BAB IV

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Alat Uji Putaran Kritis

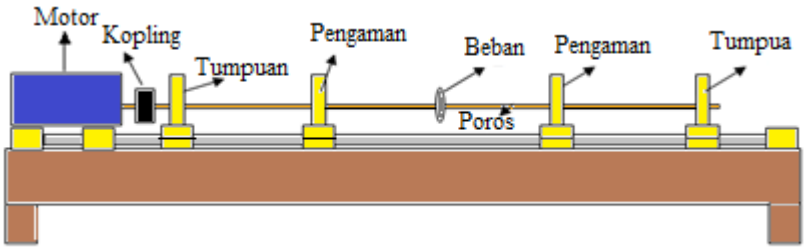
Direncanakan :

Ada tiga bahan material poros yang digunakan dalan penelitian ini yaitu kuningan (Cu-Zn), stainless stell (Fe-Cr), dan aluminium (Al) untuk diuji Putaran kritis.

Untuk motor:

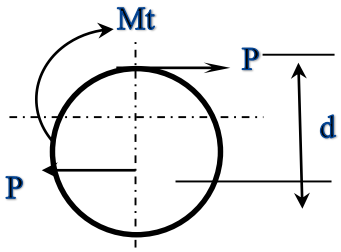
Daya motor : 0,5 hp

Putaran : 2760 rpm



Gambar 4.1 Alat Uji Putaran Kritis

Perencanaan Poros



Gambar 4.2 Momen Puntir Poros

$$M_t = 5252 \frac{N}{n} \quad \ldots\ldots\ldots (N.m)$$

Momen Torsi

$$M_t = 5252 \frac{N}{n}$$

$$M_t = 5252 \times \frac{0,5}{2760}$$

$$M_t = \frac{2626}{2760}$$

M_t = 0,95 N.m = 950 N.mm

Direncanakan momen torsi sebesar 950 N.mm

Poros Menerima Tegangan Torsi

Untuk bahan poros yang dipilih dalam perhitungan perencanaan adalah kuningan dengan type LTB karena memiliki massa jenis yang lebih besar dibandingkan dengan bahan stainless steel dan alumunium, dan nilai strength yieldnya sebesar 48 N/mm^2.

$$\tau_t \leq (\boldsymbol{\mathcal{T}_t})$$

$$\frac{M_t}{w_t} \leq \frac{ssyp}{FK}$$

$$\Rightarrow w_t = \frac{\mathrm{I}}{d/_2} = \frac{\pi}{16} d^3$$

$$\mathrm{I} = \text{momen inersia luasan poros} = \frac{\pi}{32} d^4$$

$$\frac{M_t}{w_t} \leq \frac{ssyp}{FK}$$

$$\frac{16 M_t}{\pi d^3} \leq \frac{ssyp}{FK}$$

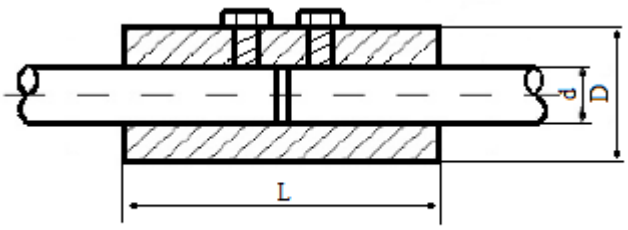
$$d^3 \geq \sqrt[3]{\frac{16\mathrm{Mt}}{\pi \times \mathrm{ssyp}}}$$

$$d^3 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \times 950}{3,14 \times 48}}$$

d $\geq$ 10 mm

Direncanakan diameter poros adalah 10 mm

Perancangan Kopling Bus



Gambar 4.3 Kopling Bus

D = 2d + 13 mm
D = 2 × 10 mm + 13 mm = 33 mm = 0,033 m
L = 3,5d
= 3,5 × 10 mm = 35 mm = 0,035 m

Bahan kopling Bus adalah baja ST 37 dengan tegangan puntir ijin sebesar 37 kg/mm^2.

M_t = 0,95 N.m

$$Mt = \frac{\pi}{16} T \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right)$$

$$0{,}95 = \frac{3{,}14}{16} T \left(\frac{0{,}033^4 - 0{,}010^4}{0{,}033} \right)$$

$$T = \frac{0{,}95}{\frac{3{,}14}{16} \left(\frac{0{,}033^4 - 0{,}010^4}{0{,}033} \right)}$$

T = 102421906 N/m^2
= 102,4 N/mm^2
= 10,4 kg/mm^2

Ukuran yang diambil cukup aman, karena tegangan puntir yang terjadi 10,4 kg/mm^2 lebih kecil dibandingkan tegangan geser ijin sebesar 37 kg/mm^2.

Kecepatan Sudut

$$\omega = \frac{2\pi\, r \times n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}005\ \text{m} \times 2760\ \text{rpm}}{60}$$

$$\omega = 1{,}5\ \text{radian/s}$$

Gaya Normal Yang bekerja

$P_n = m \times r \times \omega^2$

$P_n = 0{,}8\ \text{kg} \times 0{,}005\ \text{m} \times 1{,}5^2\ \text{radian/s}^2$

$P_n = 9 \times 10^{-3}\ \text{N}$

Gaya Tangensial Yang Bekerja

$$M_t = P_t \times \frac{d}{2}$$

$$P_t = \frac{2M_t}{d}$$

$$P_t = \frac{2 \times 0{,}95}{0{,}01}$$

$P_t = 190\ \text{N}$

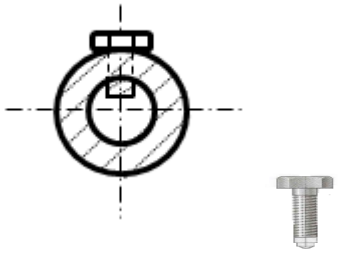
Gaya Resultan

$$P = \sqrt{(P_t)^2 + (P_n)^2}$$

$$P = \sqrt{(190)^2 + (9 \times 10^{-3})^2}$$

$P = 190\ \text{N}$

Desain Baut



Gambar 4.4 Baut Kopling Bus

Bahan baut terbuat dari ST 37 dan strength yield adalah 235 N/mm^2.

$$\tau s = \frac{p}{A} \leq Ssyp$$

$$\frac{p}{A} \leq \text{Ssyp}$$

$$\frac{p}{\frac{\pi}{4}\, {d_b}^2} \leq \frac{Ssyp}{FK} \rightarrow dinamis = 1, \qquad FK = 4$$

$$d_b \geq \sqrt{\frac{4p\,.\,FK}{\pi\,.\;Ssyp}}$$

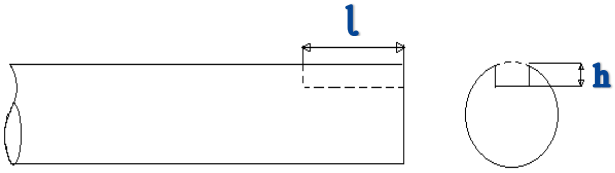
$$d_b \geq \sqrt{\frac{4 \times 190N \times 4}{3{,}14 \times \frac{235N}{mm^2}}}$$

$$d_b \geq \sqrt{\frac{2496}{737{,}9}}$$

$d_b \geq 3{,}5$ mm

Direncankan diameter baut adalah 4 mm.

Tegangan Kompresi pada poros



Gambar 4.5 Poros dengan jalur baut

Bahan poros yang dipakai adalah alumunium AL 6061 dengan strength yield sebesar 276 MPa = 276 N/mm^2.

$$\boldsymbol{\tau_c = \frac{P}{A} \quad \rightarrow A = h \times \frac{r}{2}}$$

$$\frac{P}{A} \leq \text{Ssyp}$$

$$\frac{P}{h \times \frac{r_b}{2}} \leq \frac{Ssyp}{FK} \rightarrow dinamis = 1, \qquad FK = 4$$

$$\text{h} \geq \sqrt{\frac{2p\,.FK}{r_b\,.Ssyp}}$$

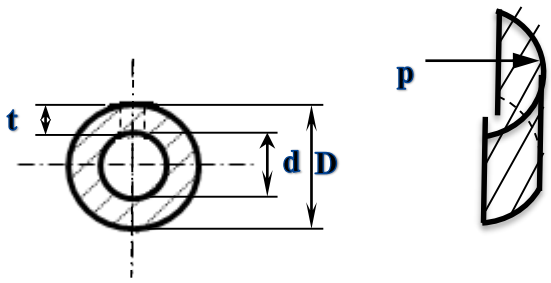
$$\text{h} \geq \sqrt{\frac{2 \times 190N \times 4}{2 \times 276N/mm^2}}$$

$$\text{h} \geq \sqrt{\frac{1248}{552}}$$

h $\geq$ 2,3 mm

Jadi direncanakan kedalaman dari jalur baut pada poros adalah 2,5 mm.

Pemeriksaan Kopling Terhadap Tegangan Kompress



Gambar 4.6 kopling mendapat gaya kompress

Bahan kopling terbuat dari ST 37 dan strength yield adalah 235 N/mm^2

t kopling yang di rencanakan

$$t_r = \frac{D - d}{2}$$

$$t_r = \frac{33 - 10}{2}$$

T_r = 11,5 mm

Pemeriksaan Kopling

$$\boldsymbol{\tau_c = \frac{p}{A} \quad \rightarrow A = t \times \frac{\pi d_b}{2}}$$

$$\frac{p}{A} \leq \text{Ssyp}$$

$$\frac{p}{t \times \frac{\pi d_b}{2}} \leq \frac{Ssyp}{FK} \rightarrow dinamis = 1, \qquad FK = 4$$

$$t \geq \sqrt{\frac{2p\,.FK}{\pi.d.Ssyp}}$$

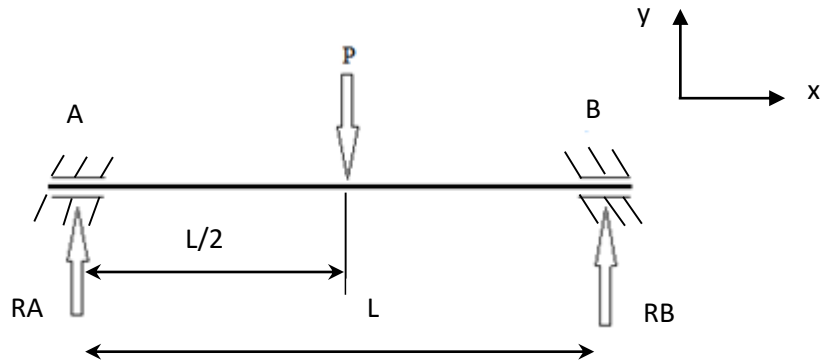
$$t \geq \sqrt{\frac{2 \times 190N \times 4}{3{,}14 \times 4 \times 276N/mm^2}}$$

$$t \geq \sqrt{\frac{1248}{3467}}$$

t ≥ 0,6 mm

Karena tinggi kopling yang direncanakan 11,5 mm lebih besar dari tinggi ijin 0,6 mm maka kopling dapat digunakan.

Umur Bearing



Persamaan Kesetimbangan

1. <u>ΣFy = 0</u>
   RA + RB - P = 0
   RA + RB = P
   RA = P – RB
   1
2. <u>ΣMA = 0</u>
   RB × L – P (L/2) = 0
   RB × L = PL/2
   RB = P/2
   2

<u>Subtitusi [2] ⇒ [1], didapat</u>

RA = P – RB

$$= P - \frac{P}{2}$$

$$RA = \frac{P}{2} = \frac{190}{2}$$

RA = 95 N

RA dan RB bukan merupakan fungsi L yang mana, bila L divariasikan tidak merubah nilai gaya yang bekerja.

$$L_{10}h = \left(\frac{C}{P}\right)^b x \frac{10^6}{60.n}$$

Dari daftar produksi bearing SKF 6200Z diperoleh data sebagai berikut:

C = 2,36 kN
F = 13
P = 190 N

$$L_{10}h = \left(\frac{2360}{190}\right)^3 \times \frac{10^6}{60 \times 2760}$$

$$L_{10}h = 1916{,}4 \times 6{,}0$$

$$L_{10}h = 11498{,}4 jam$$

$L_{10}h =$ 1,3 tahun

Jadi umur ketahanan bearing dalam menerima gaya-gaya yang bekerja adalah selama 1,3 tahun

No	Percobaan 1	Putaran Kritis (rpm)	No	Percobaan 2	Putaran Kritis (rpm)	No	Percobaan 3	Putaran Kritis (rpm)
1	K31	1040	10	K22	1141	19	A33	1107
2	K11	1290	11	A22	1285	20	S23	1202
3	S31	1108	12	A12	1480	21	S13	1430
4	A11	1467	13	K32	1020	22	S33	1068
5	A21	1261	14	S22	1210	23	K13	1323
6	K21	1145	15	S12	1416	24	A13	1487
7	S21	1236	16	K12	1328	25	K33	1063
8	S11	1348	17	A32	1110	26	K23	1151
9	A31	1102	18	S32	1058	27	A23	1274

4.2 Hasil Tabel Random Sampling

Nb : Beban 0,3 kg di tengah tumpuan

Keterangan:

1. A11 = Material Aluminium dengan jarak tumpuan 80 cm percobaan 1
2. A21 = Material Aluminium dengan jarak tumpuan 90 cm percobaan 1
3. A31 = Material Aluminium dengan jarak tumpuan 100 cm percobaan 1
4. S11 = Material Stainless stell dengan jarak tumpuan 80 cm percobaan 1
5. S21 = Material Stainless stell dengan jarak tumpuan 90 cm percobaan 1
6. S31 = Material Stainless stell dengan jarak tumpuan 100 cm percobaan 1
7. K11 = Material Kuningan dengan jarak tumpuan 80 cm percobaan 1
8. K21 = Material Kuningan dengan jarak tumpuan 90 cm percobaan 1
9. K32 = Material Kuningan dengan jarak tumpuan 100 cm percobaan 2
10. A12 = Material Aluminium dengan jarak tumpuan 80 cm percobaan 2
11. A22 = Material Aluminium dengan jarak tumpuan 90 cm percobaan 2
12. A32 = Material Aluminium dengan jarak tumpuan 100 cm percobaan 2
13. S12 = Material Stainless stell dengan jarak tumpuan 80 cm percobaan 2

14. S22 = Material Stainless stell dengan jarak tumpuan 90 cm percobaan 2
15. S32 = Material Stainless stell dengan jarak tumpuan 100 cm percobaan 2
16. K12 = Material Kuningan dengan jarak tumpuan 80 cm percobaan 2
17. K22 = Material Kuningan dengan jarak tumpuan 90 cm percobaan 2
18. K32 = Material Kuningan dengan jarak tumpuan 100 cm percobaan 2
19. A13 = Material Aluminium dengan jarak tumpuan 80 cm percobaan 3
20. A23 = Material Aluminium dengan jarak tumpuan 90 cm percobaan 3
21. A33 = Material Aluminium dengan jarak tumpuan 100 cm percobaan 3
22. S13 = Material Stainless stell dengan jarak tumpuan 80 cm percobaan 3
23. S23 = Material Stainless stell dengan jarak tumpuan 90 cm percobaan 3
24. S33 = Material Stainless stell dengan jarak tumpuan 100 cm percobaan 3
25. K13 = Material Kuningan dengan jarak tumpuan 80 cm percobaan 3
26. K23 = Material Kuningan dengan jarak tumpuan 90 cm percobaan 3
27. K33 = Material Kuningan dengan jarak tumpuan 100 cm percobaan 3

Rata-rata putaran kritis random sampling

$$A1 = \frac{A11 + A12 + A13}{3}$$

$$= \frac{1467 + 1480 + 1487}{3} = 1478 \text{ rpm}$$

$$A2 = \frac{A21 + A22 + A23}{3}$$

$$= \frac{1261 + 1285 + 1274}{3} = 1273 \text{ rpm}$$

$$A3 = \frac{A31 + A32 + A33}{3}$$

$$= \frac{1102 + 1110 + 1107}{3} = 1106 \text{ rpm}$$

$$S1 = \frac{S11 + S12 + S13}{3}$$

$$= \frac{1348 + 1416 + 1430}{3} = 1398 \text{ rpm}$$

$$S2 = \frac{S21 + S22 + S23}{3}$$

$$= \frac{1236 + 1210 + 1202}{3} = 1216 \text{ rpm}$$

$$S3 = \frac{S31 + S32 + S33}{3}$$

$$= \frac{1108 + 1058 + 1068}{3} = 1078 \text{ rpm}$$

$$K1 = \frac{K11 + K12 + K13}{3}$$

$$= \frac{1290 + 1328 + 1323}{3} = 1313 \text{ rpm}$$

$$K2 = \frac{K21 + K22 + K23}{3}$$

$$= \frac{1145 + 1141 + 1151}{3} = 1145 \text{ rpm}$$

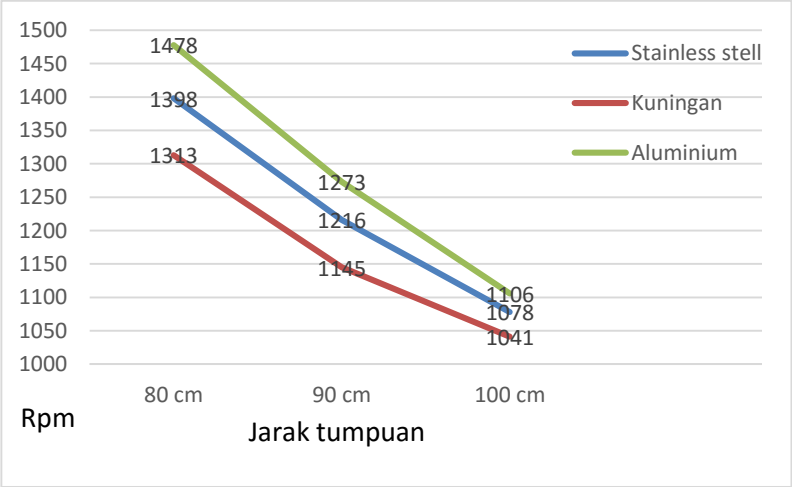
$$K3 = \frac{K31 + K32 + K33}{3}$$

$$= \frac{1040 + 1020 + 1063}{3} = 1041 \text{ rpm}$$

Tabel rata-rata perhitungan putaran kritis

Material	Jarak tumpuan	Putaran kritis rata-rata (rpm)
Aluminium (A1)	80 cm	1478
Stainless stell (S1)	80 cm	1398
Kuningan (K1)	80 cm	1313
Aluminium (A2)	90 cm	1273
Stainless stell (S2)	90 cm	1216
Kuningan (K2)	90 cm	1145
Aluminium (A3)	100 cm	1106
Stainless stell (S3)	100 cm	1078
Kuningan (K3)	100 cm	1041

4.3 Grafik Putaran Kritis



Dari hasil pengujian putaran kritis pada 3 macam variasi tumpuan sepanjang 80 cm, 90 cm, 100 cm dan 3 macam variasi material poros kuningan, steinless steel, dan alumunium didapatkan hasil sebagai berikut

1. Putaran kritis tertinggi terjadi pada material alumunium dengan jarak tumpuan poros sebesar 80 cm.
2. Putaran kritis terendah terjadi pada material kuningan dengan jarak tumpuan 100 cm.
3. Pada jarak tumpuan 100 cm nilai putaran kritis dari 3 variasi material alumunium, kuniangan, dan steinless steel adalah yang terendah dibandingkan variasi jarak tumpuan yang lain.
4. Pada jarak tumpuan 80 cm nilai putaran kritis dari 3 variasi material poros alumunium, kuniangan, dan steinless steel adalah yang tertinggi dibandingkan variasi jarak tumpuan yang lain.
5. Dari ketiga variasi material poros, material alumunium memiliki nilai putaran kritis tertinggi dibandingkan material poros kuningan, dan stinless steel.
6. Dari ketiga variasi material poros, material kuningan memiliki nilai putaran kritis terendah dibandingkan material poros alumunium, dan stinless steel