

ANALISIS DAN RANCANG BANGUN SISTEM KERJA *LINK* PADA MESIN GERGAJI RADIAL 4 ARAH

Richard Kurniawan, Michael Wijaya, Didi Widya Utama dan Agus Halim

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

e-mail: richardkurniawan098@gmail.com

Abstract: *Four directions radial chainsaw is a chainsaw that have four cutting tools with link as it's power continuer and using roller chain transmission. This machine is designed to improve the efficiency of cutting time. Especially in the furniture industry. Still, the stacking of wood cutting work can reduce the production capabilities. This essay will discussed about the link and transmission working system that is used in the machine. The method used in this design is VDI 2221. The order of this design is starting from the calculation of the force that required to cut the wood, the force that contains in the link, and the calculation of motor horsepower that is required. The wood used is falcate which is a four strong class wood with split firmness by $3,64 \frac{kg}{mm}$ and the dimension by 50mm x 50mm x 600mm. This machine is expected to cut all types of wood with maximum of split firmness by $3,64 \frac{kg}{mm}$ and the limit of the wood dimensions that have been determined.*

Keywords: *Four directions radial chainsaw, link, motor horsepower, split firmness.*

Abstrak: *Mesin gergaji radial empat arah adalah mesin gergaji yang mempunyai mata potong sebanyak empat buah dengan link sebagai penerus daya ke gergaji dan menggunakan transmisi jenis rantai. Mesin ini dirancang dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi waktu pemotongan. Terutama pada industri mebel. Menumpuknya pekerjaan memotong kayu dapat mengurangi kemampuan produksi. Dalam perancangan ini, akan dibahas sistem kerja link dan transmisi yang digunakan. Metode yang digunakan pada perancangan ini adalah metode VDI 2221. Tahapan perancangan yang dilakukan dimulai dari perhitungan gaya yang dibutuhkan untuk memotong kayu, gaya yang terjadi pada link, dan berakhir pada penentuan daya motor yang dibutuhkan. Kayu yang digunakan adalah kayu sengon yang merupakan kayu kelas kuat empat dengan keteguhan belah $3,64 \frac{kg}{mm}$ dan dimensi kayu 50mm x 50mm x 600mm. Mesin ini diharapkan dapat memotong segala jenis kayu dengan keteguhan belah maksimal $3,64 \frac{kg}{mm}$ dan batasan dimensi yang telah ditentukan.*

Kata Kunci: *mesin gergaji radial empat arah, link, daya motor, keteguhan belah.*

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya zaman, semakin banyak pula penemuan terhadap alat baru terutama di bidang permesinan. Kebutuhan dan ketergantungan manusia akan alat pun semakin meningkat. Menumpuknya pekerjaan merupakan salah satu faktor penghambat tingkat produktivitas seseorang dalam menyelesaikan pekerjaannya.

Salah satu peralatan yang digunakan dalam industri mebel adalah gergaji. Pada awalnya pemotongan kayu dilakukan secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia kemudian berubah menggunakan mesin gergaji. Dengan perkembangan zaman yang semakin maju, penggunaan gergaji tangan sudah mulai jarang digunakan dan beralih ke mesin gergaji. Dilihat dari sisi waktu, pemotongan kayu menggunakan mesin gergaji akan meningkatkan efisiensi dibanding menggunakan gergaji tangan. Hal ini dikarenakan pekerja dapat melakukan pekerjaan lain sambil menunggu proses pemotongan selesai.

Mesin gergaji pada umumnya hanya mempunyai satu mata potong untuk memotong benda kerja. Hal ini sangat membatasi kapasitas produksi dari mesin gergaji. Dalam dunia perindustrian mebel, tentu saja hal ini dapat memotong kapasitas produksi pemotongan kayu dan menurunkan efisiensi pekerja. Jumlah mata potong dapat ditingkatkan untuk meningkatkan kapasitas produksi dari mesin gergaji ini. Maka dari itu, mesin gergaji radial empat arah ini sangat berguna untuk meningkatkan efisiensi dan meminimalkan waktu kerja.

METODE PERANCANGAN

Perancangan dengan menggunakan metode VDI 2221 (Verein Deutcher Ingenieure) merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan dan mengoptimalkan penggunaan material, teknologi dan keadaan ekonomi. Ide dan pengetahuan merupakan sumber dasar dari perancangan produk guna memenuhi permintaan konsumen dan demi keuntungan semua pihak tentunya.

Tabel 1. Daftar Spesifikasi Awal

Parameter	Spesifikasi	<i>Demand (D) / Wish (W)</i>
Geometri	Dimensi Perancangan	W
	Panjang	W
	Lebar	W
	Tinggi	W
Gaya	Kekakuan yang tinggi	D
	Titik berat yang tepat	D
	Bentuk rancangan hemat material	D
Energi	Energi berasal dari motor	D
	Efisiensi energi tinggi	D
Material	Memiliki tingkat aus yang tinggi	D
	Material mudah didapat	D
	Material tahan lama	D
Ergonomi	Bentuk proporsional	W
Perakitan	Mudah untuk dibongkar pasang	D
Biaya produksi	Biaya pembuatan cukup murah	W

Setelah membuat daftar spesifikasi awal, prinsip solusi sub fungsi perlu dibuat untuk menyeleksi komponen yang akan digunakan pada perancangan mesin gergaji radial 4 arah. Prinsip solusi ini dapat dibuat sebanyak yang diinginkan dengan tujuan menghasilkan produk dengan nilai efisien yang tinggi.

Tabel 2. Prinsip solusi sub fungsi

No	Sub Fungsi	Prinsip Solusi		
		1	2	3
1	Penggerak	Motor Listrik AC	Motor Listrik DC	
2	Penerus Daya	Sabuk & Puli	Rantai & Sproket	
3	Mata Gergaji	Belah	Potong	
4	Reduksi Putaran Motor	Sproket	<i>Wormgear</i>	<i>Spur Gear</i>
5	Bentuk Material	Silinder Pejal	<i>Angle Bar</i>	<i>Hollow Bar</i>
6	Material Rangka	Aluminium	Besi	Baja
7	Sistem Penggergajian	Satu Arah	Bolak – Balik	

Setelah prinsip solusi sub fungsi dibuat, langkah selanjutnya membuat kombinasi yang mungkin sehingga membentuk sistem yang paling menunjang dalam membentuk beberapa varian.

Tabel 3. Kombinasi prinsip solusi sub fungsi

No	Prinsip Solusi Sub Fungsi	Prinsip Solusi		
		1	2	3
1	Penggerak	Motor Listrik AC	Motor Listrik DC	
2	Penerus Daya	Sabuk & Pulley	Rantai & Sproket	
3	Mata Gergaji	Belah	Potong	
4	Reduksi Putaran Motor	Sproket	Wormgear	Spur Gear
5	Bentuk Material	Silinder Pejal	Angle Bar	Hollow Bar
6	Material Rangka	Aluminium	Besi	Baja
7	Arah Gerakan Penggergajian	Satu Arah	Bolak – Balik	

Berdasarkan prinsip-prinsip solusi yang telah dilakukan di atas, dapat diperoleh beberapa pilihan, yaitu sebagai berikut:

1. V1: 1.2 ~ 2.1 ~ 3.2 ~ 4.3 ~ 5.3 ~ 6.3 ~ 7.1
2. V2: 1.1 ~ 2.2 ~ 3.1 ~ 4.1 ~ 5.1 ~ 6.2 ~ 7.2
3. V3: 1.1 ~ 2.2 ~ 3.2 ~ 4.2 ~ 5.3 ~ 6.2 ~ 7.2

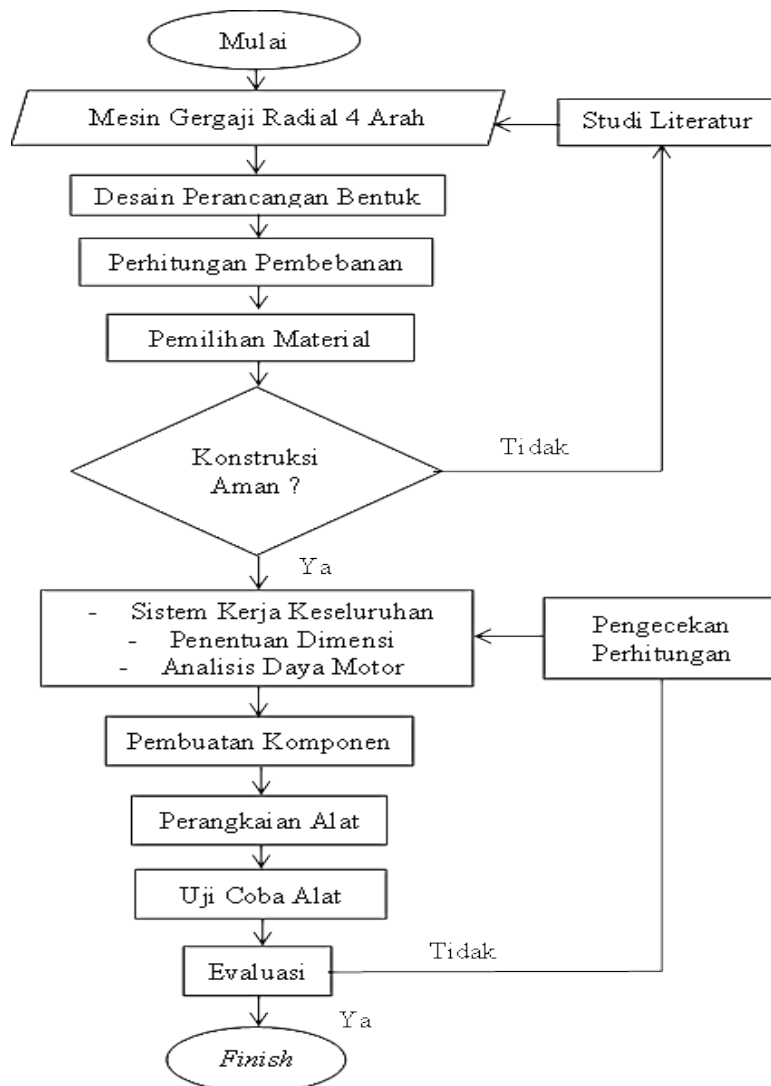
Untuk menentukan varian yang mungkin dilanjutkan dalam proses perancangan ini, harus dilakukan seleksi terhadap varian yang ada. Salah satu cara dalam pemilihan varian dapat dilakukan dengan menggunakan diagram seleksi seperti pada Tabel 4.

Dari Tabel 4, varian 2 dan 3 memenuhi kriteria perancangan. Dengan memperhitungkan sisi ergonomi, biaya produksi, dan sesuai fungsi yang dikehendaki untuk “mesin gergaji radial 4 arah” ini, maka dipilih varian 3 yang akan dilanjutkan ke proses berikutnya. Varian 3 terdiri dari penggerak berupa motor listrik AC, penerus daya berupa rantai dan sproket, mata gergaji berupa mata gergaji potong, *wormgear* untuk mereduksi putaran motor, *hollow bar* sebagai material rangka, dan arah gerakan bolak – balik dalam penggergajian.

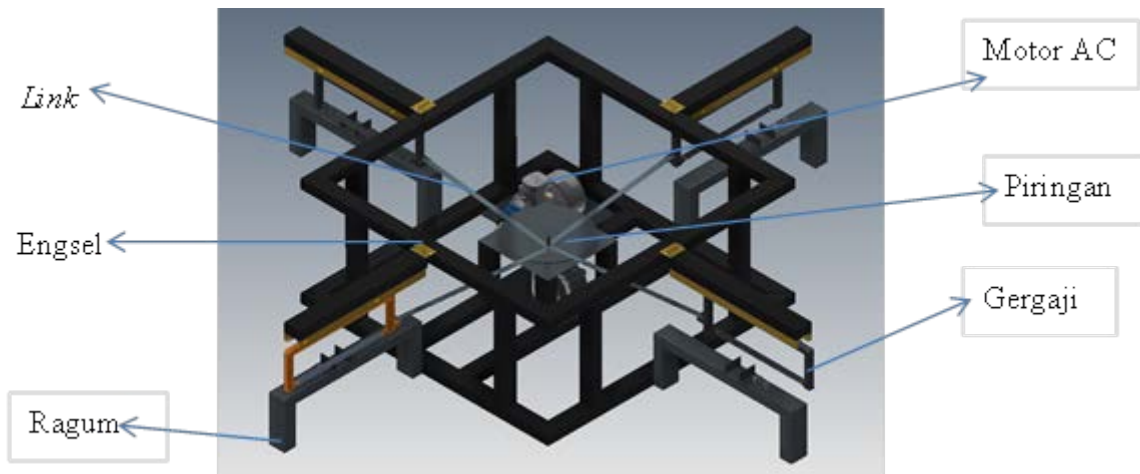
Pengecekan perhitungan dibutuhkan untuk mengetahui apakah terdapat kesalahan dalam mendesain produk. Apabila perhitungan sudah sesuai dengan desain produk, maka hal yang dilakukan selanjutnya adalah pembuatan komponen termasuk di dalamnya : sistem transmisi rantai, poros, piringan, rel, ragam, dan plat untuk bearing. Ketika komponen sudah mencukupi, hal selanjutnya yang dilakukan adalah perangkaian produk. Uji coba alat dilakukan untuk mengetahui apakah mesin gergaji berjalan dengan lancar.

Tabel 4. Pemilihan varian solusi

Diagram Seleksi									
Varian dievaluasi dengan kriteria solusi: (+) Ya (-) Tidak (?) Kekurangan informasi (!) Periksa spesifikasi					Keputusan tanda solusi varian (SV): (+) Meningkatkan solusi (-) Menghilangkan solusi (?) Mengumpulkan informasi (!) Memeriksa spesifikasi untuk perubahan				
	Sesuai dengan fungsi asli		Sesuai dengan keinginan			Dapat diwujudkan		Tingkat biaya produksi	
			Pengetahuan tentang konsep memadai		Sesuai dengan keinginan pembuat			Memenuhi syarat keamanan	
								Keterangan	SV
V1	-	-	+	-	+	-	-	Tidak sesuai	-
V2	-	-	+	+	+	-	+	Sesuai	+
V3	+	+	+	+	+	+	?	Sesuai	+



Gambar 1. Diagram metode alir penelitian

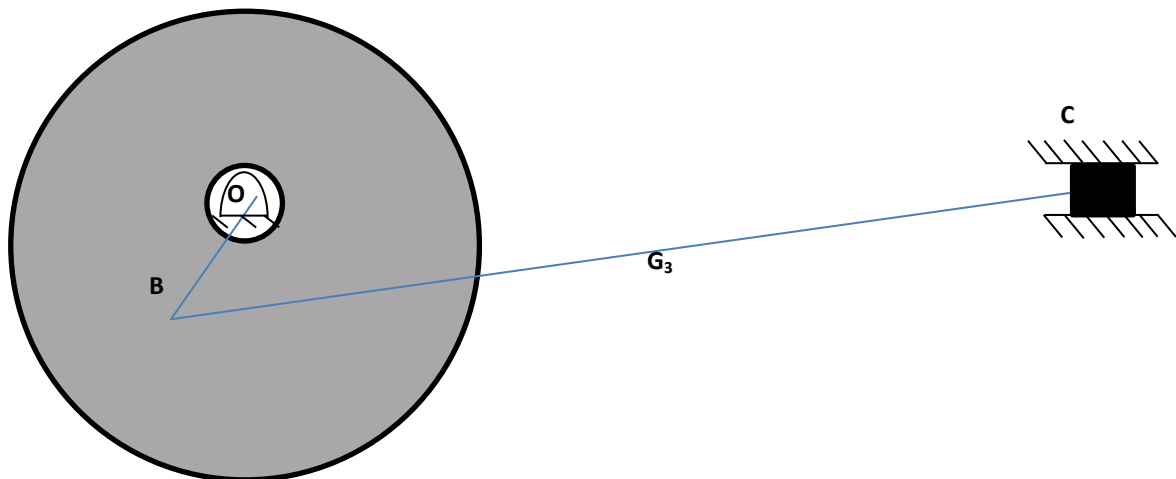


Gambar 2. Mesin gergaji radial empat arah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dari referensi, didapat :

Jenis Kayu	: Kayu Sengon
Dimensi kayu	: 50mm x 50mm x 600mm
τ (keteguhan belah kayu)	: 3,64 kg/mm
kecepatan putaran motor	: 90 rpm

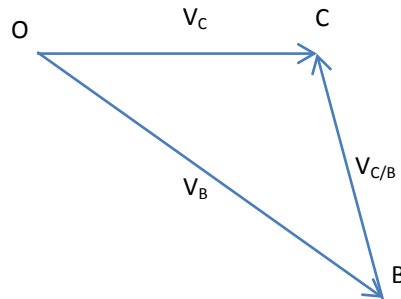


Gambar 3. Mekanisme engkol luncur

Keterangan:

- Piringan berputar searah jarum jam dan gergaji bergerak ke kiri secara translasi
- Ukuran barang asli diperkecil pada gambar 5
- Asumsi gergaji bergerak ke kiri secara translasi
- O_2 = link 1 (ground)
- B = link 2 (piringan)
- C = link 4 (gergaji)
- O_2B = 100mm
- BC = 600mm (link 3)
- BG_3 = 300mm (titik berat)

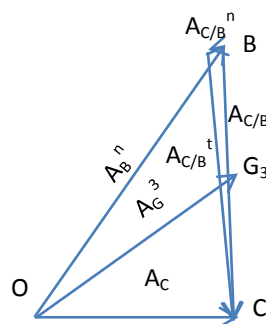
1. Poligon Kecepatan (skala 10mm : 0,2m/s)



Gambar 4. Poligon Kecepatan

$$\begin{aligned} \omega_2 &= \frac{2\pi n}{60} \\ &= \frac{2\pi 75}{60} \\ &= 7,854 \text{ rad/s (kecepatan sudut piringan)} \\ V_B &= \omega_2 \times R \\ &= \omega_2 \times OB \\ &= 7,854 \text{ rad/s} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 0,7854 \text{ m/s (Kecepatan pada titik B)} \\ V_C &= 30 \text{ mm} \times 0,2 \text{ m/s} \\ &= 0,6 \text{ m/s (Kecepatan pada titik C, didapat dari poligon kecepatan)} \\ V_{C/B} &= 23 \text{ mm} \times 0,2 \text{ m/s} \\ &= 0,46 \text{ m/s (kecepatan titik B relatif terhadap titik C, didapat dari poligon kecepatan)} \\ \omega_3 &= \frac{V_{C/B}}{BC} \\ &= \frac{0,46 \text{ m/s}}{0,6 \text{ m}} \\ &= 0,76 \text{ rad/s (Kecepatan sudut link 3, berlawanan arah jarum jam)} \end{aligned}$$

2. Poligon Percepatan (skala 10mm : 1m/s²)



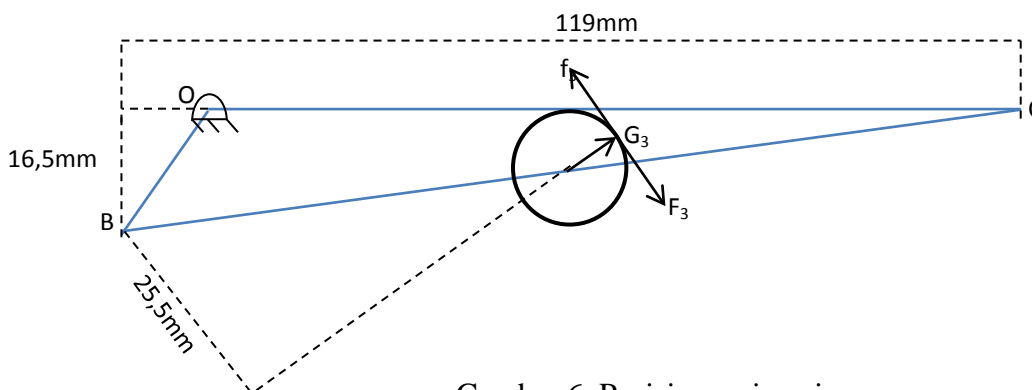
Gambar 5. Poligon Percepatan

$$\begin{aligned} A_B^n = A_B &= \frac{v_b^2}{OB} \\ &= \frac{0,7854^2}{0,1} \\ &= 6,168 \text{ m/s}^2 \text{ (percepatan pada titik B)} \\ A_{C/B}^n &= \frac{v_{c/b}^2}{BC} \\ &= \frac{(0,46 \text{ m/s})^2}{0,6 \text{ m}} \\ &= 0,352 \text{ m/s}^2 \text{ (percepatan normal pada titik B relatif terhadap C, didapat dari poligon)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{C/B}^t &= 52\text{mm} \times 1\text{m/s}^2 \\
&= 5,2 \text{ m/s}^2 \text{ (percepatan tangensial pada titik B relatif terhadap C, didapat dari poligon)} \\
A_{C/B} &= 51\text{mm} \times 1\text{m/s}^2 \\
&= 5,1 \text{ m/s}^2 \text{ (percepatan total titik B relatif terhadap C, didapat dari poligon)} \\
A_C &= 35\text{mm} \times 1\text{m/s}^2 \\
&= 3,5\text{m/s}^2 \text{ (percepatan pada titik C, didapat dari poligon)} \\
\alpha_3 &= \frac{A_C/b^t}{BC} \\
&= \frac{5,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,6 \text{ m}} \\
&= 8,67 \text{ rad/s}^2 \\
AG_3 &= 42\text{mm} \times 1\text{m/s}^2 \\
&= 4,2\text{m/s}^2 \text{ (percepatan pada titik berat link 3, didapat dari poligon)}
\end{aligned}$$

3. Gaya Inersia (skala offset 10mm : 50mm)

$$\begin{aligned}
f_3 &= m_3 \times AG_3 \\
&= 1 \text{ kg} \times 4,2\text{m/s}^2 \\
&= 4,2\text{N} \text{ (gaya inersia pada link 3)} \\
f_4 &= m_4 \times AG_4 \\
&= 1,3\text{kg} \times 3,5\text{m/s}^2 \\
&= 4,55\text{N} \text{ (gaya inersia pada link 4)} \\
I_3 &= \frac{1}{12} m (a^2+b^2) \\
&= \frac{1}{12} 1 \text{ kg} \{ (0,5\text{m})^2 + (0,034\text{m})^2 \} \\
&= 0,021 \text{ kgm}^2 \text{ (Inersia pada link 3)} \\
h &= \frac{I_3 \omega_3}{m_3 AG_3} \\
&= \frac{0,021 \text{ kgm}^2 \times 8,67 \text{ rad/s}^2}{1\text{kg} \times 4,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \\
&= 0,04335\text{m}
\end{aligned}$$



Gambar 6. Posisi gaya inersia

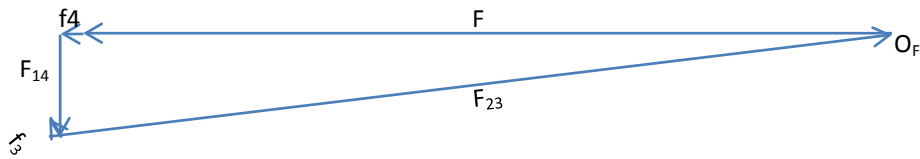
4. Momen

$$\begin{aligned}
\sum M_B &= 0 \\
f_3(25,5\text{mm} \times 5) + (f_4 + F) \times (16,5\text{mm} \times 5) + F_{14}(119\text{mm} \times 5) &= 0 \\
4,2\text{N} \times 127,5\text{mm} + (4,55\text{N} + 223,17\text{N}) \times 82,5\text{mm} + F_{14} \times 595\text{mm} &= 0 \\
535,5\text{Nmm} + 18.786,9\text{Nmm} &= -595\text{mm}F_{14} \\
F_{14} &= \frac{19322,4\text{Nmm}}{-595\text{mm}} \\
F_{14} &= -32,47\text{N} \text{ (karena hasil negatif, maka } F_{14} \text{ ke bawah)}
\end{aligned}$$

5. Poligon Gaya (skala 10mm : 20N)

$$F_{23} = 23,2 \times 10N = 232N$$

$$F_{23} = F_{32} = F_{12} = F_{21} = 232N$$



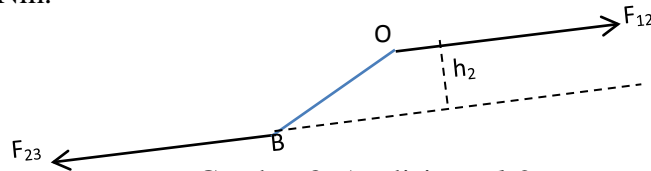
Gambar 5. Poligon Gaya

6. Torsi (terletak pada *link 2* atau piringan, skala 10mm : 50mm)

$$h_2 = 1,5 \times 50mm = 75mm.$$

$$T_2 = F_{32} \times h = 232N \times 0,075m = 17,4Nm \text{ (berputar searah jarum jam)}$$

$$T_{total} = 17,4Nm \times 4 = 69,6Nm.$$



Gambar 8. Analisis *Link 2*

7. Daya Motor

$$P = \frac{2\pi nT}{60} = \frac{2\pi \times 90 \times 69,6Nm}{60} = 546,637watt$$

8. Daya Rencana

$$P_d = P \times f_c = 546,637Watt \times 1,3 = 710,628Watt$$

9. Perhitungan Poros

Data yang diketahui :

- Putaran yang diinginkan adalah 75rpm
- Daya motor yang digunakan 1,5HP atau 1119watt

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi n} = \frac{1119watt \times 60}{2\pi \times 75} = \frac{67140}{471,238} = 142,475Nm = 142.475Nmm$$

$$\sigma_{geser} = \frac{\tau}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{58 \frac{kg}{mm^2}}{\sqrt{3}} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= \frac{568,98}{\sqrt{3}}$$

$$= 328,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_{max}}{\frac{SF}{4}}$$

$$= \frac{328,5 \text{ MPa}}{4}$$

$$= 82,125 \text{ MPa}$$

$$= 82.125.000 \text{ Pa}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times T}{\pi \times \tau}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{16 \times 142.475 \text{ Nmm}}{\pi \times 82.125.000 \text{ Pa}}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{2279600 \text{ Nmm}}{\pi \times 82.125.000 \text{ Pa}}}$$

$$= \sqrt[3]{8,849 \times 10^{-3}}$$

$$= 0,0206 \text{ m}$$

$$= 20,6 \text{ mm}$$

Menggunakan rumus poros dengan beban torsi murni, maka didapat diameter poros minimum yang digunakan adalah 20,6mm. Nilai $58 \frac{kg}{mm^2}$ didapat dari referensi kekuatan tarik dengan material S45C.

10. Perhitungan Panjang Rantai

Data yang diketahui :

- C_p (jarak sumbu poros) = 400mm
- $Pitch$ (jarak bagi) = 15,875mm
- Jumlah gigi sproket besar (Z_1) = 15 gigi
- Jumlah gigi sproket kecil (Z_2) = 15 gigi

$$L_p = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + 2C_p + \frac{[\{Z_2 - Z_1\}/6,28]^2}{C_p}$$

$$= \frac{15 + 15}{2} + 2 \times 400 \text{ mm} + \frac{[\{15 - 15\}/6,28]^2}{400 \text{ mm}}$$

$$= \frac{30}{2} + 800 \text{ mm} + \frac{0}{400 \text{ mm}}$$

$$= 15 + 800 \text{ mm}$$

$$= 815 \text{ mm}$$

Dengan perhitungan rumus transmisi rantai dan sproket, maka panjang rantai minimum yang digunakan adalah 815mm. Digunakan nomor rantai RS50.



Gambar 9. *Prototype* mesin gergaji radial 4 arah

KESIMPULAN

Mesin gergaji radial 4 arah mempunyai sumber penggerak berupa motor listrik AC dengan sistem transmisi berupa rantai dan sproket. Sproket yang digunakan mempunyai rasio 1 : 1. *Wormgear* digunakan untuk mereduksi putaran yang dihasilkan oleh motor menggunakan rasio 1 : 10. Mata potong gergaji menggunakan mata potong gergaji kayu dengan mata gigi lurus. Perhitungan daya motor dilakukan untuk mendapatkan daya minimum yang dibutuhkan. Motor listrik yang digunakan mempunyai daya sebesar 1119watt. Torsi total yang terjadi bernilai 69,6N. mesin ini dirancang untuk memotong kayu dengan keteguhan belah maksimum $3,64 \frac{kg}{mm}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://rumahcahaya.com/mesin-gergaji>.
- [2] Eugene Hecht Frederick J. Buerche, *Schaum's Outlines of Theory and Problems of College Physics*, tenth edition ed., Lemeda Simarmata, Ed. Indonesia, Jakarta: Erlangga, 2006.
- [3] R. C. Hibbeler, "Mechanic of Materials," in *Mechanic of Materials*. Singapore, Singapore: Prentice Hall, 2011, p. 179.
- [4] Brian Kristianto, "Motor DC dan MOTOR AC," April 2011.