

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Perencanaan pada mesin uji lelah Cantilever Rotating Bending

#### a. Perencanaan pada motor listrik

Perencanaan jenis motor listrik yang digunakan pada rancangan alat uji lelah dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Motor : 1 HP  
Merk : SEM  
Volt : 220 V  
Putaran : 2800 Rpm  
Daya : 1 HP = 0,75 KW  
Frekuensi : 50 Hz
2. Motor : 0,75 HP  
Merk : SEM  
Volt : 220 V  
Putaran : 2800 Rpm  
Daya : 0,75 HP = 0,55 KW  
Frekuensi : 50 Hz
3. Motor : 0,5 HP  
Merk : SEM  
Volt : 220 V  
Putaran : 2800 Rpm  
Daya : 0,5 HP = 0,37 KW  
Frekuensi : 50 Hz

Dari data diatas dapat menghitung torsi pada motor listrik dengan menggunakan (persamaan 2.6) maka daya perencanaan dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Motor 1 HP

$$P_d = f_c \cdot P = 2,0 \times 0,75 = 1,5 \text{ KW}$$

2. Motor 0,75 HP

$$P_d = f_c \cdot P = 2,0 \times 0,55 = 1,1 \text{ KW}$$

3. Motor 0,5 HP

$$P_d = f_c \cdot P = 2,0 \times 0,37 = 0,74 \text{ KW}$$

Sehingga torsi dapat dihitung (persamaan 2.7) dari daya perencanaan yaitu sebagai berikut:

1. Motor 1 HP

$$\begin{aligned} T &= 9,74 \cdot 10^5 \frac{P_d}{n_1} \\ &= 9,74 \cdot 10^5 \frac{1,5}{2800} \\ &= 521,78 \text{ Kg} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

2. Motor 0,75 HP

$$\begin{aligned} T &= 9,74 \cdot 10^5 \frac{P_d}{n_1} \\ &= 9,74 \cdot 10^5 \frac{1,1}{2800} \\ &= 382,64 \text{ Kg} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

3. Motor 0,5 HP

$$\begin{aligned} T &= 9,74 \cdot 10^5 \frac{P_d}{n_1} \\ &= 9,74 \cdot 10^5 \frac{0,74}{2800} \\ &= 257,41 \text{ Kg} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

**b. Puli dan belt**

Tipe sabuk puli yang dipilih adalah tipe A dengan sudut singgung sabuk sebesar  $2a = 40^\circ$   
 $a = 20^\circ$

$$d_1 = 2 \text{ inch} = 50,8 \text{ mm}$$

$$d_2 = 3 \text{ inch} = 76,2 \text{ mm}$$

$$x = 50 \text{ cm} = 500 \text{ mm}$$

$$N_1 = 2800$$

$$N_2 = 1920$$

Kecepatan sabuk 1

$$V_{sabuk1} = \pi d_1 N_1 \\ = 3,14 \times 50,8 \times 2800 = 446633 \text{ mm/menit}$$

Kecepatan sabuk 2

$$V_{sabuk2} = \pi d_2 N_2 \\ = 3,14 \times 76,2 \times 1920 = 459394 \text{ mm/menit}$$

Rasio kecepatan puli

Rasio puli 2:3 sehingga kecepatan  $N_2 = 1920 \text{ Rpm}$

Panjang sabuk



Gambar 4.1 ilustrasi panjang sabuk

$$L = \pi(r_1 + r_2) + 2X + \frac{(r_1 - r_2)^2}{x}$$

$$L = 3,14(25,4 + 38,1) + 2(500\text{mm}) + \frac{(25,4 - 38,1)^2}{500}$$

$$L = 3,14(25,4 + 38,1) + (1000\text{mm}) + \frac{171,61}{500}$$

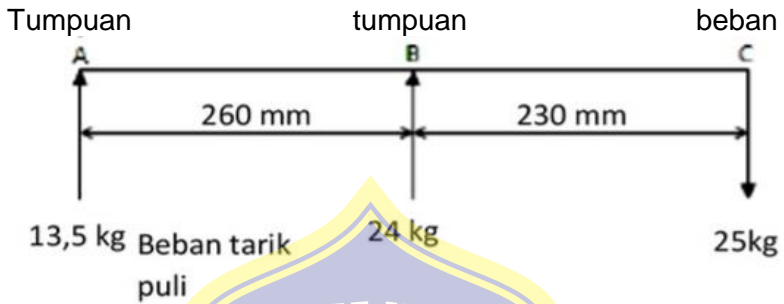
$$L = 3,14(25,4 + 38,1) + (1000\text{mm}) + 0,343$$

$$L = 1199,73 \text{ mm}$$

$$L = \frac{1199,73 \text{ mm}}{25,4 \text{ inch}} = 47,2 \text{ sehingga dibulatkan menjadi} \\ 47$$

Jadi panjang sabuk beltnya adalah 47 inch tipe A

### c. Perencanaan poros



Gambar 4.2 Diagram benda bebas poros potongan A-A dan B-B

Beban seperti yang diperlihatkan dalam gambar 4.2 maka momen lentur

Potongan A-A :

$$\begin{aligned} + \sum M_{a-a} &= 0 \\ -M + 13,5 (x) &= 0 \\ M_{a-a} &= 13,5 \text{ Kg } (X) \\ M_A &= 13,5 (0) \\ M_A &= 0 \text{ Kg} \cdot \text{mm} \\ M_{190} &= 13,5 \text{ Kg } (260) \\ M_{190} &= 3510 \text{ Kg} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

Potongan B-B

$$\begin{aligned} + \sum M_{b-b} &= 0 \\ -M - 24 (260) + 13,5 (X) &= 0 \\ -M - 24 + 6240 + 13,5 (X) &= 0 \\ -M - 25 X + 6240 + 0 &= 0 \\ -M &= -25 X + 6240 \\ M_{260} &= -25 (260) + 6240 \\ &= 5590 \text{ Kg} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

Panjang total terhadap pembebanan

$$\begin{aligned}M_{260+230} &= M_{490} = 25 (490) - 6240 \\ &= 12250 - 6240 \\ &= 6010 \text{ Kg} \cdot \text{mm}\end{aligned}$$

Untuk menentukan diameter poros yang akan digunakan dalam rancangan alat uji lelah dapat dihitung dengan menggunakan (persamaan 2.14).

Bahan poros ST 60,  $\sigma = 62 \text{ Kg/mm}^2$

$$Sf = 6,0 \quad Sf_2 = 2,0$$

$$\begin{aligned}\tau_a &= \frac{\sigma}{\frac{Sf_1 \times Sf_2}{62}} \\ &= \frac{62}{6,0 \times 2,0} \\ &= 5,1 \text{ Kg/mm}^2\end{aligned}$$

Dengan menggunakan (persamaan 2.15), sehingga dapat menghitung diameter poros minimum yang akan digunakan untuk alat uji lelah adalah:

Dengan memasukkan  $K_m = 1,5$   $K_t = 1,0$

$$\begin{aligned}& \left[ \frac{5,1}{\tau_a} \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[ \frac{5,1}{5,1} \sqrt{(1,5 \times 2565)^2 + (1,0 \times 521,78)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[ \frac{5,1}{5,1} \sqrt{1507510,61} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= [3882,7]^{\frac{1}{2}} \\ & d_t = 15,3 \text{ mm dibulatkan menjadi } 16 \text{ mm}\end{aligned}$$

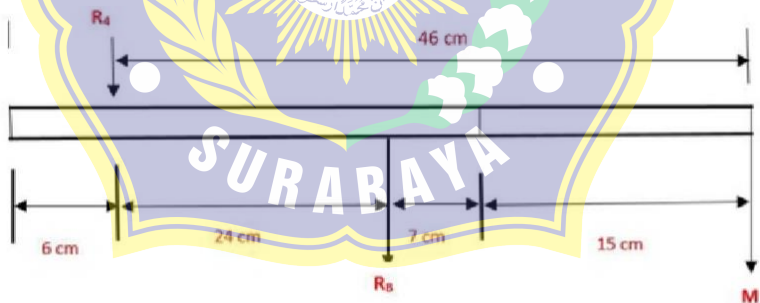
Jadi diameter poros minimum yang dapat digunakan pada perencanaan alat uji lelah tipe *Cantilever Rotating Bending* ini adalah 16 mm.

#### d. Perencanaan Bantalan

Nomor bantalan yang digunakan untuk alat uji lelah ini adalah 6024 karena kapasitas nominal spesifik berpengaruh pada umur bantalan. Dengan spesifikasi:

Jenis bantalan : Bantalan Gelinding  
Nomor : 6204  
(d1) Diameter luar bantalan : 50 mm  
(d2) Diameter dalam bantalan : 30 mm  
(b) Lebar bantalan : 14 mm  
(r) Jari bantalan : 1,5 mm  
(C) Kapasitas nominal diamis spesifik : 1000 kg  
(Co) Kapasitas nominal statis : 635 kg

Dari data diatas, maka dapat direncanakan untuk menghitung faktor kecepatan, faktor umum, dan umur bantalan yang sesuai dalam rancangan alat pengujian lelah ini. Bantalan yang digunakan adalah jenis *deep groove ball bearing*.



Gambar 4.3 diagram beban bebas poros

- Estimasi Reaksi Tumpuan  
Dengan beban maksimum 25 Kg

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & +\uparrow \Sigma F_y = 0 \\
 & -R_A + R_B - 25 \text{ Kg} = 0 \\
 & + \Sigma M_A = 0 \\
 & -R_B (24) + 25 (46) = 0 \\
 & R_B = \frac{25 (46)}{24} \\
 & R_B = \frac{1150}{24} \\
 & R_B = 47,9 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \quad & R_A = R_B - 25 \text{ Kg} \\
 & R_A = 47,9 - 25 \text{ Kg} \\
 & R_A = 22,9 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

➤ Analisa tumpuan A

Menentukan beban ekuivalen dinamis ( $P_r$ ) :

$$P_{rA} = X \cdot V \cdot F_{RA} + Y \cdot F_b$$

Karena, gaya aksial  $F_a = 0$ , maka nilai  $V=1$  untuk cincin dalam yang berputar, dan harga faktor  $X=1$ , maka:

$$\begin{aligned}
 P_{RB} &= X \cdot V \cdot F_{RB} \\
 &= 1 \times 1 \times 47,9 \\
 &= 47,9 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dalam menentukan faktor kecepatan ( $f_n$ ) dipergunakan (persamaan 2.21).

$$\begin{aligned}
 f_n &= \left[ \frac{33,3}{n} \right]^{\frac{1}{3}} \\
 &= \left[ \frac{33,3}{1920} \right]^{\frac{1}{3}} \\
 &= 0,25 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan (persamaan 2.22) dapat menentukan faktor umur ( $f_h$ ).

$$\begin{aligned}
 f_h &= f_n \cdot \frac{C}{P} \\
 &= 0,25 \times \frac{1000}{13,5}
 \end{aligned}$$

$$= 18,5 \text{ Kg.}$$

Menentukan umur bantalan ( $L_h$ ), berdasarkan (persamaan 2.24) maka didapat:

$$\begin{aligned} L_h &= 500 \cdot (f_h)^3 \\ &= 500 \times (18,5)^3 \\ &= \frac{3165813 \text{ jam}}{8740 \text{ jam/tahun}} \\ &= 366 \text{ tahun} \end{aligned}$$

➤ Analisa Tumpuan B

Menentukan beban ekuivalen dinamis ( $P_r$ ) :

Karena, gaya aksial  $F_a = 0$ , maka nilai  $V = 1$  untuk cincin dalam yang berputar, dan harga faktor  $X = 1$ , maka:

$$\begin{aligned} P_{rB} &= X \cdot V \cdot F_{RB} \text{ (rumus ditentukan di BAB 2)} \\ &= 1 \times 1 \times 24 \\ &= 24 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Dalam menentukan faktor kecepatan ( $f_n$ ) dipergunakan (persamaan 2.21).

$$\begin{aligned} f_n &= \left[ \frac{33,3}{n} \right]^{\frac{1}{3}} \\ &= \left[ \frac{33,3}{1920} \right]^{\frac{1}{3}} \\ &= 0,25 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan (persamaan 2.22) dapat menentukan faktor umur ( $f_h$ ).

$$\begin{aligned} f_h &= f_n \cdot \frac{C}{P} \\ &= 0,25 \times \frac{1000}{24} \\ &= 10,4 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Menentukan umur bantalan ( $L_h$ ) berdasarkan (persamaan 2.24) maka di dapat:

$$\begin{aligned} L_h &= 500 \cdot (f_h)^3 \\ &= 500 \times (10,4)^3 \\ &= \frac{562432 \text{ jam}}{8640 \text{ jam/tahun}} = 65,09 \text{ tahun} \end{aligned}$$



## 4.2 Hasil Perhitungan Pengujian

- Contoh hasil perhitungan pengujian fatik untuk aluminium 6061

Diketahui :

Beban (W) = 6 Kg

Jarak antara beban dan titik pengujian (L) = 13,5cm

Diameter benda uji = 0,8 cm dan  $\pi = 3,14$

Maka : Persamaan (2.5)

$$\sigma = \frac{32 WL}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{32(6kg)(13,5cm)}{3,14(0,8cm)^3}$$

$$\sigma = \frac{2592}{2592}$$

$$\sigma = \frac{3,14(0,512)}{2592}$$

$$\sigma = \frac{1,60768}{2592}$$

$$\sigma = 1612,261 \text{ Kg/cm}^2$$

Konversi satuan  $\text{Kg/cm}^2$  ke Mpa dimana 1  $\text{Kg/cm}^2$  = 0,098 Mpa, maka :

$$\sigma = \frac{1612,261 \text{ kg}}{\text{cm}^2} \times 0,098 = 158,0016 \text{ Mpa}$$

Karena dalam pengujian menghitung waktu menggunakan stopwatch maka dikonversi ke menit untuk mendapatkan siklusnya :

Waktu patah = 1 jam 30 menit = 90 menit maka

data motor listrik = 1920 Rpm

Maka siklus = 90 x 1920 Rpm

$$= 172800 \text{ putaran}$$

Tabel 4.1 Hasil pengujian Aluminium 6061 menggunakan motor 1 HP

No	Nama Material	No Sp	beban	Lama patah (menit)	siklus	tegangan	keterangan
1	Al 6061	1	6	90,00	172800,00	158,0016	Tidak patah
2	Al 6061	2	7	29,18	56025,60	184,3352	Patah
3	Al 6061	3	8	17,98	34521,60	210,6688	Patah
4	Al 6061	4	9	8,43	16185,60	237,0024	Patah
5	Al 6061	5	10	6,37	12230,40	263,3360	Patah
6	Al 6061	6	12	3,67	7046,40	316,0032	Patah
7	Al 6061	7	14	1,45	2784,00	368,6704	Patah
8	Al 6061	8	16	0,37	710,40	421,3376	Patah
9	Al 6061	9	17	0,15	288,00	447,6712	Patah

Tabel 4.2 Hasil pengujian Aluminium 6061 menggunakan motor 0,75 HP

No	Nama Material	No Sp	beban	Lama patah (menit)	siklus	tegangan	keterangan
1	Al 6061	1	6	120,00	230400,00	158,0016	Tidak patah
2	Al 6061	2	7	90,00	172800,00	184,3352	Tidak patah
3	Al 6061	3	8	18,46	35443,20	210,6688	Patah
4	Al 6061	4	9	11,8	22656,00	237,0024	Patah
5	Al 6061	5	10	5,15	9888,00	263,3360	Patah
6	Al 6061	6	12	2,41	4627,20	316,0032	Patah
7	Al 6061	7	14	1,27	2438,40	368,6704	Patah
8	Al 6061	8	16	0,37	710,40	421,3376	Patah
9	Al 6061	9	17	0,30	576,00	447,6712	Patah

Tabel 4.3 Hasil pengujian Aluminium 6061 menggunakan motor 0,5 HP

No	Nama Material	No Sp	beban	Lama patah (menit)	siklus	tegangan	keterangan
1	Al 6061	1	6	120,00	230400,00	158,0016	Tidak patah
2	Al 6061	2	7	90,00	172800,00	184,3352	Tidak patah
3	Al 6061	3	8	17,50	33600,00	210,6688	Patah
4	Al 6061	4	9	10,51	20179,20	237,0024	Patah
5	Al 6061	5	10	6,00	11520,00	263,3360	Patah
6	Al 6061	6	12	2,45	4704,00	316,0032	Patah
7	Al 6061	7	14	1,57	3014,40	368,6704	Patah
8	Al 6061	8	16	0,39	748,80	421,3376	Patah
9	Al 6061	9	17	0,35	672,00	447,6712	Patah

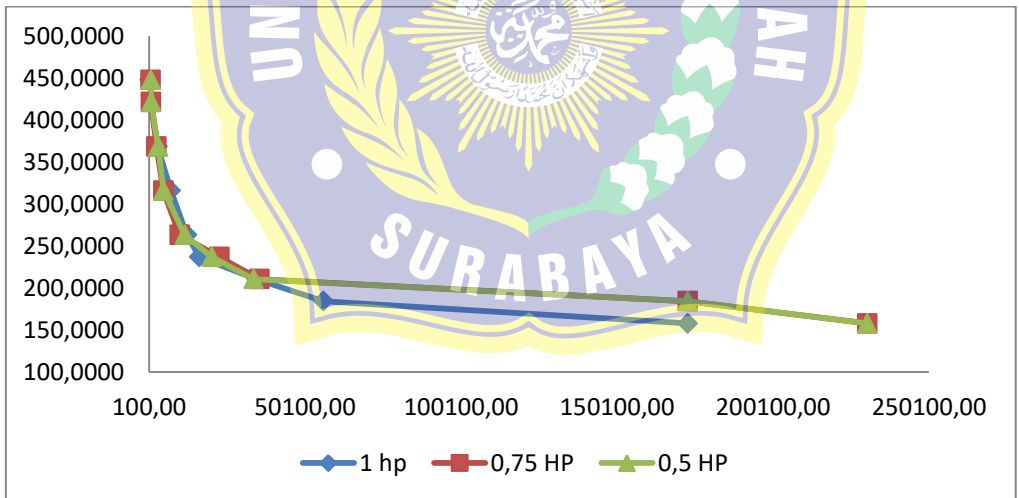


Diagram 4.1 pengujian batang Aluminium 6061

Diagram 4.1 menunjukkan kurva S-N dari Aluminium 6061 dengan menggunakan ketiga motor yang berbeda, terlihat bahwa garis kurva pada lingkungan udara dilaboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya dengan batas leleh 158,000 Mpa, hal ini menunjukkan untuk kasus Cantilever Rotating Bending lebih baik diaplikasikan pada tegangan dibawah 158,00 Mpa.

❖ TORSI PADA POROS

- Motor 1 HP : 0,75 Kw = 750 Watt
- Motor 0,75 HP : 0,55 Kw = 550 Watt
- Motor 0,5 HP : 0,37 Kw = 370 Watt

Rasio puli 2 : 3 sehingga kecepatan  $N_2 = 1920$  Rpm  
 Untuk menghitung torsi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T = \frac{P}{n}$$

- Keterangan:  
 $T$  = Torsi  
 $P$  = Daya  
 $n$  = Putaran

Sebagai contoh perhitungan dibawah ini, data diambil dari motor pertama yaitu motor 1 HP

Torsi Motor 1 HP

$$T = \frac{750 \text{ Watt}}{1920 \text{ Rpm}} = 0,39 \text{ N.m}$$

Tabel 4.4 Torsi pada poros

Motor 1 HP	Motor 0,75 HP	Motor 0,5 HP
0,39 N.m	0,29 N.m	0,19 N.m

- ❖ **TEGANGAN GESER TORSIONAL DALAM POROS**  
Untuk menghitung tegangan geser torsional menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T_{\max} = \frac{Tc}{J}$$

$$J = \frac{\pi.D^4}{32}$$

Keterangan:

$J$  = kelembaman polar untuk spesimen

$C$  = jari-jari spesimen

$D$  = diameter spesimen

Sebagai contoh perhitungan dibawah ini, data diambil dari motor pertama yaitu motor 1 HP

$$J = \frac{3,14 \times 11^4}{32} = 1436,65 \text{ mm}^4$$

$$T_{\max} = \frac{0,39 \text{ N.m} \times 5,5 \text{ mm}}{14366,65 \text{ mm}^4} \cdot \frac{11^3 \text{ mm}}{m} = 1,99 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.5 tegangan geser torsional

motor 1 HP	motor 0,75 HP	motor 0,5 HP
1,99 MPa	1,48 MPa	0,97 MPa

- ❖ **SUDUT PUNTIR DALAM POROS**  
Untuk menghitung sudut puntir dalam poros menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Theta = \frac{TL}{GJ}$$

Keterangan:

$\Theta$  = sudut puntir

$T$  = Torsi

$L$  = panjang spesimen

$G$  = modulus elastisitas spesimen → 207 GPa

J = kelembaman polar

Sebagai contoh perhitungan dibawah ini, data diambil dari motor pertama yaitu motor 1 HP

$$\Theta = \frac{(0,39 \times 11^3 \text{ N.mm})(130 \text{ mm})}{(207 \times 11^3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})(1436,63)}$$
$$= 0,000170758 \text{ rad}$$

Dengan menggunakan  $\pi \text{ rad} = 180^\circ$

$$\text{Jadi } \Theta = (0,000170758 \text{ rad}) (180^\circ/\pi \text{ rad})$$
$$= 0,009788698^\circ$$

Tabel 4.6 sudut puntir pada poros

motor 1 HP	motor 0,75 HP	motor 0,5 HP
0,000170758 rad	0,000125223 rad	0,000084240808 rad
0,009788698°	0,007178378°	0,004829091°

Maka tabel dari torsi pada poros, tegangan geser torsional, sudut puntir dalam poros adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7 perbandingan Torsi, Tegangan geser dan sudut puntir dari motor

Motor (HP)	Torsi (N.m)	Tegangan Geser (Mpa)	SDP (°)
1	0,39	1,99	0,009789
0,75	0,29	1,48	0,007178
0,5	0,19	0,97	0,004829

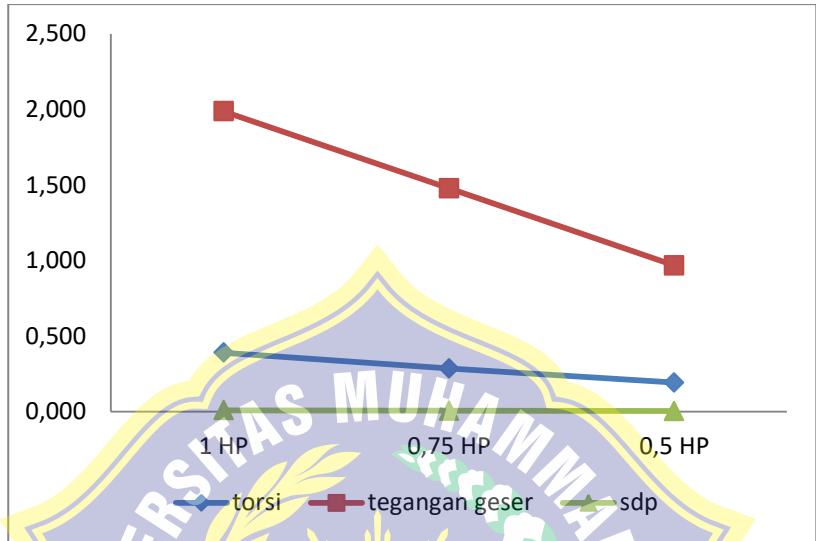


Diagram 4.2 perbandingan Torsi, Tegangan geser dan sudut puntir dari motor

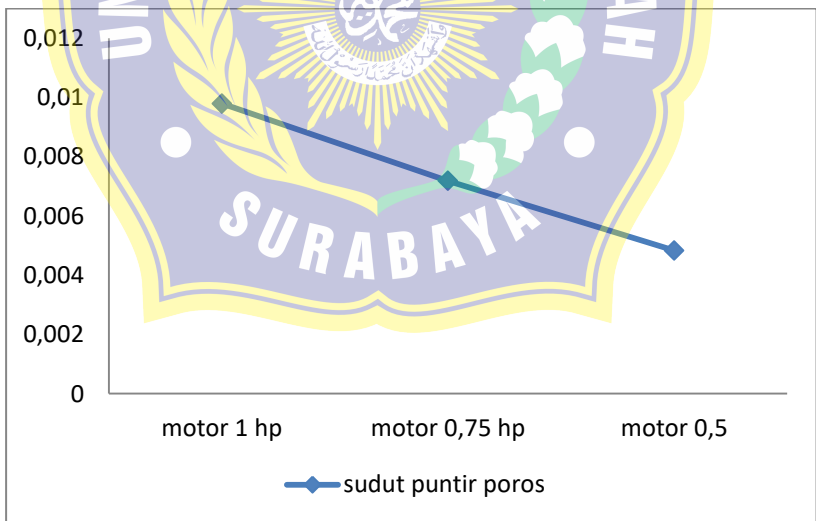


Diagram 4.3 sudut puntir poros

Diagram 4.3 dan 4.4 menunjukkan bahwa semakin kecil daya motor, semakin kecil sudut puntir yang terjadi pada poros, dengan sudut puntir yang semakin kecil maka jumlah siklus fatigue semakin panjang. besar HP pada motor maka semakin besar pula torsi, tegangan geser dan sudut puntir, maka dari itu siklus pada motor 0,5 Hp dan 0,75 HP lebih lama dibandingkan dengan motor 1 HP karena mempunyai tegangan geser lebih rendah.

