3.1})$$

$$F = 2,14 \text{ Kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$= 21 \text{ N}$$

Diperoleh hasil perhitungan gaya bekerja pada profil meja kerja depan yaitu 21 N.

b. Menghitung gaya reaksi

Menghitung gaya reaksi RA dan RB dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut

$$\text{Diket} \quad : P = F = 21 \text{ N}$$

$$L = 220 \text{ mm}$$

$$\text{Ditanya} \quad : \text{RA dan RB.....?}$$

$$\text{Jawab} \quad :$$

$$RA = P \times L \quad (\text{Menggunakan persamaan 3.2})$$

$$\sum M_A = 0$$

$$P \cdot 110 - R_{VB} \cdot 220 = 0$$

$$21 \cdot 110 - R_{VB} \cdot 220 = 0$$

$$R_{VB} = \frac{21 \cdot 110}{220}$$

$$R_{VB} = \frac{2310}{220}$$

$$R_{VB} = 10,5 \text{ N } (\uparrow)$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-P \cdot 110 + R_{VA} \cdot 220 = 0$$

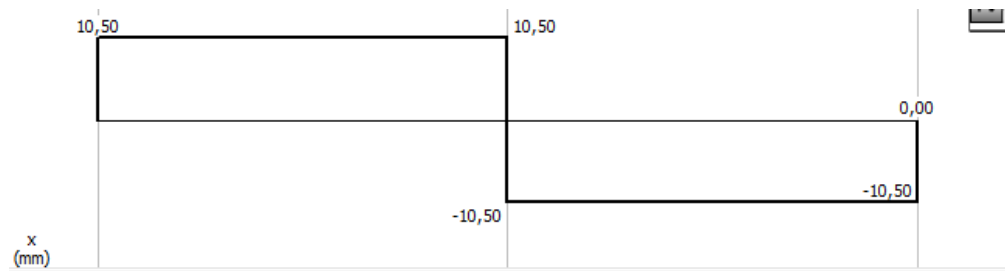
$$-21 \cdot 110 + R_{VA} \cdot 220 = 0$$

$$R_{VA} = \frac{21 \cdot 110}{220}$$

$$R_{VA} = \frac{2310}{220}$$

$$R_{VA} = 10,5 \text{ N } (\uparrow)$$

Diperoleh hasil perhitungan gaya reaksi dari profil meja kerja depan yaitu R_{VA} 10,5 N dan R_{VB} 10,5 N yang mana hasil ini sama seperti di MD Solid yang ditunjukkan pada gambar 4.7 dibawah ini.

Gambar 4. 7 *Shear* diagram MD solid

c. Menghitung momen maksimal

Menghitung momen maksimal dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut

Diket : $P = F = 21 \text{ N}$

$L = 220 \text{ mm}$

Ditanya : $M_{max} \dots?$

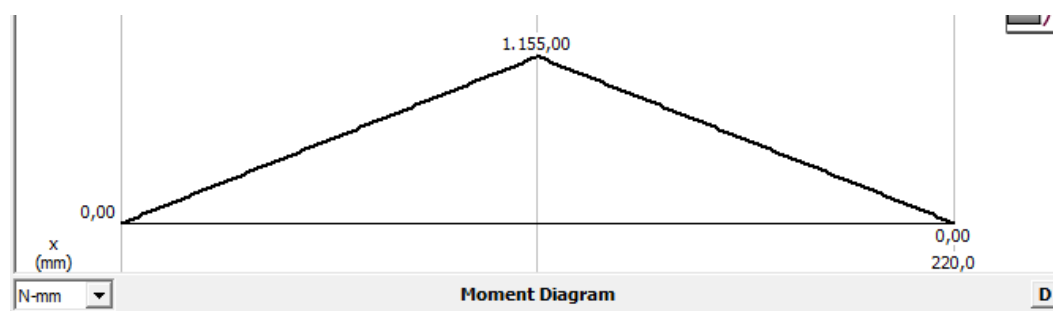
Jawab :

$$M_{max} = \frac{P \times L}{4} \quad (\text{Menggunakan persamaan 3.3})$$

$$M_{max} = \frac{21 \times 220}{4}$$

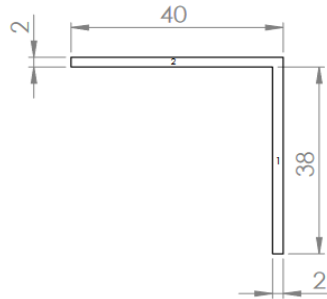
$$= 1155 \text{ Nmm}$$

Diperoleh hasil perhitungan momen maksimal dari profil meja kerja depan yaitu 1155 Nmm yang mana hasil ini sama seperti di MD Solid yang ditunjukkan pada gambar 4.8 dibawah ini

Gambar 4. 8 *Moment* diagram MD solid

d. Menghitung momen inersia besi siku

Untuk menghitung momen inersia pada sebuah batang harus mengetahui penampangnya terlebih dahulu. Penampang besi siku dapat dilihat pada Gambar 4.9 dibawah ini



Gambar 4. 9 Penampang besi siku

Diketahui : $b_1 = 2 \text{ mm}$ $h_1 = 38 \text{ mm}$
 $b_2 = 40 \text{ mm}$ $h_2 = 2 \text{ mm}$

Ditanya : $I_{\text{total}} \dots ?$

Jawab :

Perhitungan dari masing-masing bidang dijelaskan pada Tabel 4.8 dibawah ini

Tabel 4. 8 Luas penampang besi siku $40 \times 40 \times 2 \text{ mm}$

Bagian	(A) Luas mm^2	Jarak sumbu y mm	(A . y) mm^3
1	$2 \times 38 = 76$	$\frac{38}{2} = 19$	1.444
2	$2 \times 40 = 80$	$38 + \frac{2}{2} = 39$	3.120
Σ	156		4.564

Letak sumbu titik berat

$$\begin{aligned}
 C_{(x,y)} &= \frac{\Sigma Ay}{\Sigma A} && \text{(Menggunakan persamaan 3.4)} \\
 &= \frac{4.564}{156} \\
 &= 29,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$I_{xx} = \frac{bh^3}{12} \quad (\text{Menggunakan persamaan 3.5})$$

Momen inersia bagian 1

$$\begin{aligned} I_{zz1} &= I_o + Ad^2 \\ &= \left(\frac{bh^3}{12}\right) + (A_1 (y_1 - C)^2) \\ &= \left(\frac{2(38)^3}{12}\right) + (76 (19 - 29,25)^2) \\ &= \left(\frac{109744}{12}\right) + (76 (10,25)^2) \\ &= 9145,33 + 7984,75 \\ &= 17130,08 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Momen inersia bagian 2

$$\begin{aligned} I_{zz2} &= I_o + Ad^2 \\ &= \left(\frac{bh^3}{12}\right) + (A_2 (y_2 - C)^2) \\ &= \left(\frac{40(2)^3}{12}\right) + (80 (39 - 29,25)^2) \\ &= \left(\frac{320}{12}\right) + (80 (9,75)^2) \\ &= 26,67 + 7605 \\ &= 7631,67 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Total momen inersia penampang besi siku $40 \times 40 \times 2 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} I_{zz} &= I_{zz1} + I_{zz2} \\ &= 17130,08 \text{ mm}^4 + 7631,67 \text{ mm}^4 \\ &= 24761,75 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Diperoleh hasil perhitungan momen inersia total dari profil batang siku yaitu $24761,75 \text{ mm}^4$.

e. Menghitung tegangan maksimal

Menghitung tegangan maksimal dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut

Diketahui : $M_{\max} = 1155 \text{ Nmm}$

$I_{\text{total}} = 24761,75 \text{ mm}^4$

$C_{(x,y)} = 29,25 \text{ mm}$

Ditanya : $\sigma_{\max} \dots\dots?$

Jawab :

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{M_{\max}}{I} C_{(x,y)} && \text{(Menggunakan persamaan 3.6)} \\ &= \frac{1155 \text{ Nmm}}{24761,75 \text{ mm}^4} 29,25 \text{ mm} \\ &= 0,046 \cdot 29,25 \text{ mm} \\ &= 1,36 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Bahan rangka menggunakan profil siku *Mild steel* ASTM A-36. Sifat-sifat mekanis bahan dapat dilihat pada (Lampiran 3) yakni tegangan leleh (σ_y) = 220-250 Mpa dengan nilai *safety factor* (n) adalah 1,5 dikarenakan menerima beban statis.

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{izin}} &= \frac{\sigma_u}{n} \\ &= \frac{250}{1,5} \\ &= 166,67 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas $\sigma_{\max} = 1,36 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{\text{izin}} = 166,67 \text{ N/mm}^2$, maka dari itu hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa profil siku ukuran 40 mm x 40 mm x 2 mm dipastikan aman menahan beban yang diberikan. Hasil ini menunjukkan makin kecil nilai tegangan yang kita dapat pada sebuah profil maka kekuatan dari sebuah profil semakin baik.

2. Perhitungan pegas

Berikut adalah rumus perhitungan komponen pegas untuk mengetahui parameter yang digunakan pada bagian lengan penekan elektroda (Sularso & Suga, 2004).

a. Menentukan indeks pegas

Untuk mengetahui nilai indeks pegas dapat menggunakan persamaan

Diketahui : $D = 7 \text{ mm}$

$d = 1,2 \text{ mm}$

Ditanya : $K \dots\dots?$

Jawab :

$$\begin{aligned} C &= \frac{D}{d} && \text{(Menggunakan persamaan 3.7)} \\ &= \frac{7}{1,2} \\ &= 5,8 \end{aligned}$$

b. Menghitung faktor tegangan *wahl*

Menghitung faktor tegangan *wahl* yang terjadi pada pegas dapat menggunakan persamaan.

Diketahui : $C = 5,8$

Ditanya : $K \dots\dots?$

Jawab :

$$\begin{aligned} K &= \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0,615}{C} && \text{(Menggunakan persamaan 3.8)} \\ &= \frac{4.5.8-1}{4.5.8-4} + \frac{0,615}{5,8} \\ &= \frac{23,2-1}{23,2-4} + \frac{0,615}{5,8} \\ &= \frac{22,2}{19,2} + \frac{0,615}{5,8} \\ &= 1,15 + 0,10 \\ &= 1,25 \end{aligned}$$

c. Menghitung tegangan maksimum yang terjadi pada pegas

Menghitung tegangan maksimum yang terjadi pada pegas dapat menggunakan persamaan.

Diketahui : $K = 1,25$

$$\begin{aligned} W_t &= (\text{Tuas penarik} + \text{bracket pedal} + \text{konektor} + \text{pedal} + \\ &\quad \text{elektroda} + \text{kabel} + \text{beban tekan}) \\ &= (0,212 + (0,015 \times 2) + (0,01 \times 2) + 0,465 + 0,026 + 0,4 + 1) \\ &= 2,1 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$D = 7 \text{ mm}$$

$$d = 1,2 \text{ mm}$$

Ditanya : τ

Jawab :

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \frac{8.K.W_t.D}{\pi.d^3} && (\text{Menggunakan persamaan 3.9}) \\ &= \frac{8.1,25.2,1.7}{3,14.1,2^3} \\ &= \frac{147}{5,43} \\ &= 27,07 \text{ Kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Bahan pegas menggunakan baja pegas SUP 4 (Lampiran 4). Jika dilihat pada grafik tegangan maksimum pegas (Lampiran 4) bahan baja pegas SUP 4 (τ_a) = 65 Kg/mm². Berdasarkan perhitungan diatas $\tau_{\max} = 27,07 \text{ Kg/mm}^2 \leq \tau_a = 65 \text{ Kg/mm}^2$, maka dari itu hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa pegas dengan diameter lilitan 7 mm dan diameter kawat 1,2 mm dipastikan aman menahan beban yang diberikan. Hasil ini menunjukkan makin kecil nilai tegangan yang kita dapat pada sebuah pegas maka kekuatan dari pegas semakin baik.

3. Perhitungan *output* muatan listrik

Berikut adalah rumus perhitungan untuk mengetahui parameter *output* muatan listrik (Hidayat & Sakti, 2022).

a. Menghitung besar daya yang dihasilkan

Diket : $V = 2,7 \text{ V}$
 $I = 200 \text{ A}$

Ditanya : $P \dots\dots\dots?$

Jawab :

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I && \text{(Menggunakan persamaan 3.10)} \\ &= 2,7 \cdot 250 \\ &= 675 \text{ VA} \end{aligned}$$

b. Menghitung hambatan arus listrik

Diket : $V = 2,7 \text{ V}$
 $I = 250 \text{ A}$

Ditanya : $R \dots\dots\dots?$

Jawab :

$$\begin{aligned} R &= \frac{V}{I} && \text{(Menggunakan persamaan 3.11)} \\ &= \frac{2,7}{250} \\ &= 0,0108 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

c. Menghitung *output* muatan listrik

Diket : $R = 0,0108 \text{ Ohm}$
 $I = 250 \text{ A}$

$$t_1 = 10 \text{ s}$$

$$t_2 = 15 \text{ s}$$

$$t_3 = 20 \text{ s}$$

Ditanya : Q pada $t_1, t_2, t_3 \dots\dots\dots?$

$$\begin{aligned} Q_1 &= I^2 R t_1 && \text{(Menggunakan persamaan 3.12)} \\ &= 250^2 \cdot 0,0108 \cdot 10 \\ &= 13500 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= I^2 R t_2 && \text{(Menggunakan persamaan 3.12)} \\ &= 250^2 \cdot 0,0108 \cdot 15 \\ &= 13500 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= I^2 R t_3 && \text{(Menggunakan persamaan 3.12)} \\
 &= 250^2 \cdot 0,0108 \cdot 20 \\
 &= 13500 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

Panas pada elektroda terjadi disebabkan karena adanya *Joule Heating*. Besarnya *Joule heating* akan sangat dipengaruhi oleh arus listrik yang dikeluarkan oleh *transformator*, di mana keluaran arus listrik dipengaruhi oleh jumlah lilitan pada kumparan sekunder *transformator*. Berdasarkan perhitungan diatas $Q_3 = 13500 \text{ Joule} \geq Q_{\text{Jurnal}} = 11073 \text{ Joule}$, maka hasil yang didapatkan menunjukkan perancangan daya yang digunakan dapat menghasilkan nilai *output* muatan listrik seperti halnya pada penelitian sebelumnya.

4.4 Penyelesaian

Penyelesaian merupakan tahap akhir dalam metode perancangan. Pada tahap ini pembuatan gambar kerja atau *detail drawing* dari daftar bagian mesin dilakukan. Gambar kerja dibuat dengan mengacu standar gambar teknik yang ada. Standar gambar teknik yang berlaku yaitu standar ISO (*International Standardization Organization*). Pembuatan gambar kerja atau *detail drawing* dibuat untuk mempermudah dan dijadikan sebagai acuan dalam proses produksi. Gambar kerja atau *detail drawing* dapat dilihat pada (Lampiran 6)