

## PERHITUNGAN MEKANIK PADA RANCANG BANGUN MESIN MILLING CNC MINI 3 AXIS

### *MECHANICAL CALCULATIONS IN THE DESIGN AND BUILDING OF A 3 AXIS MINI CNC MILLING MACHINE*

<sup>1</sup>Alfian Ady Saputra, <sup>2</sup>Wahid Hasim, <sup>3</sup>Ferdi Hardian Saputra, <sup>4</sup>Iman Hardiansyah,  
<sup>5</sup>Muhamad Juhadi

<sup>1,2,3,4,5</sup>*Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pamulang Serang Kota Serang  
Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183*

*email : <sup>1</sup>dosen10017@unpam.ac.id*

#### ABSTRAK

Penelitian yang dikerjakan ini merupakan bagian dari sebuah proses perancangan dan pengkonstruksian mesin CNC milling dengan orientasi gerak 3 axis ( sumbu x, y, dan z ) dan hasil perhitungan tentang analisa dari masing-masing sumbu. Metode dalam perancangan mesin ini adalah studi pustaka, riset lapangan dan tanya jawab. Proses pembuatannya melalui beberapa tahapan yaitu desain dan perancangan, pembuatan dan perakitan komponen, dan pengujian dan analisa. Kesimpulan dari rancang rancang bangun mesin CNC milling 3 axis yang membahas tentang sumbu x, y, dan z adalah pada mesin mini *CNC Milling 3 Axis* akan di pengaruhi beban pada saat mesin bekerja. Dan akan di tanggung oleh kekuatan poros pada saat akselerasi . dengan hasil perhitungan sumbu X (Tegangan tarik  $\sigma_c = 0.1864 N/mm^2$  , tegangan tarik  $\tau_{max} = 0.115 N/mm^2$ ), sumbu Y (Tegangan tarik  $\sigma_c = 0.3729 N/mm^2$ , tegangan geser  $\tau_{max} = 0.23 N/mm^2$ ), sumbu Z (Tegangan tarik  $\sigma_c = 0.1169 N/mm^2$ , tegangan geser  $\tau_{max} = 0.124 N/mm^2$ ). Sedangkan torsi dan defleksi puntiran pada poros ulir dari masing-masing sumbu, dengan mengaplikasikan beberapa rumus dan referensi lain dapat dinyatakan memenuhi syarat.

Kata Kunci : *Prototype CNC milling mini 3 axis, Sumbu X, Y, dan Z*

#### ABSTRACT

*The research carried out is part of a process of designing and constructing a CNC milling machine with a 3-axis movement orientation (x, y and z axes) and the results of calculations regarding the analysis of each axis. The method for designing this machine is literature study, field research and question and answer. The manufacturing process goes through several stages, namely design and planning, component manufacture and assembly, and testing and analysis. The conclusion of the design of the 3 axis CNC milling machine which discusses the x, y and z axes is that the 3 Axis CNC Milling mini machine will be influence the load when the machine is running. And will be borne by the shaft force during acceleration. with the calculation results of the tensile  $\sigma_c=0.1169N/mm^2$ , shear stress  $\tau_{max}=0.124 N/mm^2$ ). Meanwhile, the torque and twisting deflection on the threaded shaft of each axis, by applying several formulas and other references, can be declared to meet the requirements.*

*Keywords: 3 axis mini CNC milling prototype, X, Y and Z axes*

## I. PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur merupakan penopang utama perkembangan industri di sebuah negara. Perkembangan industri manufaktur di sebuah negara juga dapat digunakan untuk melihat perkembangan industri secara nasional di negara tersebut. Perkembangan ini dapat di lihat baik dari aspek kualitas produk yang dihasilkan maupun kinerja industri secara keseluruhan. Perkembangan industri manufaktur di Indonesia mulai mengalami peningkatan yang pesat akhir-

akhir ini. Sebagian produk-produk yang berasal dari industri manufaktur di Indonesia telah berhasil menguasai pangsa pasar dunia. Industri manufaktur lokal maupun asing yang berada di Indonesia saat ini hampir semuanya menggunakan mesin perkakas baik konvensional maupun mesin perkakas modern. Salah satu mesin yang digunakan pada industri manufaktur adalah mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Mesin CNC memiliki peranan penting dalam industri manufaktur karena tingginya permintaan akan produk yang memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi. Selain itu, mesin CNC memiliki keunggulan dalam hal pembuatan produk skala besar dengan efisiensi waktu yang tinggi. Penggunaan mesin CNC sebagai mesin perkakas modern semakin banyak dijumpai dalam industri manufaktur baik itu industri skala besar maupun menengah. CNC *turning*, *milling*, *grinding*, dan mesin CNC lainnya memiliki fungsi untuk mengerjakan suatu komponen secara efisien, hemat waktu, dan hemat biaya.

Teknologi pengerjaan atau proses pemesinan mengalami perubahan seiring adanya penemuan-penemuan yang kian pesat di era modern ini. Penemuan-penemuan baru tersebut merupakan jawaban dari tuntutan dunia industri akan produk yang berkualitas meliputi kepresisian yang tinggi, bentuk benda kerja yang kompleks serta kemampuan untuk menghasilkan produk secara masal. Salah satu penemuan baru tersebut adalah Mesin Perkakas *Milling CNC 3-Axis* yang kini penggunaannya dan pemanfaatannya semakin dibutuhkan untuk memenuhi permintaan akan produk yang memiliki kualitas yang tinggi.

Kebutuhan akan mesin perkakas CNC *3-Axis* sangat meningkat belakangan ini dengan tuntutan untuk mengerjakan bentuk *geometri* yang kompleks dan mengurangi waktu *set up* tetapi dengan biaya yang terjangkau. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka perlu dikembangkan mesin CNC *Milling* mini *3-Axis* dengan menggunakan sistem kontrol yang sederhana dimana biayanya lebih terjangkau, salah satunya adalah sistem kontrol terbuka atau *Open loop control system*. Tetapi sistem ini sangat mudah dipengaruhi oleh gangguan dari luar yang bersumber dari *controller*, *driver*, kelemahan dari sisi mekanis konstruksi mesin dan efek dari proses pemotongan sehingga mempengaruhi ketelitian gerakan. Ketidaktelitian gerakan dalam proses pemesinan di mesin CNC juga disebabkan oleh kombinasi berbagai sumber kesalahan (*error*) yang besarnya hanya dapat diketahui setelah proses pemesinan dilakukan.

## II. Diagram Alir Perancangan

Untuk mempermudah dalam perencanaan mesin mini CNC *3 axis* ini maka digunakan diagram alir (*flow chart*) yang di tunjukkan pada gambar 1 di bawah ini :



$$\mu = \tan \phi = 0.12$$

$$V : 50 \text{ mm/s}$$

Faktor koreksi pada daya rata-rata  $f_c = 1.2$  sampai 2, maka di ambil 1.2

Bahan poros ulir dan mur

Bahan SC 45 dengan tegangan tarik  $\sigma_t = 58 \text{ kg/mm}^2$

Faktor keamanan

Bahan SC,  $Sf_1 = 6$

Untuk faktor tegangan  $Sf_2 = 1.5$

Maka tegangan tarik yang diijinkan adalah

$$\sigma_s = \frac{\sigma_t}{sf_1 \times sf_2} = \frac{58}{6 \times 1.5} = 6.4 \text{ kg/mm}^2 = 62.7 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser bahan yang diijinkan

$$\tau_s = (0.5 - 0.75) \sigma_s = 0.5 \times 62.7 = 31.35 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga,

Torsi yang menggerakkan ulir penggerak adalah

$$d_c = d_o - p = 16 - 2 = 14 \text{ mm}$$

Diameter rata – rata ulir :

$$d = \frac{d_o + d_c}{2} = \frac{16 + 14}{2} = 15 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha = \frac{p}{\pi \cdot d} = \frac{2}{\pi \cdot 15} = 0.0424$$

Torsi yang dibutuhkan untuk mengatasi gesekan pada ulir :

$$T = P \times \frac{d}{2} = W \times \tan (\alpha + \phi) \frac{d}{2} = W \times \left( \frac{\tan \alpha + \tan \phi}{1 - \tan \alpha \cdot \tan \phi} \right) \frac{d}{2}$$

$$T = 28.7 \times \left( \frac{0.0424 + 0.12}{1 - 0.0424 \times 0.12} \right) \frac{15}{2} = 36.43 \text{ Nmm}$$

Tegangan tekan maksimum

$$\sigma_c = \frac{W}{Ac} = \frac{W}{\pi/4(d_c)^2} = \frac{28.7}{\pi/4(14)^2} = 0.1864 \text{ N/mm}^2 = 0.1864 \text{ MPa}$$

Maka tegangan tarik  $\sigma_c = 0.1864 \text{ N/mm}^2$  kurang dari tegangan tarik ijin  $\sigma_s = 62.7 \text{ N/mm}^2$ , berarti perancangan ini **aman**.

Jumlah ulir pada mur

$$n = \frac{\text{Tinggi/Panjang mur}}{\text{pitch}} = \frac{60}{2} = 30 \text{ ulir}$$

Tebal ulir

$$t = \frac{p}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ mm}$$

Tekanan bantalan pada baut dan mur

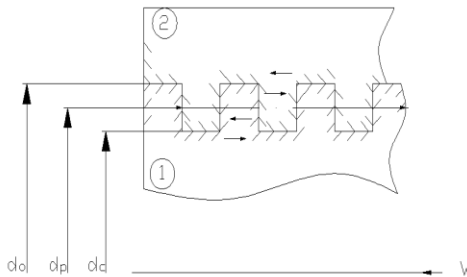
$$P_b = \frac{W}{\pi \cdot d \cdot t \cdot n} = \frac{28.7}{\pi \cdot 15.1 \cdot 1 \cdot 30} = 0.0203 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser maks di ulir

$$\tau = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot (dc)^3} = \frac{16 \cdot 36.43}{\pi \cdot (14)^3} = 0.0676 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_c)^2 + 4\tau^2} = \frac{1}{2} \sqrt{(0.1864)^2 + 4 \times 0.0676^2} = 0.115 \text{ N/mm}^2 = 0.115 \text{ MPa}$$

Maka tegangan geser  $\tau_{max} = 0.115 \text{ N/mm}^2$  kurang dari tegangan geser  $\tau_s = 31.35 \text{ N/mm}^2$ , terlihat pada gambar 3, berarti perancangan ini **aman**



Gambar 3. Tegangan geser pada ulir segi empat x

Torsi yang dibutuhkan tanpa gesekan

$$T_o = W \times \tan \alpha \cdot \frac{d}{2} = 28.7 \times 0.0424 \times \frac{15}{2} = 9.13 \text{ Nmm}$$

Efisiensi ulir

$$\eta = \frac{T_o}{T} = \frac{9.13}{36.43} = 0.25 \sim 25 \%$$

Kecepatan rotasi

$$N = \frac{60V}{P \cdot G} = \frac{60 \times 50}{2 \times 1} = 150 \text{ r/min}$$

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan ulir

$$P = T \cdot \omega = T \cdot 2\pi \cdot N/60 = 0.03643 \cdot 2\pi \cdot 150/60 = 0.57 \text{ kW}$$

Momen puntir yang terjadi

$$P_d = P \times f = 0.57 \times 1.2 = 0.684 \text{ kW}$$

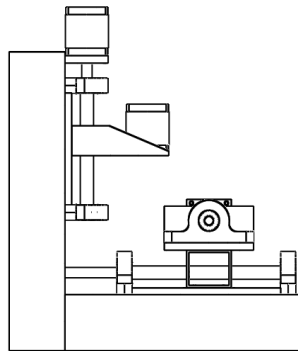
$$Mp = 9.74 \cdot 10^5 \cdot \frac{Pd}{n} = 9.74 \cdot 10^5 \cdot \frac{0.684}{150} = 4441.44 \text{ Nm}$$

Defleksi puntiran ( $\theta$ )

$$\theta = 548 \frac{Mp \cdot L}{G \cdot ds^4} = 548 \frac{4441.44 \times 50}{8.3 \times 10^3 \times 16^4} = 0.23^\circ$$

Karena defleksi puntiran  $\theta < 0.3^\circ$ , maka perancangan memenuhi syarat.

Mesin *Milling CNC* mini 3 axis tampak samping terlihat gambar 4 dengan Perhitungan Poros Sumbu Y



Gambar 4. Mesin *Milling CNC* mini 3 axis tampak samping

Dengan memandangkan dari beberapa sumber, maka didapat :

**1. Perhitungan di dasarkan pada titik tengah dari diameter poros ulir segi empat.**

Data desain :

Diameter ulir ( $d_o$ ) :  $\varnothing 16 \text{ mm}$

Beban yang di terima pada poros ulir : 57.4 N

( massa meja + massa benda )

Pitch : 2

$\mu = \tan \varnothing = 0.12$

V : 50 mm/s

Faktor koreksi pada gaya rata-rata  $f_c = 1.2$  sampai 2, maka di ambil 1.2

Bahan poros ulir dan mur

Bahan SC 45 denan tegangan tarik  $\sigma_t = 58 \text{ kg/mm}^2$

Faktor keamanan

Bahan SC,  $Sf_1 = 6$

Untuk faktor tegangan  $Sf_2 = 1.5$

Maka tegangan tarik yang diijinkan adalah

$$\sigma_s = \frac{\sigma_t}{sf_1 \times sf_2} = \frac{58}{6 \times 1.5} = 6.4 \text{ kg/mm}^2 = 62.7 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser bahan yang diijinkan

$$\tau_s = (0.5 - 0.75) \sigma_s = 0.5 \times 62.7 = 31.35 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga,

Torsi pada ulir segi empat adalah

$$dc = d_o - p = 16 - 2 = 14 \text{ mm}$$

Diameter rata – rata ulir :

$$d = \frac{d_o + dc}{2} = \frac{16 + 14}{2} = 15 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha = \frac{p}{\pi \cdot d} = \frac{2}{\pi \cdot 15} = 0.0424$$

Torsi yang dibutuhkan untuk mengatasi gesekan pada ulir :

$$\begin{aligned} T &= P \times \frac{d}{2} = W \times \tan (\alpha \times \phi) \frac{d}{2} = W \times \left( \frac{\tan \alpha + \tan \phi}{1 - \tan \alpha \cdot \tan \phi} \right) \frac{d}{2} \\ &= 57.4 \times \left( \frac{0.0424 + 0.12}{1 - 0.0424 \times 0.12} \right) \frac{15}{2} = 72.85 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Tegangan tekan maksimum

$$\sigma_c = \frac{W}{Ac} = \frac{W}{\pi/4(dc)^2} = \frac{57.4}{\pi/4(14)^2} = 0.3729 \text{ N/mm}^2 = 0.3729 \text{ MPa}$$

Maka tegangan tarik  $\sigma_c = 0.3729 \text{ N/mm}^2$  kurang dari tegangan tarik ijin  $\sigma_s = 62.7 \text{ N/mm}^2$ , berarti perancangan ini **aman**.

Jumlah ulir pada mur

$$n = \frac{\text{Tinggi/Panjang mur}}{\text{pitch}} = \frac{60}{2} = 30 \text{ ulir}$$

Tebal ulir

$$t = \frac{p}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ mm}$$

Tekanan bantalan pada baut dan mur

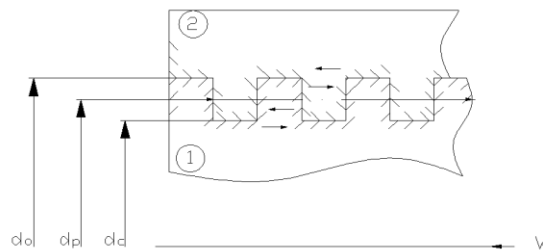
$$Pb = \frac{W}{\pi \cdot d \cdot t \cdot n} = \frac{57.4}{\pi \cdot 15 \cdot 1 \cdot 30} = 0.0406 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser maks di ulir

$$\tau = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot (dc)^3} = \frac{16 \times 72.85}{\pi \cdot (14)^3} = 0.135 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_c)^2 + 4\tau^2} = \frac{1}{2} \sqrt{(0.3729)^2 + 4 \times 0.135^2} = 0.23 \text{ N/mm}^2 = 0.23 \text{ MPa}$$

Maka tegangan geser  $\tau_{max} = 0.23 \text{ N/mm}^2$  kurang dari tegangan geser ijin  $\tau_s = 31.35 \text{ N/mm}^2$ , Tegangan geser pada ulir segi empat sumbu terlihat gambar 5 berarti perancangan ini **aman**.



Gambar 5. Tegangan geser pada ulir segi empat sumbu y

Torsi yang dibutuhkan tanpa gesekan

$$T_o = W \times \tan \alpha \cdot \frac{d}{2} = 57.4 \times 0.0424 \times \frac{15}{2} = 18.25 \text{ Nmm}$$

Efisiensi ulir

$$\eta = \frac{T_o}{T} = \frac{18.25}{72.85} = 0.25 \sim 25 \%$$

Kecepatan rotasi

$$N = \frac{60V}{P.G} = \frac{60 \times 50}{2 \times 1} = 150 \text{ r/min}$$

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan ulir

$$P = T \cdot \omega = T \cdot 2\pi \cdot N/60 = 0.07285 \cdot 2\pi \cdot 150/60 = 1.14 \text{ kW}$$

Momen puntir yang terjadi

$$Pd = P \times fc = 1.14 \times 1.2 = 1.368 \text{ kW}$$

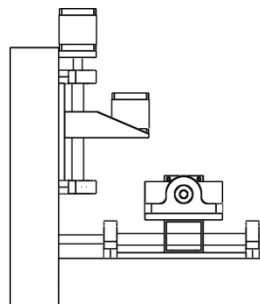
$$Mp = 9.74 \cdot 10^5 \cdot \frac{Pd}{n} = 9.74 \cdot 10^5 \cdot \frac{1.368}{50} = 8882.88 \text{ Nm}$$

Defleksi puntiran(  $\theta$  )

$$\theta = 548 \frac{Mp \cdot L}{G \cdot ds^4} = 548 \frac{8882.88 \times 35}{8.3 \times 10^3 \times 16^4} = 0.3^\circ$$

Karena defleksi puntiran  $\theta < 0.3^\circ$  , maka perancangan memenuhi syarat.

Mesin *Milling CNC* mini 3 axis tampak samping terlihat gambar Perencanaan Ulir penggerak sumbu Z



Gambar 6. Mesin *Milling CNC* mini 3 axis tampak samping

Dengan memandangkan dari beberapa sumber, maka didapat :

**1. Perhitungan di dasarkan pada titik tengah dari diameter poros ulir segi empat.**

Data desain :

Diameter ulir (  $d_o$  ) :  $\varnothing 16 \text{ mm}$

Beban yang di terima pada poros ulir ( massa meja + massa benda ) : 18 N

Pitch : 2

$\mu = \tan \phi = 0.12$

V : 50 mm/s

Faktor koreksi pada gaya rata-rata  $fc = 1.2$  sampai 2, maka di ambil 1.2

Bahan poros ulir dan mur



Bahan SC 45 dengan tegangan tarik  $\sigma_t = 58 \text{ kg/mm}^2$

Faktor keamanan

Bahan SC,  $Sf_1 = 6$

Untuk faktor tegangan  $Sf_2 = 1.5$

Maka tegangan tarik yang diijinkan adalah

$$\sigma_s = \frac{\sigma_t}{sf_1 \times sf_2} = \frac{58}{6 \times 1.5} = 6.4 \text{ kg/mm}^2 = 62.7 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser bahan yang diijinkan

$$\tau_s = (0.5 - 0.75) \sigma_s = 0.5 \times 62.7 = 31.35 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga,

Torsi pada ulir segi empat adalah

$$dc = d_o - p = 16 - 2 = 14 \text{ mm}$$

Diameter rata – rata ulir :

$$d = \frac{d_o + dc}{2} = \frac{16 + 14}{2} = 15 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha = \frac{p}{\pi \cdot d} = \frac{2}{\pi \cdot 15} = 0.0424$$

Torsi yang dibutuhkan untuk mengatasi gesekan pada ulir :

$$\begin{aligned} T &= P \times \frac{d}{2} = W \times \tan(\alpha \times \phi) \frac{d}{2} = W \times \left( \frac{\tan \alpha + \tan \phi}{1 - \tan \alpha \cdot \tan \phi} \right) \frac{d}{2} \\ &= 18 \times \left( \frac{0.0424 + 0.12}{1 - 0.0424 \times 0.12} \right) \frac{15}{2} = 22.04 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Tegangan tekan maksimum

$$\sigma_c = \frac{W}{Ac} = \frac{W}{\pi/4(dc)^2} = \frac{18}{\pi/4(14)^2} = 0.1169 \text{ N/mm}^2 = 0.1169 \text{ MPa}$$

Maka tegangan tarik  $\sigma_c = 0.1169 \text{ N/mm}^2$  kurang dari tegangan tarik ijin  $\sigma_s = 62.7 \text{ N/mm}^2$ , berarti perancangan ini **aman**.

Jumlah ulir pada mur

$$n = \frac{\text{Tinggi/Panjang mur}}{\text{pitch}} = \frac{40}{2} = 20 \text{ ulir}$$

Tebal ulir

$$t = \frac{p}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ mm}$$

Tekanan bantalan pada baut dan mur

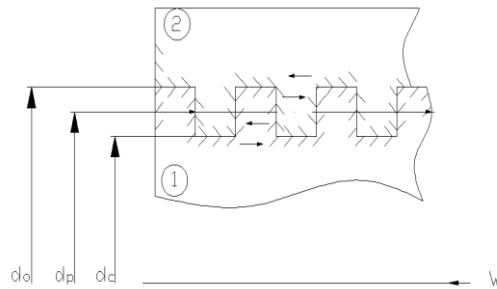
$$Pb = \frac{W}{\pi \cdot d \cdot t \cdot n} = \frac{18}{\pi \cdot 15 \cdot 1 \cdot 20} = 0.0127 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser maks di ulir

$$\tau = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot (dc)^3} = \frac{16 \times 22.04}{\pi \cdot (14)^3} = 0.041 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_c)^2 + 4\tau^2} = \frac{1}{2} \sqrt{(0.1169)^2 + 4 \times 0.041^2} = 0.124 \text{ N/mm}^2 = 0.124 \text{ MPa}$$

Maka tegangan geser  $\tau_{max} = 0.124 \text{ N/mm}^2$  kurang dari tegangan geser ijin  $\tau_s = 31.35 \text{ N/mm}^2$ , terlihat gambar 7, berarti perancangan ini **aman**.



Gambar 7. Tegangan geser pada ulir segi empat sumbu z

Torsi yang dibutuhkan tanpa gesekan

$$T_o = W \times \tan \alpha \cdot \frac{d}{2} = 18 \times 0.0424 \times \frac{15}{2} = 5.724 \text{ Nmm}$$

Efisiensi ulir

$$\eta = \frac{T_o}{T} = \frac{5.72}{22.04} = 0.26 \sim 26 \%$$

Kecepatan rotasi

$$N = \frac{60V}{P.G} = \frac{60 \times 50}{2 \times 1} = 150 \text{ r/min}$$

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan ulir

$$P = T \cdot \omega = T \cdot 2\pi \cdot N/60 = 0.02204 \times 2\pi \times 150/60 = 0.35 \text{ W}$$

Momen puntir yang terjadi

$$P_d = P \times f_c = 0.35 \times 1.2 = 0.42 \text{ kW}$$

$$M_p = 9.74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n} = 9.74 \cdot 10^5 \cdot \frac{0.42}{150} = 2727.2 \text{ Nm}$$

Defleksi puntiran ( $\theta$ )

$$\theta = 548 \frac{M_p \cdot L}{G \cdot d_s^4} = 548 \frac{2727.2 \times 35}{8.3 \times 10^3 \times 16^4} = 0.01^\circ$$

Karena defleksi puntiran  $\theta < 0.3^\circ$ , maka perancangan memenuhi syarat.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat di ambil dari Rancang bangun mini *milling* CNC mini 3 axis ( perancangan sumbu X,Y, dan Z ) ini adalah.

1. Mesin ini nantinya akan di gunakan sebagai *prototype* pembelajaran cara kerja, pemograman mesin *CNC Milling 3 Axis*
2. Sumbu X,Y,Z pada mesin mini *CNC Milling 3 Axis* akan di pengaruhi beban pada saat mesin bekerja. Dan akan di tanggung oleh kekuatan poros pada saat akselerasi . dengan hasil perhitungan

Sumbu X

Tegangan tarik  $\sigma_c = 0.1864 N/mm^2$  kurang dari tegangan tarik ijin  $\sigma_s = 62.7 N/mm^2$ , berarti **aman**. Tegangan geser  $\tau_{max} = 0.115 N/mm^2$  kurang dari tegangan geser ijin  $\tau_s = 31.35 N/mm^2$ , berarti **aman**

Sumbu Y

Tegangan tarik  $\sigma_c = 0.3729 N/mm^2$  kurang dari tegangan tarik ijin  $\sigma_s = 62.7 N/mm^2$ , berarti **aman**. Tegangan geser  $\tau_{max} = 0.23 N/mm^2$  kurang dari tegangan geser ijin  $\tau_s = 31.35 N/mm^2$ , berarti **aman**

Sumbu Z

Tegangan tarik  $\sigma_c = 0.1169 N/mm^2$  kurang dari tegangan tarik ijin  $\sigma_s = 62.7 N/mm^2$ , berarti **aman**. Tegangan geser  $\tau_{max} = 0.124 N/mm^2$  kurang dari tegangan geser ijin  $\tau_s = 31.35 N/mm^2$ , berarti **aman**

Dari data di atas menunjukkan bahwa perancangna sumbu X,Y, dan Z dapat di nyatakan **aman dan layak**,

Sedangkan torsi poros dan defleksi puntiran pada poros ulir dari semua sumbu , dengan mengaplikasikan bebrapa rumus,dan referensi lain dapat di nyatakan **aman dan layak**

Defleksi puntran  $\theta < 0.3^\circ$  , maka perancangan memenuhi syarat.

## B. SARAN

Setelah perancangan mesin milling CNC mini 3 axis dengan sub judul perhitungan mekanik sumbu X, Y, dan Z dibuat, maka kedepannya diharapkan ada tindak lanjut untuk membahas lebih detail lagi mengenai struktur material dari tiap bagian, dimana fungsi dari struktur material itu sendiri adalah kita dapat mengetahui kekuatan-kekuatan material dalam membuat atau merancang sebuah mesin sehingga dapat memenuhi *safety factor* secara keseluruhan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya Ucapkan Kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pamulang kampus Serang, rekan-rekan dosen dan mahasiswa yang telah membantu dan serta Tim peneliti dari Teknik Mesin dan Semua Pihak yang sudah berperan aktif dan sudah berkontribusi dan mendukung baik scara moral ataupun material

### DAFTAR PUSTAKA

- Awali, Jatmoko, and Asroni Asroni. "Analisa kegagalan poros dengan pendekatan metode elemen hingga." *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin* 2.2 (2013).
- Bramerdorfer, Gerd, et al. "Modern electrical machine design optimization: Techniques, trends, and best practices." *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 65.10 (2018): 7672-7684.
- Chen, Liheng, et al. "Tailoring the yield and characteristics of wood cellulose nanocrystals (CNC) using concentrated acid hydrolysis." *Cellulose* 22 (2015): 1753-1762.
- Djumhariyanto, Dwi. "Analisa Tegangan Poros Roda Mobil Listrik Dengan Metode Elemen Hingga." *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin* 1.1 (2016).
- Furqon, Gusti Rusydi, and Muhammad Firman. "Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda." *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 1.1 (2016).
- Faizal, Errie Tria, Arif Winarno, and Muhammad Riyadi. "Analisa Teknis Pengaruh Panjang Poros Yang Berbeda Terhadap Thrust Pada Kapal Nelayan Di Lamongan." *Prosiding Seminakel* (2019): 90-98.
- Khurmi, R. S., and J. K. Gupta. *A textbook of machine design*. S. Chand publishing, 2005.
- Mahmudi, Haris. "Analisa Perhitungan Pulley dan V-Belt Pada Sistem Transmisi Mesin Pencacah." *Jurnal Mesin Nusantara* 4.1 (2021): 40-46.
- Motohashi, Hozumi, et al. "Integration and diversity of the regulatory network composed of Maf and CNC families of transcription factors." *Gene* 294.1-2 (2002): 1-12.
- Rosa, Firlyya. "Perhitungan Diameter Poros Penunjang Hub Pada Mobil Listrik Tarsius X3 Berdasarkan Analisa Tegangan Geser Dan Faktor Keamanan." *Machine: Jurnal Teknik Mesin* 3.2 (2017): 30-34.
- Xu, Xun William, and Stephen T. Newman. "Making CNC machine tools more open, interoperable and intelligent—a review of the technologies." *Computers in Industry* 57.2 (2006): 141-152.