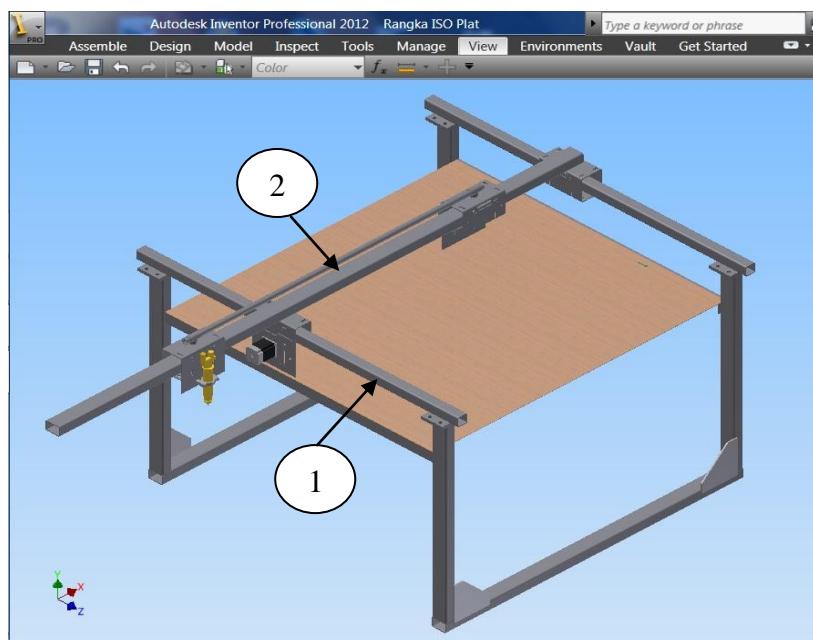


BAB IV

Hasil Perancangan

4.1 Lengan Penggerak

Dalam pembuatan sistem gerak mekanik mesin potong dengan sensor pembaca pola terdapat 2 (dua) buah lengan penggerak. Lengan penggerak pertama atau penggerak sumbu Y menyatu dengan rangka utama mesin, lengan penggerak kedua atau penggerak sumbu X menopang pada lengan penggerak pertama (sumbu Y) yang dihubungkan dengan *bracket*. Lengan penggerak pada mesin ini menggunakan besi *hollow* kotak atau *structural hollow section* (SHS).



Gambar 4.1 Lengan Penggerak Mesin Potong sensor pembaca pola.

Keterangan gambar 4.1 :

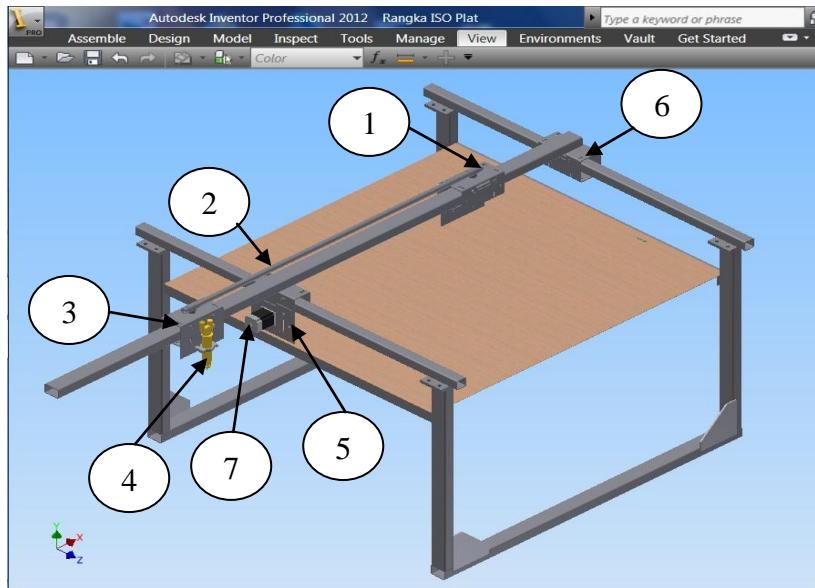
1. Lengan penggerak sumbu Y
2. Lengan penggerak sumbu X

4.2. Motor Listrik *Stepper*

Penggerak utama pada mesin ini menggunakan motor listrik *stepper*.

Pemilihan motor *stepper* sebagai penggerak utama dikarenakan motor *stepper* dapat menghasilkan torsi yang tinggi pada kecepatan rendah yang membuat motor *stepper* sangat cocok untuk perancangan aplikasi yang memerlukan kepsision tinggi dengan kontrol kecepatan rendah.

Pemilihan daya motor *stepper* yang akan digunakan sangat erat hubungannya dengan dengan efisiensi mesin terhadap biaya yang akan dikeluarkan dan ketepatan penggunaan dalam proses kerja mesin. Pemilihan motor *stepper* pada sistem gerak mekanik ini didasarkan pada nilai torsi motor itu sendiri. Besaran nilai torsi motor *stepper* sangat erat hubungannya dengan beban benda yang akan digerakkan. Beban yang akan dibebani motor listrik disini antara lain berasal dari lengan-lengan penggerak, *bracket* dan torch pembakaran serta beban dari motor *stepper* itu sendiri.



Gambar 4.2 Komponen Gerak Mekanik Mesin Potong.

Keterangan gambar 4.1 :

1. *Bracket* motor sumbu X
2. *Circullar hollow*
3. *Bracket torch*
4. *Torch*
5. *Bracket* motor sumbu Y
6. *Bracket* lengan
7. *Motor Stepper*

Perhitungan pemilihan motor pada penggerak sumbu X

$$\text{Berat bracket motor} = 1,5 \text{ kg}$$

$$\text{Berat circullar hollow} = 0,4 \text{ kg}$$

$$\text{Berat bracket torch} = 1,8 \text{ kg}$$

$$\text{Berat torch} = 1,35 \text{ kg}$$

$$\text{Berat motor} = 1,2 \text{ kg}$$

Besar nilai torsi motor yang diinginkan berdasarkan berat komponen yang ada dapat dihitung dengan perhitungan dibawah ini :

$$T = F \times r$$

$$T = (1,5 \times 9,8 \times 1,6) + (0,4 \times 9,8 \times 1,6) + (1,8 \times 9,8 \times 1,6) \\ + (1,35 \times 9,8 \times 1,6) + (1,2 \times 9,8 \times 1,6)$$

$$T = 23,52 + 6,27 + 28,22 + 21,168 + 18,81$$

$$T = 98 \text{ Ncm}$$

$$T = 9,9 \text{ Kgf.cm} \text{ (Torsi minimal untuk penggerak sumbu X)}$$

Dari perhitungan nilai torsi motor *stepper* diatas yang didasarkan pada gaya dan jarak maka didapatkan nilai minimum torsi motor yang digunakan. Dikarenakan ketersediaan motor stepper dengan torsi 9,9 Kgf.cm sulit didapat maka penulis memutuskan untuk memilih motor *stepper* dengan nilai torsi 12,6 Kgf.cm.

Perhitungan pemilihan motor pada penggerak sumbu Y

$$\text{Berat total penggerak sumbu X} = 6,7 \text{ kg}$$

$$\text{Berat bracket motor} = 1,5 \text{ kg}$$

$$\text{Berat bracketlengan} = 0,8 \text{ kg}$$

$$\text{Berat rack gear} = 4,7 \text{ kg}$$

$$\text{Berat motor} = 1,5 \text{ kg}$$

$$T = F \times r$$

$$T = 98 + (1,5 \times 9,8 \times 1,6) + (0,8 \times 9,8 \times 1,6)$$

$$+ (4,7 \times 9,8 \times 1,6) + (1,5 \times 9,8 \times 1,6)$$

$$T = 98 + 23,52 + 9,40 + 38,41 + 23,52$$

$$T = 192,97 \text{ N.cm}$$

$$T = 19,2 \text{ Kgf.cm} \text{ (Torsi minimal untuk penggerak sumbu Y)}$$

Dari perhitungan nilai torsi motor *stepper* untuk penggerak sumbu Y didapatkan nilai minimum torsi motor yang digunakan. Ketersediaan motor stepper dengan nilai torsi 19,2 Kgf.cm sulit didapat dan ketersediaan barang dipasaran hanya sampai dengan nilai torsi 18,9 Kgf.cm maka penulis memilih motor stepper dengan torsi 18,9 Kgf.cm dengan pertimbangan nilai faktor kelebihan beban pada tabel faktor keamanan.

4.3. Roda Gigi

Roda gigi yang digunakan disini adalah roda gigi *rack* yang berfungsi meneruskan putaran dari motor listrik ke poros pemutar dan *pinion rack*.

1. Perhitungan *Pinion Rack*

A. Jumlah Gigi

$$Z = 360 \square : 20 \square$$

$$Z = 18$$

Nilai sudut $20 \square$ didapat berdasarkan nilai standar sudut pembuatan *gear*.

B. Modul Pinion Rack

Modul Pinion Rack

$$m = \frac{d}{N}$$

$$d = m \cdot N$$

$$d = 1,5 \times 18$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$m = \frac{d}{N}$$

$$m = \frac{30}{18}$$

$$m = 1,5$$

C. Puncak Diametral

PuncakDiametral

$$P = \frac{N}{d}$$

$$P = \frac{18}{30}$$

$$P = 0,6$$

D. Tebal Gigi *Pinion Rack*

Tebal Gigi *Pinion Rack*

$$t = \frac{p}{2}$$

$$t = \frac{5,2}{2}$$

$$t = 2,6 \text{ mm}$$

E. Pitch Pinion Rack

Pitch Pinion Rack

$$p = \frac{\pi \cdot D}{N}$$

$$p = \frac{3,14 \cdot 30}{18}$$

$$p = 5,2 \text{ mm}$$

$$p = 5 \text{ mm}$$

Dari perhitungan jumlah gigi dan nilai diameter luar gigi diatas didapat kesesuaian nilai Modul (m) = 1,5 berdasarkan tabel harga modul standar (JIS B 1701-1973).

2. Perhitungan *Rack Gear*

Jumlah Gigi

$$Z = \text{Panjang Bahan} : \text{Pitch}$$

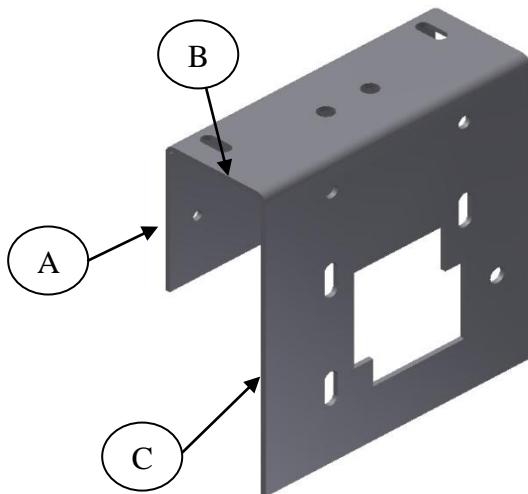
$$Z = 1000 \text{ mm} : 5 \text{ mm}$$

$$Z = 200$$

4.4 Bracket

Dalam pembuatan *bracket* ini penulis memanfaatkan proses bending pelat. Pelat besi yang digunakan memiliki tebal 3 mm dan terdiri dari 4 buah bracket. *Bracket* mempunyai fungsi berupa tempat pelekatan komponen mesin, komponen mesin disini terdiri dari motor listrik, lengan gerak, *bearing* dan *torch* pembakaran.

Pembuatan *bracket* komponen mekanik terdiri dari beberapa jenis sesuai dengan komponen mekanik yang diletakkan pada *bracket* tersebut, jenis-jenis *bracket* diantaranya sebagai berikut :



Gambar 4.3 Bracket Motor Stepper Sumbu Y

Perhitungan pada *bracket* motor sumbu Y

$$\text{Panjang Radius (A', B')} = \frac{1}{4} (\pi \times D)$$

$$= \frac{1}{4} (3,14 \times 12)$$

$$= 9,42 \text{ mm}$$

Untuk nilai panjang radius pada titik A' dan B' mempunyai nilai yang sama dikarenakan kesamaan pada nilai radiusnya.

Panjang total pelat sebelum di bending.

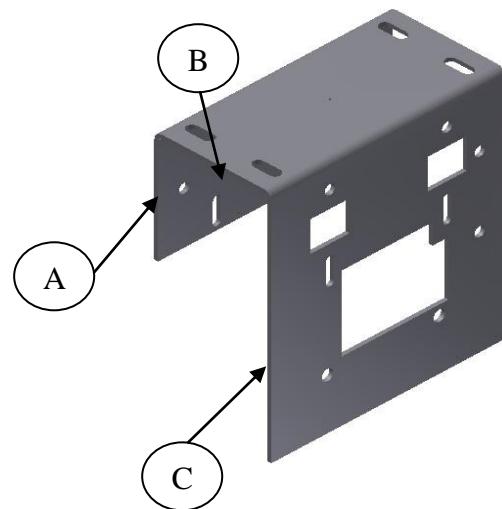
$$\text{Panjang Total} = A + A' + B + B' + C$$

$$= 97 + 9,42 + 63 + 9,42 + 192$$

$$= 370,84 \text{ mm}$$

$$= 371 \text{ mm}$$

Ukuran pada *bracket* motor *stepper* sumbu X berbeda dengan *bracket* pada sumbu Y, dikarenakan ukuran lengan penggeraknya berbeda.



Gambar 4.4 *Bracket* Motor *Stepper* Sumbu X

Perhitungan pada *bracket* motor sumbu Y

$$\text{Panjang Radius (A', B')} = \frac{1}{4} (\pi \times D)$$

$$= \frac{1}{4} (3,14 \times 12)$$

$$= 9,42 \text{ mm}$$

Untuk nilai panjang radius pada titik A' dan B' mempunyai nilai yang sama dikarenakan kesamaan pada nilai radiusnya.

Panjang total pelat sebelum di bending.

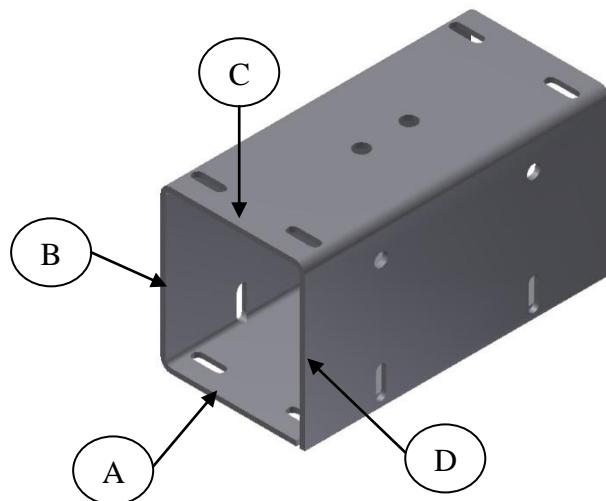
$$\text{Panjang Total} = A + A' + B + B' + C$$

$$= 97 + 9,42 + 83 + 9,42 + 192$$

$$= 390,84 \text{ mm}$$

$$= 391 \text{ mm}$$

Bracket yang terakhir adalah *bracket* untuk penopang lengan penggerak sumbu X. Pada bracket ini tidak terdapat motor *stepper* dimana *bracket* ini hanya difungsikan sebagai penopang lengan penggerak dan pembawa beban lengan penggerak saja.



Gambar 4.5 *Bracket* Penopang Lengan Penggerak

Perhitungan pada bracket penopang lengan penggerak

$$\text{Panjang Radius (A', B', C')} = \frac{1}{4} (\pi \times D)$$

$$= \frac{1}{4} (3,14 \times 12)$$

$$= 9,42 \text{ mm}$$

Untuk nilai panjang radius pada titik A', B' dan C' mempunyai nilai yang sama dikarenakan kesamaan pada nilai radiusnya.

Panjang total pelat sebelum di bending.

$$\text{Panjang Total} = A + A' + B + B' + C + C' + D$$

$$= 77 + 9,42 + 90 + 9,42 + 80 + 9,42 + 92$$

$$= 367,26 \text{ mm}$$

$$= 367 \text{ mm}$$

4.5. Perakitan Komponen Penggerak Mekanik

Setelah komponen mekanik selesai dibuat, langkah berikutnya adalah proses perakitan. Adapun proses perakitan komponen penggerak mekanik pada mesin ini adalah sebagai berikut:

1. Memasang *pinion rack* pada motor *stepper*

Pinion gear diikat pada shaft motor menggunakan baut.



Gambar 4.6 Memasang *pinion rack* pada motor *stepper*

2. Memasang motor *stepper* pada *bracket* motor



Gambar 4.7 Memasang motor pada *bracket*

3. Memasang *rack gear* pada lengan penggerak

Rack gear dilas pada bracketnya dan selanjutnya bagian ini ditempelkan pada lengan penggerak dengan menggunakan baut.



Gambar 4.8 Memasang *rack gear* pada lengan penggerak

4. Memasang *bearing* pada *bracket* penggerak

Pemasangan *bearing* dilakukan pada beberapa bagian sisi lengan gerak, hal ini dimaksudkan agar saat mesin bergerak pergerakan mesin tidak terhambat atau pergerakan mesin menjadi lancar dan

agar gerak mesin tidak melenceng dari lengan penggeraknya.

Bearing dipasangkan pada sisi atas, samping dan bawah dari lengan penggerak.



Gambar 4.9 Memasang *bearing* pada *bracket* penggerak

5. Perakitan komponen mekanik pada penggerak sumbu Y



Gambar 4.10 Komponen mekanik pada penggerak sumbu Y

6. Perakitan komponen mekanik pada penggerak sumbu X



Gambar 4.11 Komponen mekanik pada penggerak sumbu X

7. Perakitan komponen mekanik pada bracket penggerak



Gambar 4.12 Komponen mekanik pada bracket penggerak

8. Perakitan komponen mekanik pada *bracket torch*

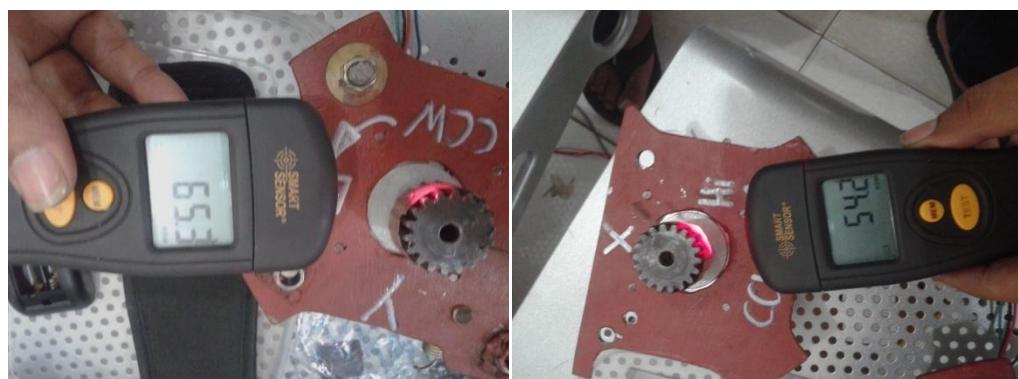


Gambar 4.13 Komponen mekanik pada *bracket torch*

4.6. Perhitungan Kerja Mesin

4.6.1. Torsi Motor *Stepper*

Perhitungan nilai torsi motor pada mesin terdiri dari nilai torsi motor pada sumbu X dan sumbu Y. Pada mesin ini kecepatan motor terdapat perbedaan antara kecepatan motor sumbu X dan kecepatan motor sumbu Y.



Gambar 4.14 Kecepatan motor *stepper* pada sumbu X dan sumbu Y

Perhitungan Daya pada Motor pada sumbu X

$$T = 12,6 \text{ Kgf.cm}$$

$$T = 0,126 \text{ Kgf.m} = 1,2 \text{ Nm}$$

$$P = \frac{2\pi N \cdot T}{60}$$

$$P = \frac{2(3,14)(54,4) \cdot 1,2}{60}$$

$$P = \frac{409,95}{60}$$

$$P = 6,8 \text{ Watt}$$

Perhitungan Torsi Motor pada sumbu Y

$$T = 18,9 \text{ Kgf.cm}$$

$$T = 0,189 \text{ Kgf.m} = 1,8 \text{ Nm}$$

$$P = \frac{2\pi N \cdot T}{60}$$

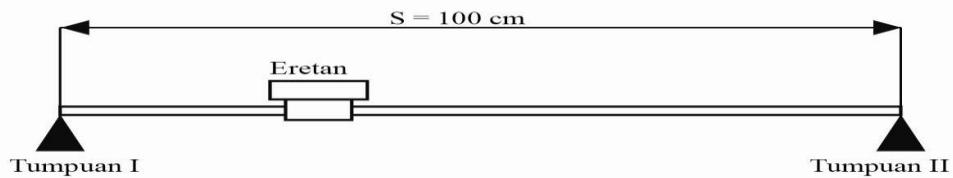
$$P = \frac{2(3,14)(65,3) \cdot 1,8}{60}$$

$$P = \frac{738,15}{60}$$

$$P = 12,3 \text{ Watt}$$

4.6.2. Kecepatan Gerak Mesin

Pada mesin terdiri dari dua kecepatan yang akan dihitung terdiri dari kecepatan gerak pada lengan sumbu X dan kecepatan gerak pada sumbu Y.



Gambar 4.15 Panjang lintasan lengan penggerak

Perhitungan Kecepatan Mesin padalengan gerak sumbu X

$$S = v \cdot t$$

$$t = \frac{S}{v}$$

$$t = \frac{S}{Pitch.N}$$

$$= \frac{1000}{5 \times 54,4}$$

$$= \frac{1000}{272}$$

$$t = 3,67 \text{ menit}$$

Perhitungan Kecepatan Mesin pada lengan gerak sumbu Y

$$S = v \cdot t$$

$$t = \frac{S}{v}$$

$$t = \frac{S}{Pitch.N}$$

$$= \frac{1000}{5 \times 65,3}$$

$$= \frac{1000}{326,5}$$

$$t = 3,06 \text{ menit}$$

4.6.3. Analisis Faktor Keamanan Komponen Mekanik

Analisis Faktor Keamanan Komponen Mekanik merupakan faktor paling penting dalam perencanaan pembuatan sistem mekanik pada suatu mesin, khususnya berhubungan dengan pemilihan komponen-komponen mesin dan kemampuan dari komponen mesin itu sendiri. Analisis ini dilakukan pada komponen mekanik roda gigi dan motor listrik (stepper).

1. Analisis Diameter Pinion Gear

$$d = \frac{N}{P}$$

$$d = \frac{18}{0,6}$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

Dalam analisis diameter pinion rack ini terdapat kesesuaian nilai antara nilai dari perancangan roda gigi dengan nilai analisis diameter roda gigi.

2. Lebar Muka Gigi

Pada analisis faktor keamanan untuk ukuran lebar muka gigi terdapat ketentuan lebar gigi minimum dan maksimum, masing-masing 3p dan 5p. Dari ketentuan nilai diatas maka didapat perhitungan untuk lebar muka gigi:

$$p = 5,2 \text{ mm (pitch)}$$

maka untuk nilai lebar muka gigi minimum dan maksimum:

$$3p = 3 (5,2) = 15,6 \text{ mm (lebar muka gigi minimum)}$$

$$5p = 5 (5,2) = 26 \text{ mm (lebar muka gigi maksimum)}$$

Pada hal ini peneliti memilih bahan gigi ukuran 20 mm x 20 mm. Selain ketersediaannya dipasaran harga untuk bahan dengan ukuran diatas cukup terjangkau dibandingkan dengan ukuran yang lebih besar selain itu ukuran tersebut masih dalam ambang nilai minimum dan maksimum lebar muka gigi.

3. Beban yang dipindahkan (Wt)

Analisis beban yang dipindahkan merupakan komponen yang penting karena dalam hal ini akan dicari nilai daya putar yang bekerja dan beban yang akan dipindahkan. Dalam perhitungan ini akan didapatkan perbandingan antara kemampuan motor penggerak (torsi) dengan total beban yang akan digerakkan.

Perhitungan Beban yang dipindahkan pada roda gigi pinion

Daya motor stepper pada sumbu X = 6,8 Watt = 0,0068 kW

Daya motor stepper pada sumbu Y = 12,3 Watt = 0,0123 kW

Pada penggerak sumbu X

$$W_t = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot (0,0068)}{3,14 \cdot (18) \cdot (54,2)}$$

$$W_t = \frac{402}{3063,4}$$

$$W_t = 0,13 \text{ KN} = 130 \text{ N (Pada penggerak sumbu X)}$$

Pada penggerak sumbu Y

$$W_t = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot (0,0123)}{3,14 \cdot (18) \cdot (65,3)}$$

$$W_t = \frac{738}{3690,7}$$

$W_t = 0,199 \text{ KN} = 199 \text{ N}$ (Pada penggerak sumbu Y)

Selisih perhitungan beban dengan torsi motor.

Pada penggerak sumbu X

Selisih = 130 N - 123,5 N

Selisih = 6,5 N = 0,66 Kg

Pada penggerak sumbu Y

Selisih = 200 N - 185,35 N

Selisih = 14,65 N = 1,4 Kg

Pada perhitungan diatas terdapat selisih beban terbesar 1,4 Kg, nilai ini kemudian dibandingkan dengan nilai faktor Distribusi Beban (Km) untuk roda gigi lurus. Nilai toleransi beban pada tabel Distribusi Beban (Km) 1,6 Kg berdasarkan ukuran lebar muka gigi dan sifat tumpuan roda gigi. Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat disimpulkan sistem mekanik pada mesin ini dapat bekerja dengan baik berdasarkan nilai Distribusi Beban dan nilai Torsi Motor listrik.

4. Menghitung diameter baut

Perhitungan diameter baut pada bracket roda gigi:

$F = m \times g \times l$ (panjang benda)

$F = 4,7 \times 9,8 \times 100$

$$F = 4606$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot n \cdot \tau_d}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4606}{3,14 \cdot 8 \cdot (0,8720)}}$$

$$D = \sqrt{\frac{18424}{14469,12}}$$

$$D = \sqrt{\frac{18424}{14469,12}}$$

$$D = 1,12 \text{ cm}$$

D = 11 mm atau menggunakan baut berukuran M10

5. Perhitungan kekuatan kampuh las

Perhitungan kekuatan kampuh las ini ditujukan pada pembuatan bracket lengan yang salah satu sisinya dihubungkan dengan proses pengelasan.

$$A = a \times l$$

$$A = 0,3 \times 18$$

$$A = 5,4 \text{ cm}$$

$$F = A \times \tau_1$$

$$F = 5,4 \times 1400$$

$$F = 7560 \text{ Kg}$$

6. Perhitungan kekuatan poros

Perhitungan Momen Puntir poros pada penggerak sumbu X

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P}{n}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{6,8}{54,2}$$

$$T = 1,2219 \times 10^5 \text{ Kg.mm}$$

$$T = 122,19 \text{ Kg.m}$$

$$T = 1198,27 \text{ Nm}$$

Perhitungan Tegangan geser poros pada penggerak sumbu X

$$\tau = \frac{5,1 T}{d^3}$$

$$\tau = \frac{5,1 (1,2219 \times 10^5)}{(6,35)^3}$$

$$\tau = 2398,15 \text{ Kg.mm}$$

$$\tau = 2,3 \text{ Kg.m}$$

$$\tau = 22,5 \text{ Nm}$$

Perhitungan Momen Puntir poros pada penggerak sumbu Y

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P}{n}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{12,3}{65,3}$$

$$T = 1,834 \times 10^5 \text{ Kg.mm}$$

$$T = 183,46 \text{ Kg.m}$$

$$T = 1798 \text{ Nm}$$

Perhitungan Tegangan geser poros pada penggerak sumbu Y

$$\tau = \frac{5,1 T}{d^3}$$

$$\tau = \frac{5,1 \cdot 1,834 \times 10^5}{(6,35)^3}$$

$$\tau = 4456,30 \text{ Kg.mm}$$

$$\tau = 4,4 \text{ Kg.m}$$

$$\tau = 43,14 \text{ Nm}$$

7. Perhitungan Diameter *Bearing*

Bantalan yang digunakan pada perancangan mesin ini adalah bantalan bola dan rol. Penentuan ukuran diameter bantalan (*bearing*) disesuaikan dengan ukuran poros yang dinyatakan aman.

$$ds = \left(\frac{5,1}{\tau_a} Kt \cdot Cb \cdot T \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = \left(\frac{5,1}{55} 1,5 \cdot 1 \cdot 1798 \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = (250,08545)^{\frac{1}{3}}.$$

$$ds = 6,2 \text{ mm (pada poros bearing sumbu Y)}$$

$$ds = \left(\frac{5,1}{55} Kt \cdot Cb \cdot T \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = \left(\frac{5,1}{55} 1,5 \cdot 1 \cdot 1198 \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = (166,63090)^{\frac{1}{3}}.$$

$$ds = 5,6 \text{ mm (pada poros bearing sumbu X)}$$

Berdasarkan nilai perhitungan di atas penulis memutuskan untuk mengambil acuan pada diameter poros paling besar untuk menentukan diameter bearing. Diameter bearing yang tersedia di pasaran untuk nilai poros sebesar 6,2 mm yaitu bearing dengan diameter luar 19 mm.