

**RANCANG BANGUN MESIN MILLING CNC MINI 3 AXIS
PERHITUNGAN KOMPONEN ELEKTRIK, WIRING DAN KOMPONEN
SPINDLE**

**DESIGN AND CONSTRUCTION MINI 3 AXIS CNC MILLING MACHINE
CALCULATION OF ELECTRICAL COMPONENTS, WIRING AND SPINDLE
COMPONENTS**

**¹Wahid Hasim, ²Jamam Rizqi Robbi, ³Juanly Morten Purba, ⁴Adi Ramadhani
⁵Ahmad Lutfi**

^{1,2,3}Teknik Mesin,Fakultas Teknik, Universitas Pamulang Serang Kota Serang
Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183
Email : dosen03029@unpam.ac.id

ABSTRAK

Rancang bangun yang akan di lakukan bertujuan untuk merancang dan membuat sebuah mesin CNC mini 3-axis yang biasa di sebut mesin *CNC milling*. Karena begitu kompleksnya dalam merancang sebuah mesin CNC, maka pada proses perancangan di bagi menjadi 4 bagian (*section*). Di mana pada bagian ini hanya membahas masalah kelistrikan (*electric*). Perhitungan komponen kelistrikan yang tepat dapat membuat sebuah rancangan mesin menjadi efisien dan aman. Efisien di sini berarti tidak membuat sebuah rancangan yang berlebihan (*overspec*) dari spesifikasi awal yang berujung pada pemborosan biaya dan aman yang berarti semua komponen yang ada sudah memenuhi standard minimal yang di perlukan sehingga ketahanan dan kemanan mesin dapat maksimal.

Kata Kunci : *Prototype CNC milling mini 3 axis, Spindle, Electric motor.*

ABSTRACT

*The design that will be carried out aims to design and manufacture a 3-axis mini CNC machine commonly called a CNC milling machine. Because it is so complex in designing a CNC machine, the design process is divided into 4 sections. Where in this section only discusses electrical problems. Calculation of the right electrical components can make a machine design efficient and safe. Efficient here means not making a design that is excessive (*overspec*) from the initial specifications which leads to waste of money and safe which means that all existing components meet the minimum standards needed so that the durability and safety of the machine can be maximized.*

Keywords : *Prototype CNC milling mini 3 axis, Spindle, Electric motor.*

I. PENDAHULUAN

Teknologi penggerjaan atau proses pemesinan mengalami perubahan seirama 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 kepresision 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 penggunaan dan pemanfaatanya 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.

Perkembangan teknologi manufaktur telah memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi dan efektivitas proses produksi. Salah satu teknologi yang telah berperan penting dalam industri manufaktur modern adalah CNC (Computer Numerical Control). CNC memungkinkan pengendalian mesin produksi melalui program komputer, sehingga menghasilkan produk dengan tingkat presisi yang tinggi. Mesin-mesin CNC seperti milling, lathe, dan router telah digunakan secara luas di berbagai industri, mulai dari otomotif, penerbangan, hingga pembuatan peralatan medis. Di antara jenis-jenis mesin CNC yang ada, mesin milling CNC menjadi salah satu mesin yang sangat populer karena kemampuannya untuk mengerjakan berbagai material dengan ketelitian yang sangat baik. Namun, penggunaan mesin milling CNC berskala besar sering kali terbatas pada industri besar, karena harga dan ukuran mesin yang relatif tinggi. Mesin milling CNC mini 3 axis dirancang untuk memiliki kemampuan menggerakkan alat potong secara otomatis pada tiga sumbu (X, Y, dan Z), yang memungkinkan penggeraan komponen-komponen dengan bentuk yang kompleks. Salah satu aspek yang paling krusial dalam perancangan mesin ini adalah sistem elektrik yang menggerakkan komponen-komponen tersebut. Komponen elektrik, seperti motor stepper, driver motor, kontroler, power supply, dan sensor, memainkan peran penting dalam menjamin keakuratan, stabilitas, dan keandalan mesin CNC mini. Dengan demikian, pemilihan dan perhitungan komponen elektrik yang tepat menjadi kunci dalam menentukan performa akhir dari mesin ini. 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*. Pemilihan motor stepper yang memiliki torsi yang cukup, misalnya, sangat penting untuk memastikan gerakan alat potong yang presisi sesuai dengan perintah program CNC. Selain itu, driver motor harus memiliki kemampuan untuk mengendalikan kecepatan dan arah motor secara akurat. Kontroler CNC juga harus mampu mengintegrasikan berbagai input dari sensor posisi dan kecepatan, sehingga mesin dapat beroperasi sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Pemilihan power supply yang tepat juga krusial untuk memastikan semua komponen elektrik mendapatkan daya yang memadai tanpa terjadi overvoltage atau undervoltage, yang dapat merusak komponen atau mengganggu operasional mesin. 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. METODE PELAKSANAAN

Dalam penyusunan penelitian ini menggunakan beberapa langkah pendekatan dalam usaha untuk mendapatkan data yang diperlukan sehingga memperoleh hasil yang optimal.

1. Metode Pustaka

Adalah melakukan pengumpulan data-data teori yang didapat dari membaca buku ataupun mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan literature yang diambil.

2. Metode Riset Lapangan

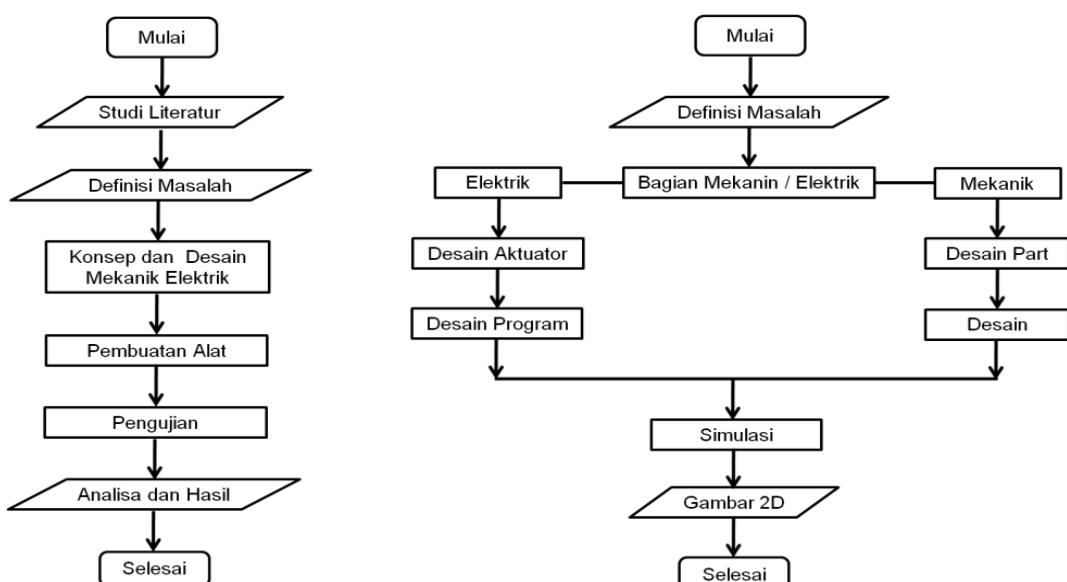
Riset lapangan yaitu metode mencari data dengan melakukan percobaan dan riset langsung pada mesin CNC milling

3. Metode Tanya Jawab

Tanya jawab yaitu melakukan tanya jawab kepada beberapa dosen, para rekan-rekan mahasiswa dan orang-orang yang bersangkutan dengan alat tersebut.

2.1 Diagram Alir Perancangan

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



Gambar 1. Diagram alir perancangan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengenalan Mesin CNC

Mesin perkakas dengan system CNC (*Computer Numerically Control*) adalah sebuah mesin perkakas yang gerakannya di control oleh kode *numeric* yang di buat dengan bantuan computer. Mesin ini tercipta setelah di kembangkannya *software* desain 2D CAD yang mampu mengatasi kelemahan dari hasil gambar kerja yang di buat manual dengan tangan. Sehingga kombinasi dari hasil drawing 2D CAD dengan Mesin CNC menciptakan sebuah system yang lebih efisien. Awal lahirnya mesin CNC (*Computer Numerically Controlled*) bermula dari 1952 yang dikembangkan oleh John Pearson dari Institut Teknologi Massachusetts, atas nama Angkatan Udara Amerika Serikat. Semula proyek tersebut diperuntukkan untuk membuat benda kerja khusus yang rumit. Semula perangkat mesin CNC memerlukan biaya yang tinggi dan volume unit pengendali yang besar. Pada tahun 1973, mesin CNC masih sangat mahal sehingga masih sedikit perusahaan yang mempunyai keberanian dalam mempelopori investasi dalam teknologi ini. Dari tahun 1975, produksi mesin CNC mulai berkembang pesat. Perkembangan ini dipacu oleh perkembangan *microprosesor*, sehingga volume unit pengendali dapat lebih ringkas. Ada beberapa cara untuk menyatakan kekasaran permukaan. Terutama sekali "penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil" dipergunakan, sesuai perkembangan alat ukur, dan persyaratan rencana. Dibeberapa Negara dipakai "sepuluh titik ketinggian Rz dari ketidakrataan "atau" ketinggian maksimum Rmax dari ketidakrataan" secara konvensional.

3.2 Komponen elektronik

Pada mesin CNC membutuhkan beberapa komponen elektronik sebagai sumber perintah gerak dan sumber tenaga penggerak awal.

1. Power Supply

Power supply adalah perangkat yang berfungsi sebagai penyedia arus listrik sesuai dengan kebutuhan setiap komponen mesin. Cara kerja dari *power supply* adalah mengubah tegangan 220 volt AC dari listrik PLN menjadi tegangan rendah DC.

2. Break Out Board

Break Out Board (BOB) adalah sebuah *electronic kit* yang berfungsi menghubungkan sinyal data dari komputer dengan *peripheral input* maupun *output*. BOB merupakan komponen utama yang digunakan untuk merakit mesin

cnc, menghubungkan sinyal data dari komputer menuju *driver atau relay*, serta menghubungkan sinyal *input* dr luar untuk bisa dibaca komputer.

3. Motor Stepper Driver

Motor stepper driver adalah sebuah *electronic kit* sebagai pengendali dan penyuplai arus listrik untuk motor stepper.

Karena motor stepper membutuhkan arus listrik yang cukup besar sehingga membutuhkan bantuan kontrol dari *Driver*.

4. Limit Switch

Limit switch adalah sebuah *switch* yang akan berubah kondisinya ketika ada perubahan mekanik. Di dalam mesin CNC limit switch berfungsi sebagai pengaman dan pembatas gerakan

5. Push Button

Push Button merupakan sebuah saklar *manual* berfungsi untuk mengubah menghubungkan atau memutuskan suatu rangkaian listrik selama tombol tersebut di tekan dan ke kondisi normal saat tidak di tekan.

3.3 Perangkat Actuator

Perangkat Actuator adalah komponen-komponen *output* yang berfungsi mengubah kode-kode *numeric* dari *software* menjadi sebuah gerakan mekanik.

1. Motor Stepper

Motor Stepper adalah sebuah motor elektrik DC tanpa sikat (*Komutator*) dengan satu putaran di bagi-bagi menjadi beberapa langkah atau bisa diartikan motor listrik yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa *digital*, bukan dengan memberikan tegangan yang terus-menerus.

2. Motor Servo

Motor Servo adalah sebuah *motor actuator* gerakan putar yang memungkinkan pengontrolan percepatan dan kecepatan (rpm) dengan presisi.

3. Relay

Relay atau saklar elektronik adalah saklar yang di gerakkan oleh suatu sumber tegangan.

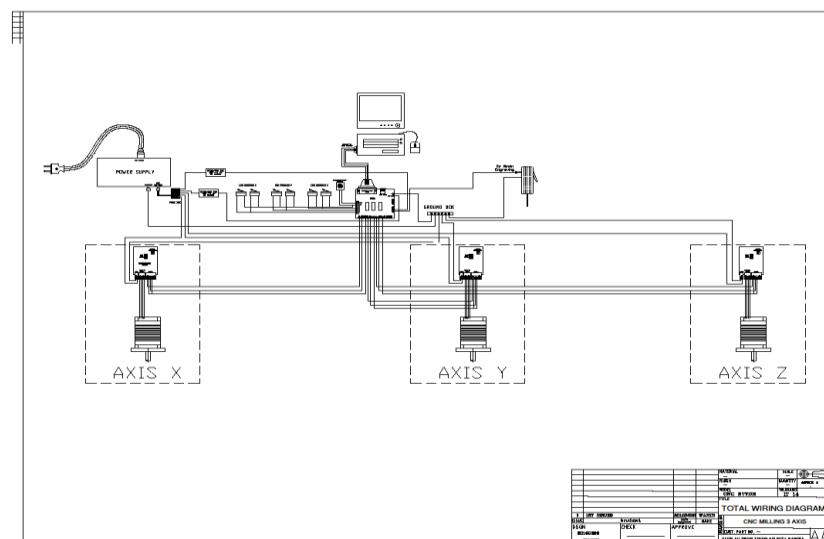
4. Solenoid

Solenoid adalah perangkat untuk mengubah sinyal listrik atau arus listrik menjadi gerakan *linear*.

3.4 Perancangan Skema (*Wiring Diagram*)

Dalam sebuah rancangan mekanik yang di gerakkan oleh motor listrik, selalu di butuhkan skema (*wiring diagram*) agar tidak kesulitan saat merakit semua komponen. *Wiring diagram* harus memiliki beberapa sifat :

1. Harus di pastikan tiap-tiap terminal komponen terhubung dengan terminal komponen yang lainnya dengan benar.
2. *Wiring Diagram* harus di buat sesederhana mungkin sehingga memudahkan dalam merakit dan memperbaiki setiap ada kerusakan.
3. *Wiring Diagram* se bisa mungkin menggunakan sedikit kabel / wire agar terlihat rapi dan menekan biaya pembuatan mesin. Berikut ini gambar rangkaian skema untuk mesin CNC mini 3-axis :



Gambar 2. Rangkaian Skema mesin CNC mini 3 axis

3.5 Perhitungan Electrical

Perhitungan elektrikal dalam hal ini berarti perancangan pemakaian tebal kabel, Kebutuhan penggunaan *power supply* dan menentukan penggunaan sekring (*fuse*). Rumus perhitungan rugi arus pada penghantar, berikut

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Dimana : R = Hambatan kawat

ρ = Hambatan jenis (Ω / meter)

l = Panjang kawat (m)

A = Luas penampang (m^2)

- a) Menentukan kebutuhan *power supply*

Kebutuhan power supply dapat diketahui dengan menjumlahkan daya setiap komponen yang akan di supply dan ditambahkan dengan rugi tegangan pada penghantar.

- b) Menentukan ukuran penghantar minimal

Besarnya arus yang mengalir dalam kabel harus dipastikan di bawah kapasitas maksimal arus yang mampu ditangani oleh kabel. Standard dalam ukuran kabel dikenal dengan sebutan AWG (*American Wire Gauge*).

Tabel 1. Konversi ukuran kabel AWG ke mm

American Wire Gauge (AWG)	Diameter (inches)	Diameter (mm)	Cross Sectional Area (mm ²)
12	0.0808	2.05	3.31
13	0.072	1.83	2.63
14	0.0641	1.63	2.08
15	0.0571	1.45	1.65
16	0.0508	1.29	1.31
17	0.0453	1.15	1.04
18	0.0403	1.02	0.82
19	0.0359	0.91	0.65
20	0.032	0.81	0.52
21	0.0285	0.72	0.41
22	0.0254	0.65	0.33
23	0.0226	0.57	0.26
24	0.0201	0.51	0.2
25	0.0179	0.45	0.16
26	0.0159	0.4	0.13

Setelah itu kita mencari diameter minimal penampang konduktor dengan menghitung menggunakan rumus :

$$Q = \frac{L.N}{y.ev.E} \dots \quad (2.2.c : \text{Rugi tegangan}, \text{hal} : 35)$$

Dimana : Q = Penampang Kabel dalam mm²

L = Panjang kabel dalam Meter

N = Daya dalam watt

Y = Daya hantar jenis (Cu = 56Ω/mm²)

Ev = Rugi tegangan dalam volt (5% dari tegangan)

E = Tegangan dalam Volt

- c) Menentukan Kapasitas Sekring (Fuse) Sekring akan memutuskan arus apabila arus yang melewatinya untuk itu harus dihitung arus maksimal yang mengalir

ke masing-masing komponen yang berjumlah 5 buah, yaitu dengan persamaan $Fuse Break Point (Ampere) = 1,32 \times rated current (Ampere)$ melebihi arus yang di ijinkan dari spesifikasi sekering tersebut.

3.6 Perhitungan Mekanik (*Machining*)

Dalam setiap pembuatan program di Mesin CNC, yang perlu di ketahui sebelumnya adalah :

1. Jenis bahan yang akan di proses
Logam Baja Karbon Rendah. (Low Carbon Steel) ST42
2. Jenis dan bahan alat potong
End Mill, Coated Carbide (Karbida) ISO P20
3. Coolant (Pendingin) yang di gunakan

Coolant menggunakan Bromus yang di campur dengan air dengan perbandingan bromus dengan air (1:20). Setelah semua kondisi material sudah di ketahui kemudian di lanjutkan dengan menghitung parameter Pemesinan (*Machining*) agar di peroleh hasil yang optimal antara kualitas hasil dengan waktu yang di butuhkan.

Adapun parameter proses yang harus di hitung adalah :

- a) *Cutting Speed* dapat di tentukan dari perhitungan kemampuan *motor stepper* yang akan di pakai untuk menggerakkan ulir eretan, adapun motor penggerak eretan menggunakan *motor stepper* NEMA23 dengan kemampuan 36 watt. *Torsi* yang di butuhkan di ketahui dari perhitungan berdasarkan titik tengah dari diameter poros *ulir*.Dengan demikian kemampuan maksimal motor penggerak eretan bisa di hitung dengan :

$$P = T \cdot \omega = T \cdot 2\pi \cdot N / 60$$

Di mana : P = Kebutuhan Daya (kW)

T = *Torsi* yang di butuhkan (N-mm)

N = Putaran poros ulir (rpm)

Dengan menggunakan rumus di atas di ketahui putaran maksimal yang dapat di lakukan oleh motor.

$$P = T \cdot 2\pi \cdot N / 60 = 35,8 = 0,07285 \cdot 2\pi \cdot 4,7 / 60$$

Kemampuan maksimal putaran motor 4,7 rpm

Jadi, kecepatan pemakanan maksimal mesin :

$$vf = \frac{n}{60} \cdot pitch$$

Di mana : vf = Kecepatan meja (mm/second)

N = Putaran ulir (rpm)

Pitch = Jarak antar puncak ulir (mm)

$$vf = \frac{4,7}{60} \cdot 2 = 0.156 \text{ mm/second}$$

Jadi cutting speed 0.156 mm/second atau 9,36 mm/minutes

b) **Menghitung Panjang Pemakanan per gigi**

Panjang pemakanan per sayatan adalah panjang atau dalamnya sayatan atau pemakanan setiap gigi pahat.

Dapat di hitung dengan menggunakan rumus :

$$FZ = \frac{vf}{z \cdot n} (\text{mm/tooth})$$

Dimana : FZ = Feed per Tooth

z = Insert Number 4 pieces

vf = Table Feed 9,36 mm per Minutes

n = Spindle Speed 600 rpm

Kemudian masukkan nilai-nilai ke rumus :

$$FZ = \frac{9,36}{4.600} = 0,0039 \text{ mm/tooth}$$

Jadi panjang pemakanan setiap gigi adalah 0,0039 mm

c) **Kecepatan Penghasilan Beram**

Kecepatan penghasilan beram adalah banyaknya volume beram yang dihasilkan dari proses penyayatan benda kerja oleh pisau milling. Dapat diketahui dengan rumus :

$$Z = \frac{v_f \cdot a \cdot w}{1000} (\text{cm}^3/\text{menit})$$

Dimana : Z = Volume Beram (cm³/menit)

v_f = Table Feed (mm/min)

a = Kedalaman Potong (mm)

w = Lebar Pemotongan (mm)

Kemudian masukkan nilai-nilai ke rumus :

$$Z = \frac{v_f \cdot a \cdot w}{1000} (\text{cm}^3/\text{menit}) = \frac{9,36 \cdot 0,25}{1000} = 0,01 \text{ cm}^3/\text{menit}$$

Jadi mesin menghasilkan beram dengan kecepatan 0,01 cm³/menit.

d) **Menghitung Power Motor Mesin**

Power motor pada saat proses milling dapat di hitung dengan menggunakan rumus

$$P_{mot} = \frac{Zie \times b \times hm^{-1} \times ks1.1 \times v}{\eta \times 6120}$$

Dimana : Zie = Jumlah gigi yang memotong pada benda kerja pada waktu yang sama, Diketahui dengan menggunakan rumus

$$Zie = \frac{z \times \varphi s}{360^\circ} A = \pi r^2$$

Dimana : Z = Jumlah gigi pada cutter

Φ_s = Besarnya sudut dari cutter yang bersinggungan dengan benda kerja.

$$Zie = \frac{4 \times 75^\circ}{360^\circ} = 0.833$$

η = Kita anggap efisiensi mesin 70% = 0.7

b = Tinggi cutter yang bersinggungan dengan benda kerja

Diketahui dengan menggunakan rumus :

$$b = \frac{a}{\sin K}$$

Dimana : a = *Depth of Cut*, mm

K = Besarnya sudut potong pada cutter, derajat.

$$b = \frac{0.2}{\sin 75^\circ} = \frac{0.2}{0.97} = 0.21$$

Hm^{1-z} = Tebal chip rata-rata terhadap jenis material dalam mm. Dihitung menggunakan rumus :

$$hm = \frac{114.6^\circ}{\varphi s} \times Sz \times \sin K \times \frac{e}{Ds}$$

Dimana : $\varphi s = 75^\circ$

Sz = Feeding setiap gigi = 0.0039

e = Lebar benda kerja, mm

Ds = Diameter Cutter

1-Z = Spesific Cutting exponent, dapat dilihat pada tabel, untuk material ST42 = 135.

Tabel 2. Spesific cutting force :

No.	Material		Strenght KP/mm ²	Ks 1.1 KP/mm ²	1 - Z
	DIN	SAE/AISI			
1	St 42	1025	42	135	0,79
2	St 50	1030	52	139	0,81
3	St. 60	1040	62	144	0,87
4	St. 70	1050	72	150	0,79
5	Ck 45	1045	67	147	0,88
6	Ck 60	1060	77	143	0,86
7	16 Mn Cr 5	-	77	144	0,81
8	18 Cr Ni 6	3230	63	145	0,74
9	42 Cr Mo 4	4140	73	155	0,8
10	34 Cr Mo 4	4125	60	148	0,84
11	50 Cr V 4	6150	60	147	0,8
12	55 NiCrMoV 6	-	94	129	0,82
13	15 Cr Mo 5 (EC Mo 8)	4110	59	150	0,86
14	G S - 52	Cast 1030	52	180	0,82
15	Hard Casting	-	155	190	0,81
16	Mechanit A	-	36	120	0,74
17	Gray Cast Iron GG 25	G3000	-	76	0,66
18	Brass MS 58 F 51	-	50	50	0,66
19	Light Metal G - A1 Mg	-	16	25	0,66
20	Light Metal	-	20	30	0,66

Setelah parameter yang di butuhkan sudah di ketahui maka selanjutnya di masukkan ke rumus awal :

$$P_{mot} = \frac{Zie \times b \times hm^{-1} \times ks1.1 \times v}{\eta \times 6120} = \frac{0.833 \times 0.206 \times 0.21 \times 135 \times 9.36}{0.7 \times 6120}$$

$$P_{mot} = 0.006 \text{ kW}$$

Jadi power motor minimal yang di butuhkan adalah sebesar 0.006kW atau 6watt.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan messin CNC kit 3-axis ini, dapat di ketahui karakteristik mesin yang akan di buat yaitu :

1. Mesin CNC kit belum bisa untuk kontrol putaran spindle utama secara program, jadi harus di atur manual oleh operator.
2. Dengan menggunakan motor stepper Nema32 dan ulir penggerak M16, di ketahui maksimum *cutting speed* = 0.156 mm/second atau 9,36 mm/minutes

B. SARAN

1. Jadi untuk meningkatkan kemampuan pemakanan agar menghemat waktu harus di pertimbangkan untuk mengganti komponen dengan daya yang lebih besar.
2. Untuk meningkatkan kemampuan mesin dalam mengontrol putaran spindle, bisa di kembangkan dengan menggunakan bantuan kontrol PLC lebih lanjut.

3. Untuk menambah umur mesin, di harapkan untuk tidak menggunakan mesin pada kapasitas maksimal terlalu lama, sehingga membuat motor menjadi panas
4. Penambahan amperemeter untuk memantau beban pada setiap motor listrik.

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

- Asmara, Rangga, and Khamimah Khamimah. "Keterancaman leksikon dan kearifan lokal dalam perkakas pertanian tradisional Jawa." *Transformatika: Jurnal Bahasa, Sastra, Dan Pengajarannya* 3.1 (2019): 1-11.
- Choirony, Iklil Vurqon, et al. "Rancang Bangun Acrylic Engraver and Cutting Machine Menggunakan CNC Milling 3 Axis Berbasis Mikrokontroler." *Elektrika* 13.1 (2021): 13-21.
- Hasibuan, Muhammad Rizki Aulia, Muhammin Muhammin, and Suprihardi Suprihardi. "Rancang Bangun Mesin CNC Milling 3-Axis Untuk Anggrave Pcb Berbasis Arduino Uno." *Jurnal Tektro* 3.1 (2019).
- Himawan, Wahyu. "Konsep Desain produk display untuk penyajian alat perkakas di swalayan Arga Bangunan." *Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan dan Infrastruktur*. Vol. 1. No. 1. 2019.
- Irawan, Ari, and Chatarina Febriyanti. "Penggunaan Kearifan Budaya Lokal Berbasis Etnomatematika sebagai Pengembangan Media Pembelajaran bagi Guru Sekolah Dasar." *Jurnal PkM (Pengabdian Kepada Masyarakat)* 3.4 (2020): 312-317.
- Kurniawan, Eddy, Syaifurrahman Syaifurrahman, and Bong Jekky. "Rancang Bangun Mesin CNC Lathe Mini 2 Axis." *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material* 4.2 (2020): 83-90.
- Pramono, Gatot Eka, et al. "Rancang Bangun CNC Mini Router 3 Axis untuk Keperluan Praktikum CAD/CAM." *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 1.1 (2015): 6-14.
- Ridwan, Muhammad, et al. "Rancang Bangun dan Penambahan Fungsi Lathe Pada Mesin CNC Router 3 Axis." *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE)* 4.2 (2022): 26-30.
- Saifuddin, Saifuddin, and Lukman Lukman. "Aplikasi dapur pemanas bagi pengrajin pandai besi untuk meningkatkan kualitas produk alat-alat perkakas Pertanian." *Jurnal Polimesin* 14.2 (2016): 19-22.
- Salam, Abdul, et al. "Rancang Bangun Mesin CNC Router Mini Untuk Pembelajaran Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin." *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*. Vol. 4. No. 1. 2019.
- Sukmajaya, Mukhlis. *Rancang bangun cnc mini router 3 axis berbasis mikrokontroler arduino*. Diss. Universitas Bangka Belitung, 2019.