

# Retrofit Motor Stepper Mesin CNC 3 Axis UIKA Prototype 3

Gatot Eka Pramono<sup>1</sup>, Etim Supriatma<sup>1</sup>, Setya Permana Sutisna<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin,

Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor

Corresponding author: [gatot@uika-bogor.ac.id](mailto:gatot@uika-bogor.ac.id)

**Abstrak:** Retrofit motor stepper mesin CNC 3 axis prototype 3 bertujuan untuk optimalisasikan mesin CNC yang ada di UIKA yang awalnya hanya dipakai untuk benda kerja dari kayu, karena pada eretan sumbu x, y dan z apabila dipakai benda kerja dari aluminium tidak mampu untuk memotong benda kerja tersebut. Sehingga saya ingin mengoptimalkan mesin CNC dengan cara mengganti motor stepper pada sumbu x, y, dan z, ke torsi yang lebih besar, data motor stepper lama yaitu holding torque motor 1,1 Nm, torsi 3 Nm dan tekanan geser pada eretan  $134\text{N/mm}^2$  atau 134 MPa. sedangkan untuk shear strength bahan aluminium untuk benda kerja type AA7075 adalah 150 MPa, sedangkan untuk tingkat kekerasan kayu adalah  $>65$  MPa, jadi dapat disimpulkan dengan motor yang lama hanya bisa digunakan untuk benda kerja dari bahan kayu, dan diganti dengan motor stepper yang baru dengan yaitu holding torque 2,3 Nm, torsi motor 6,09 Nm dan tekanan geser pada eretan  $229,8\text{N/mm}^2$  atau 229,8 MPa, shear strength bahan aluminium type AA7075 adalah 150 MPa, dapat disimpulkan motor stepper baru bisa memotong bahan aluminium terbukti bahwa hasil perhitungan tekanan geser motor pada eretan yaitu  $229,8\text{N/mm}^2 >$  shear strength bahan aluminium (150 MPa).

Kata kunci: CNC, torsi, Motor Stepper

## 1. PENDAHULUAN

Proses *milling* adalah proses yang menghasilkan *chips* (beram). *Milling* menghasilkan permukaan yang datar atau berbentuk profil pada ukuran yang ditentukan dan kehalusan permukaan yang ditentukan. Secara definitif kerja mesin *milling* adalah suatu penyayatan benda kerja yang dilakukan pada mesin *milling* dengan menggunakan alat potong yang berputar. Pada rancang bangun mesin *CNC milling* ini penelitian difokuskan pada kinerja mesin *CNC milling*.

Pada mesin *CNC Milling* salah satu bagian utama yang sangat penting adalah motor penggerak, dimana motor penggerak ini menggerakkan *tool* untuk memotong benda kerja sampai benda kerja tersebut bisa dikerjakan sampai selesai. Pada motor *CNC milling* mempunyai empat motor penggerak, diantaranya yaitu:

### 1. Motor utama

motor utama adalah penggerak utama yang menggerakkan *spindle* sebagaiudukan *tool* untuk memotong benda kerja.

### 2. Motor stepper sumbu x

Motor ini digunakan untuk menggerakkan eretan pada sumbu x atau arah memanjang.

### 3. Motor stepper sumbu y

Motor ini digunakan untuk menggerakkan eretan sumbu y atau arah melintang.

### 4. Motor stepper sumbu z

Motor ini digunakan untuk menggerakkan eretan sumbu z atau arah vertikal (naik turun *spindle*)

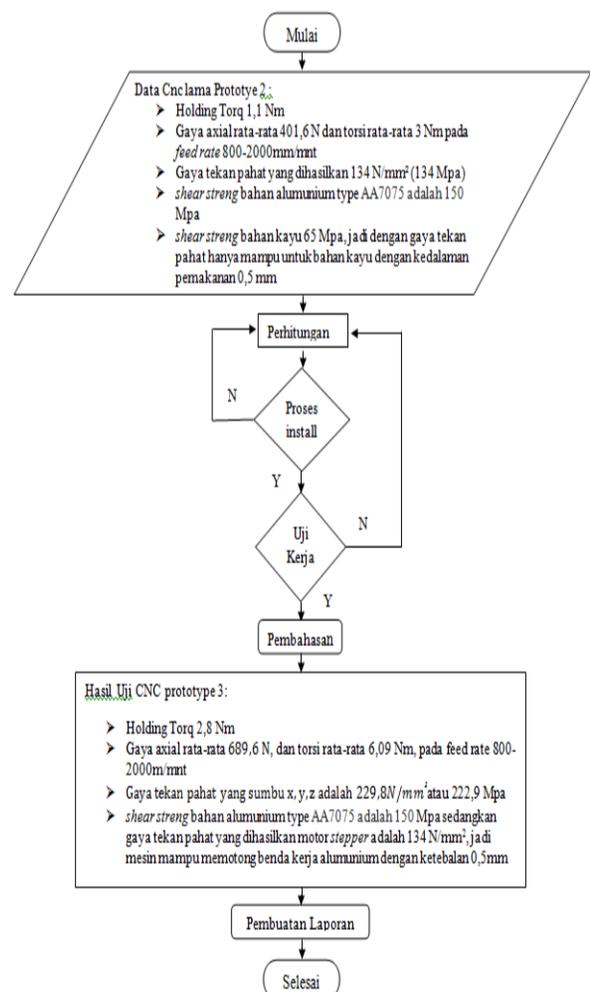
Pada kesempatan ini penulis akan improve mesin *CNC milling* 3 axis yang ada di laboratorium Teknik UIKA dengan mengganti motor stepper sumbu x, y, dan z, dengan torsi yang lebih besar dari 1,3 Nm ke 2,3 Nm, dikarenakan pada saat pemotongan dengan memakai benda kerja aluminium motor stepper tidak kuat, yang sebelumnya mesin hanya digunakan untuk benda kerja dari kayu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan gaya dan beban maksimal dan

meningkatkan performa / kinerja dari mesin CNC UIKA prototype 3.

## 2. METODOLOGI

Metodologi pada penelitian ini seperti pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Gambaran Subject Penelitian

Mesin mini CNC milling 3 Axis tipe gantry yang telah di buat dari beberapa bagian yang masing-masing mempunyai fungsi dan peran yang berbeda-beda, yang di tandai berikut adalah subject penelitian yang dikaji. Soft ware yang digunakan untuk mesin cnc ini Mach3.

#### a. Dasar Perhitungan Pergantian Motor Stepper CNC

##### Perhitungan Gaya Axial Pada Ball Screw

Uji kinerja motor stepper dilakukan dengan menggunakan feedrate yang bervariasi dari 200mm/mm sampai 2000mm/menit untuk mencari beban yang terjadi pada motor stepper. Gaya axial maksimal beban 50 kgf atau 490 N . Setelah didapat beban yang terjadi pada ball screw maka dapat ditentukan torsi motor dari setiap beban. Hasil pengujian motor stepper lama torsi dan gaya axial dapat di lihat dari table dibawah ini :

Tabel 1 Hasil pengujian torsi motor yang lama

Gaya Axial (N)	Feedrate (mm/min)	Torsi Motor (Nm)
513	800	4.2
461	1000	3.87
432	1200	3.62
400.2	1400	3.36
372.4	1600	3.12
342.6	1800	2.87
313.2	2000	2.63

Diketahui data motor stepper yang lama

$$V = 36 \text{ volt}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

Maka daya motor dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = V.I \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.2c})$$

$$P = 36.2$$

$$P = 72 \text{ Watt}$$

#### Torsi motor:

$$T = \frac{P.60}{2\pi.n} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.2b})$$

Dimana:

$$T = \text{Torsi [N.m]}$$

$$P = \text{Daya kerja motor [W]}$$

$$n = \text{putaran motor (rpm)}$$

untuk mencari n harus merubah dulu dari feed rate ke rpm,

Pada kecepatan feed rate motor stepper 800

$$\text{mm/mnt} = \frac{800 \text{ mm/mnt}}{\text{pitch lead screw}}$$

$$n = \frac{800 \text{ mm/mnt}}{5} = 160 \text{ rpm}$$

lalu cari torsi motor stepper

$$T = \frac{P.60}{2\pi.n}$$

$$T = \frac{72.60}{2.3,14.160}$$

$$T = \frac{4320}{1004,8} = 4,2 \text{ Nm}$$

Jadi torsi pada feed rate 800 mm/menit adalah 4,2 N.m

Untuk mencari hubungan antara feed rate dengan gaya axial dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$Fb = \frac{P.60}{n.l} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.1f})$$

Dimana:

$$Fb = \text{Gaya Axial (N)}$$

$$n = \text{perpuratan motor stepper ( rpm)}$$

$$v = \text{efisiensi ball screw (0,95\%)}$$

$$l = \text{Pitch ball screw (m)}$$

$$Fb = \frac{P.60}{n.l}$$

$$Fb = \frac{72.60 \cdot 0,95}{160}$$

$$Fb = \frac{4320 \cdot 0,95}{160}$$

$$Fb = \frac{27.0,95}{0,05} = 513 \text{ N}$$

Untuk mencari tekanan geser pahat harus dicari gaya axialnya rata-rata dari hasil pengujian

$$F_{avg} = \frac{F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7}{7}$$

$$= \frac{513 + 461 + 432 + 400,2 + 372,4 + 342,6 + 313,2}{7}$$

$$F_{avg} = \frac{2834,4}{7} = 404,9 \text{ N}$$

Maka ,

$$\sigma_b = \frac{F \text{ rata - rata}}{A}$$

Dimana :

$$\sigma_b = \text{tekanan geser pahat (N/mm}^2\text{)}$$

$$A = \text{luas penampang (mm}^2\text{)}$$

Maka untuk mencari luas penampang

$$A = t. w. s \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.4d})$$

Dimana:

$$A = \text{Luas penampang potong pahat (mm}^2\text{)}$$

$$t = \text{Tebal pisau sayat pahat (mm)}$$

$$w = \text{Kedalaman pemotongan (mm)}$$

$$s = \text{Jumlah mata pahat}$$

$$A = t. w. s \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.4d})$$

$$A = 1,5 \cdot 0,5 \cdot 4$$

$$A = 3 \text{ mm}^2$$

Maka gaya tekanan pahat dapat dihitung

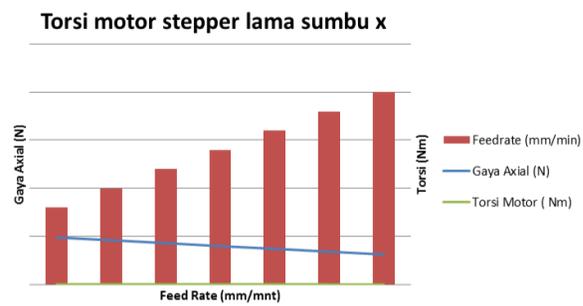
$$\sigma_b = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.2e})$$

$$\sigma_b = \frac{404,9 \text{ N}}{3 \text{ mm}^2} = 134 \text{ N/mm}^2$$

Jika dilihat dari tabel 2.8.1a shear strength bahan aluminium type AA7075 adalah 150 MPa sedangkan untuk motor stepper yang lama kekuatan dorongnya hanya 134 MPa, dapat disimpulkan bahwa motor stepper tidak kuat untuk memotong benda kerja dari aluminium. Sedangkan kekerasan kayu jika dilihat dari tabel 2.9.4 tingkat kekerasan kayu adalah >65 MPa, jadi dapat disimpulkan dengan motor yang lama hanya bisa digunakan untuk benda kerja dari bahan kayu.

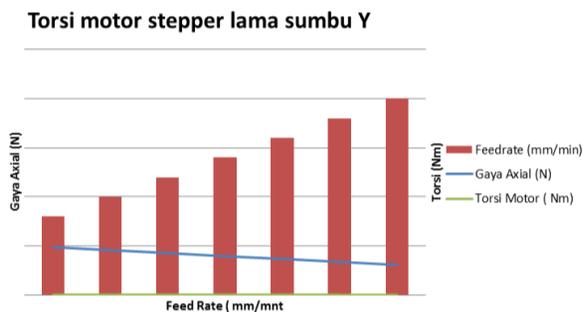
Berdasarkan tabel 4.2 semakin besar Feedrate yang digunakan maka semakin besar juga Gaya Axialnya. Kedua hal tersebut sangat mempengaruhi torsi motor yang bekerja. Pada gambar grafik 2 bisa

digunakan untuk mengetahui besarnya *Feedrate* diatas 2000 mm/min dan gaya Axial 490 N.

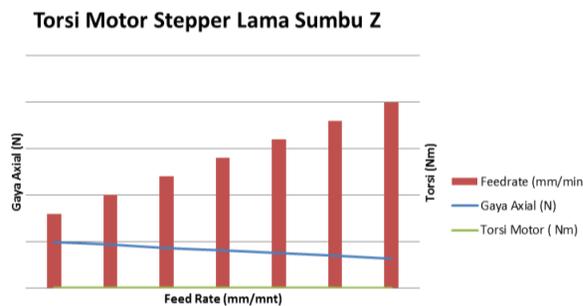


Gambar 2 Grafis torsi motor *stepper* lama, feed rate dan gaya axial sumbu x

Besarnya torsi motor dari gaya axial yang dihasilkan bisa digunakan grafik dibawah ini :



Gambar 3 Grafis torsi motor *stepper* lama, feed rate dan gaya axial sumbu Y



Gambar 4 Grafik torsi motor *stepper* lama, feed rate dan gaya axial sumbu

### 3.3 Perhitungan Torsi Motor Stepper Yang Baru

Torsi adalah suatu pemuntiran sebuah batang yang diakibatkan oleh kopel-kopel yang menghasilkan perputaran terhadap sumbu longitudinal kopel yang menghasilkan pemuntiran sebuah batang disebut momen putar (*torque*) atau momen puntir. Torsi pada *screw* ada dua macam yaitu torsi pada saat mengangkat beban dan torsi pada saat menurunkan beban.

a. Untuk menghitung torsi dapat dihitung dengan rumus pada feed rate 800 mm/mnt adalah sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.2.c})$$

P = daya motor (watt)

V = tegangan motor (volt)

I = kuat arus (amper)

Dik : V= 36 V

I= 3 A

$$P = V \cdot I$$

$$P = 36 \cdot 3$$

$$P = 108 \text{ W}$$

Menghitung torsi sumbu x pada feed rate 800 mm/mnt

$$T = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot n} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.2.b})$$

Untuk mencari *n* harus merubah dulu dari feed rate ke rpm, Pada kecepatan feed rate motor stepper

$$800 \text{ mm/mnt} = \frac{800 \text{ mm/mnt}}{\text{pitch lead screw}} = \frac{800 \text{ mm/mnt}}{5} =$$

$$160 \text{ rpm}$$

lalu mencari torsi motor stepper dengan persamaan berikut

$$T = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot n} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.2b})$$

$$T = \frac{108 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 160}$$

$$T = \frac{6480}{1004,8}$$

$$T = 6,4 \text{ Nm}$$

Maka torsi motor pada feed rate 800 mm/mnt adalah 6,4 Nm

Untuk mencari hubungan antara feed rate dengan gaya axial dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$Fb = \frac{P \cdot 60 \cdot v}{n \cdot l} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.1f})$$

Dimana

Fb = Gaya Axial (N)

n= perputaran motor stepper ( rpm)

v =efisiensi ball screw (0,95%)

l = Pitch ball screw (m)

$$Fb = \frac{P \cdot 60 \cdot v}{n \cdot l}$$

$$Fb = \frac{108 \cdot 60 \cdot 0,95}{160 \cdot 0,05}$$

$$Fb = \frac{6480 \cdot 0,95}{0,05}$$

$$Fb = \frac{38475}{0,05}$$

$$Fb = 769,5 \text{ N}$$

Jadi gaya axial nya adalah 769,5 N

b. Untuk menghitung torsi dapat dihitung dengan rumus pada feed rate 2000 mm/mnt adalah sebagai berikut :

$$P = V \cdot I$$

P= daya motor (W)

V= tegangan motor (volt)

I= kuat arus (amper)

Dik : V= 36 V

I= 6 A

$$P = V \cdot I$$

$$P = 36 \cdot 6$$

$$P = 216 \text{ W}$$

Menghitung torsi sumbu x pada feed rate 2000 mm/mnt

$$T = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot n} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.2b})$$

Dik:

Sebelumnya harus merubah feed rate dari mm/mnt menjadi rpm. Pada kecepatan feed rate motor stepper

$$2000 \text{ mm/mnt} = \frac{2000 \text{ mm/mnt}}{\text{pitch lead screw}}$$

$$= \frac{2000 \text{ mm/mnt}}{5}$$

$$= 400 \text{ rpm}$$

$$T = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot n}$$

$$T = \frac{216.60}{23,14.400}$$

$$T = \frac{12960}{2512}$$

$$T = 5,15Nm$$

Jadi torsi motor pada feed rate 2000 mm/mnt adalah 5,15 Nm

Untuk mencari hubungan antara feed rate dengan gaya axial dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$Fb = \frac{\frac{P.60}{n}.v}{l} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.1f})$$

Dimana  
 Fb = Gaya Axial (N)  
 n = perputaran motor stepper ( rpm)  
 v = efisiensi ball screw (0,95%)  
 l = Pitch ball screw (m)

$$Fb = \frac{\frac{216.60}{n}.v}{l}$$

$$Fb = \frac{\frac{216.60}{400}.0,95}{0,05}$$

$$Fb = \frac{12960}{400}.0,95$$

$$Fb = \frac{30,78}{0,05}$$

$$Fb = 615,6 N$$

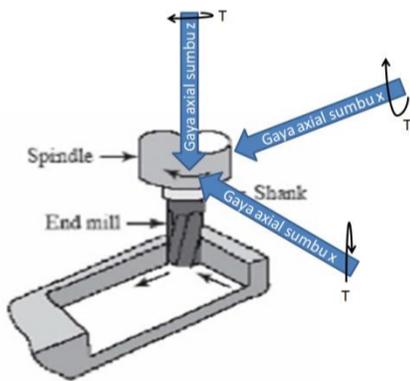
Jadi gaya axial dengan feed rate 2000 mm/mnt adalah 615,6 N (F min)

$$F_{avg} = \frac{F_{min} + F_{max}}{2}$$

$$F_{avg} = \frac{615,6 + 763,6}{2}$$

$$F_{avg} = \frac{1379,2}{2}$$

$$F_{avg} = 689,6 N$$



Gambar 5 Tekanan geser pahat

Lalu dicari tekanan geser pahat pada pada gaya rata-rata hasil dari perhitungan

$$\sigma_b = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.2d})$$

Dimana :

$$\sigma_b = \text{tekan geser pahat} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

$$A = \text{luas penampang} (mm^2)$$

Maka untuk mencari luas penampang

$$A = t.w.s \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.2e})$$

Dimana:

A = Luas penampang potong pahat (mm<sup>2</sup>)  
 t = Tebal pisau sayat pahat (mm)

w = Kedalaman pemotongan (mm)

s = Jumlah mata pahat

$$A = t.w.s$$

$$A = 1,5.0,5.4$$

$$A = 3mm^2$$

Maka gaya tekan pahat dapat dihitung

$$\sigma_b = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_b = \frac{689,6 N}{3 mm^2}$$

$$\sigma_b = 229,8N/mm^2 \text{ atau } 229,8 MPa$$

Jika dilihat dari tabel 2.8.1a shear streng bahan alumunium type AA7075 adalah 150 MPa, dapat disimpulkan motor stepper baru bisa memotong bahan aluminium terbukti bahwa hasil perhitungan P>dari shear streng bahan aluminium ( 229,8 MPa)

### Perhitungan Daya Router Pada Mesin CNC Mini Router 3 Axis

Daya router yang digunakan bervariasi tergantung pada tujuan penggunaan dari mesin CNC mini itu sendiri. Karena luas penampang potong pahat belum diketahui maka kita menghitungnya dengan menggunakan rumus berikut:

$$A = t.w.s$$

$$= (0,25 mm)(0,5 mm) (4)$$

$$= 0,50 mm^2$$

Dimana :

t =Tebal pisau sayat pahat  
 w =Kedalaman pemotongan  
 s = Jumlah mata pahat

Setelah luas penampang kita ketahui maka kita dapat menghitung gaya potong pahat terhadap benda kerja dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.9):

$$F = \sigma . A$$

$$F = (150 N/mm^2) (0,5mm^2)$$

$$F = 75 N$$

dimana:

F = Gaya potong pahat (N)  
 σ =Tegangan geser bahan alumunium (N/mm<sup>2</sup>) = (data tabel2.8.1a 150N/mm<sup>2</sup>)  
 A =Luas penampang potong pahat

Maka torsi pada router adalah:

$$T = F . r \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.4b})$$

$$T = (75)(0,0034m)$$

$$T = 0,0225Nm$$

Torsi router yang dibutuhkan untuk memotong benda kerja adalah 0,0225Nm

Data motor router yang sudah ada :

P =440 W  
 n<sub>motor</sub>=30000 rpm  
 maka

$$P = \frac{2\pi.n.T}{60} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2.6.4e})$$

$$T = \frac{P.60}{2\pi.n}$$

$$T = \frac{440.60}{23,14.30000}$$

$$T = \frac{26400}{188400}$$

$$T = 0,14Nm$$

Torsi motor router yang aktual adalah 0,14 Nm, sedangkan yang di perencanaan adalah 0,0225 Nm. Dapat disimpulkan bahwa motor router dapat memotong benda kerja dari alumunium dengan kedalaman pemotongan 0,5mm

### Pengujian Akurasi Mesin

#### Pengujian Tanpa Beban

Pengujian tanpa beban disini adalah pengujian akurasi pergerakan motor stepper yang diperintahkan oleh program dan mengukur actual dari pergerakan motor untuk setiap sumbu

##### 1. Pengujian sumbu x

Pengujian ini dilakukan masing-masing sebanyak 10 kali pergerakan dari ukuran yang berbeda-beda, masing- masing ukuran tersebut adalah 10 mm, 30 mm, dan 50 mm, berikut terlampir hasil pengujiannya. Dari hasil pengujian pergerakan motor stepper sumbu x tanpa beban dapat disimpulkan bahwa akurasinya ada 99,997 %. Mendekati ke 100 %

##### 2. Pengujian sumbu y

Pengujian ini dilakukan masing-masing sebanyak 10 kali pergerakan dari ukuran yang berbeda-beda, masing- masing ukuran tersebut adalah 10 mm, 30 mm, dan 50 mm, berikut terlampir hasil pengujiannya. Dari hasil pengujian pergerakan motor stepper sumbu y tanpa beban dapat disimpulkan bahwa akurasinya ada 99,996 %. Mendekati ke 100 %

##### 3. Pengujian sumbu z

Pengujian ini dilakukan masing-masing sebanyak 10 kali pergerakan dari ukuran yang berbeda-beda, masing- masing ukuran tersebut adalah 10 mm, 30 mm, dan 50 mm, berikut terlampir hasil pengujiannya. Dari hasil pengujian pergerakan motor stepper sumbu z tanpa beban dapat disimpulkan bahwa akurasinya adalah 100 %.

##### 4. Pengujian sumbu x,y, dan z

Pengujian ini pergerakannya dilakukan berbarengan antara sumbu x, sumbu y, dan sumbu z, berikut hasil pengujiannya

Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi motor stepper pada sumbu x 99,99% dengan pergeseran -0,01 mm, dan akurasi sumbu y 99,99 %, dengan pergeseran 0,029 mm, dan sumbu z akurasi 100 % pada saat tanpa beban.

#### Pengujian pada saat ada beban

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kesesuaian gerakan pahat / *cutting tool* pada saat pemakanan dengan program NC yang dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan membuat sebuah kotak dengan ukuran panjang 10 mm x10 mm sebanyak 3 kotak dengan kedalaman 1 mm, 30 mm x 30 mm, sebanyak 3 kotak dengan kedalaman 1 mm, dan 50 mm x 50 mm sebanyak 3 kotak dengan kedalaman 1 mm, dengan perintah yang dimasukkan dari komputer kemudian hasilnya diukur dengan menggunakan sigmat atau jangka sorong untuk mengetahui apakah ukuran dari hasil pengujian sesuai dengan perintah yang dimasukkan atau tidak.

Tabel 2 Pengujian pada saat ada beban

program sumbu x, y, dan z (mm)	ukuran aktual (mm)		
	kotak ke 1 (x,y,z)	kotak ke 2 (x,y,z)	kotak ke 3 x,y,z)
10 x 10 x 1	16,00 x 16,00 x 1,00	16,00 x 15,95, x 1,00	16,00 x 15,95 x 1,00
30 x 30 x 1	36,00 x 36,00 x 1,00	36,00 x 35,99 x 1,00	36,00 x 35,94 x 1,00
50 x 50 x 1	56,00 x 56,00 x 1,00	56,00 x 55,90 x 1,00	56,00 x 55,98 x 1,00

Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa pada sumbu y terdapat pergeseran rata-rata sebanyak 0,04 mm, sedangkan untuk yang lainnya ukuran sesuai dengan yang di program, kedalaman pemakanan 1 mm. Untuk hasil actual ditambah 6 mm karena mata bor miling yang digunakan adalah 6 mm.

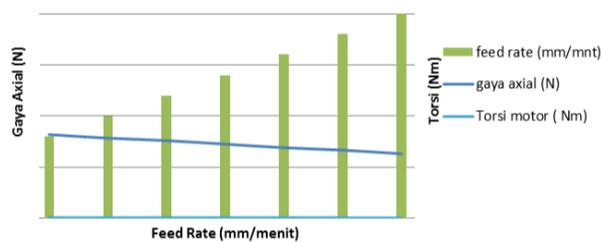


Gambar 6 hasil pemakanan pada benda kerja

##### 1.4.1 Pengujian torsi motor pada sumbu x

Pengujian ini dimaksudkan untuk memastikan torsi motor stepper yang aktual dari setiap sumbu untuk analisa meningkatkan performa mesin CNC prototype 3 uika agar kedepannya bisa lebih bagus lagi. Berikut hasil pengujian nya untuk sumbu x

#### Torsi motor stepper baru sumbu X



Gambar 7 Grafik torsi , feed rate dan gaya axial sumbu x

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa ketika feed rate dari motor stepper dinaikan maka gaya axial dan torsi akan turun, sedangkan ketika feed rate motor stepper diturunkan maka gaya axial akan meningkat dan torsi juga meningkat. Dari hasil pengujian pada sumbu x ketika feed rate nya di seting 2000 mm/mnt gaya axialnya di 791,84 N, sedangkan torsi motornya adalah 6,64 Nm



Gambar 8 pengujian gaya axial pada sumbu x

Menghitung torsi motor sumbu x dari hasil pengujian gaya axial

$$T = \frac{F_b \cdot l}{2\pi \cdot v} \dots \dots \dots (\text{persamaan 2.6.2.d})$$

$$T_a = \text{Torsi Nm}$$

$$F_b = 791,84 \text{ Nm pada feed rate } 2000 \text{ mm/mnt}$$

$$l = 5 \text{ mm } (0,05m)$$

$$V = \text{efisiensi lead screw } (0,95\%)$$

$$T = \frac{791,84 \cdot 0,05}{2,3,14 \cdot 0,95}$$

$$T = \frac{39,59}{5,96}$$

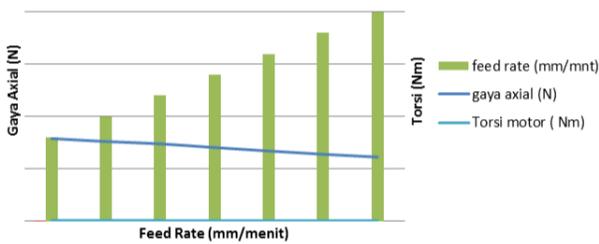
$$T = 6,6 \text{ Nm}$$

Hasil perhitungan dan pengujian sudah mendekati yaitu pada pengujian dengan feed rate 2000 mm/mnt didapat gaya axial 791,8 N dan torsi yang dihasilkan adalah 6,6 Nm

**Pengujian torsi motor pada sumbu y**

Pengujian ini dimaksudkan untuk memastikan torsi motor stepper yang aktual dari setiap sumbu untuk analisa meningkatkan performa mesin CNC prototype 3 uika agar kedepannya bisa lebih bagus lagi. Berikut hasil pengujian nya untuk sumbu y

**Torsi motor stepper baru sumbu Y**



Gambar 9. Grafis torsi , feed rate dan gaya axial sumbu y

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa ketika feed rate dari motor stepper dinaikan maka gaya axial dan torsi akan turun, sedangkan ketika feed rate motor stepper diturunkan maka gaya axial akan meningkat dan torsi juga meningkat. Dari hasil pengujian pada sumbu x ketika feed rate nya di seting 2000 mm/mnt gaya axialnya di 613 N, sedangkan torsi motornya adalah 5,15 Nm, untuk sumbu y lebih kecil dikarenakan beban nya lebih besar, karena harus membawa dudukan sumbu x dan sumbu z.



Gambar 10 Pengujian gaya axial pada sumbu y

Menghitung torsi motor sumbu x dari hasil pengujian gaya axial

$$T = \frac{F_b \cdot l}{2\pi \cdot v} \dots \dots \dots (\text{persamaan 2.6.2.d})$$

$$T_a = \text{Torsi Nm}$$

$$F_b = 613,48 \text{ Nm pada feed rate } 2000 \text{ mm/mnt}$$

$$l = 5 \text{ mm } (0,05m)$$

$$V = \text{efisiensi lead screw } (0,95\%)$$

$$T = \frac{613,48 \cdot 0,05}{2,3,14 \cdot 0,95}$$

$$T = \frac{30,67}{5,96}$$

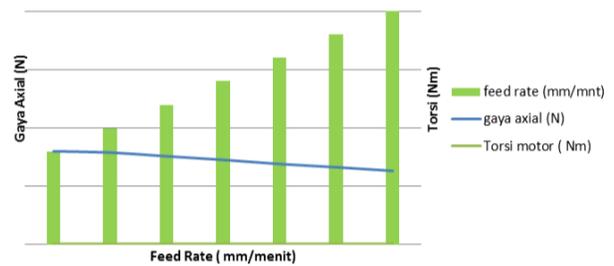
$$T = 5,14 \text{ Nm}$$

Hasil perhitungan dan pengujian sudah mendekati yaitu pada pengujian dengan feed rate 2000 mm/mnt didapat gaya axial 613,48 N dan torsi yang dihasilkan adalah 5,14Nm

**Pengujian torsi motor pada sumbu z**

Pengujian ini dimaksudkan untuk memastikan torsi motor stepper yang aktual dari setiap sumbu untuk analisa meningkatkan performa mesin CNC prototype 3 uika agar kedepannya bisa lebih bagus lagi. Berikut hasil pengujian nya untuk sumbu z

**Torsi Motor stepper baru sumbu Z**



Gambar 11 Grafis torsi , feed rate dan gaya axial sumbu z

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa ketika feed rate dari motor stepper dinaikan maka gaya axial dan torsi akan turun, sedangkan ketika feed rate motor stepper diturunkan maka gaya axial akan meningkat dan torsi juga meningkat. Dari hasil pengujian pada sumbu x ketika feed rate nya di seting 2000 mm/mnt gaya axialnya di 733,04 N, sedangkan torsi motornya adalah 6,15 Nm.



Gambar 12 Pengujian gaya axial pada sumbu z

Hasil perhitungan dan pengujian sudah mendekati yaitu pada pengujian dengan feed rate 2000 mm/mnt didapat gaya axial 733,04 N dan torsi yang dihasilkan adalah 6,1Nm

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian dan hasil perhitungan secara teoritis motor stepper sumbu x, y, z cnc type gantry prototype 3 uika dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan gaya axial yang di dihasilkan untuk menggerakkan eretan adalah 763,6 N, aktualnya saat pengujian rata-rata di 786,8 N pada feed rate 800 mm/mnt, sedangkan untuk feed rate 2000 torsi dari hasil perhitungan adalah 5,16 N,

gaya axialnya adalah 615,6 N, aktual pada saat pengujian torsi rata-ratanya adalah 5,98, dan gaya axialnya rata-ratanya adalah 712,79 N

2. Dari hasil pengujian benda kerja yang dipakai adalah material alumunium dengan ketebalan saat pemakanan setebal 0,5 mm. Dapat disimpulkan bahwa *retrofit* motor *stepper* pada mesin cnc *prototype 3* untuk sumbu x, y, dan z berhasil ditunjukkan dengan bisa milling benda kerja dari bahan alumunium. *shear streng* bahan alumunium type AA7075 adalah 150 MPa, *tekan geser pada eretan yaitu 229,8 N/mm<sup>2</sup>* dapat disimpulkan motor *stepper* baru bisa memotong bahan aluminium terbukti bahwa hasil perhitungan P> dari shear streng bahan aluminium ( 229,8 MPa).

#### SARAN

Dari hasil analisa ini untuk mesin CNC prototype 3 UIKA masih perlu ditingkatkan lagi, diantaranya yaitu :

1. Motor router perlu ditingkatkan lagi ke torsi yang lebih besar agar saat pemakanan benda kerja bisa lebih tebal lagi, yang saat ini hanya mampu 0,5 mm
2. Motor router perlu di control speed nya di program agar speed bisa disesuaikan ketika pada saat pemakanan benda kerja
3. Ditambahkan kaki pada frame mesin supaya pada saat pembersihan scrap sisa pemakanan bisa lebih mudah untuk membersihkan
4. Dibuatkan panel untuk penempatan micro controller dan power supplay agar komponen lebih aman.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sutopo, Beno. Pembuatan Benda Kerja Pada Mesin *Frais* CNC TU 3A Menggunakan *Software* CNC Keller Q Plus Berbasis *Software*

*Autocad* 2000, Univeristas Negri Semarang, 2006

- [2]. Abdullah. Pengaplikasian CNC 3 Axis, Universitas Negri Jakarta, 2014
- [3]. Pradana, Dityo Kurniawan. Rancang Bangun CNC *Milling Machinehome Made* Untuk Membuat PCB, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Bali.
- [4]. Subagio, Dalmasius Ganjar, S.T., Penyempurnaan Rancang Bangun Mesin Perkakas *Frais* Berbasis Kontrol Numerik, Pusat Penelitian Tenaga Listrik Dan Mekatronik Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), 2010.
- [5]. E.P. Povop dan Zainul Astamar. Mekanika Teknik (*Mechanics of Material*). Jakarta: Erlangga, 1994.
- [6]. Jaenal. Desain Dan Rancang Bangun Kontruksi Mesin CNC Mini Router 3 Axis, Fakultas Teknik, Univeristas Ibn Khaldun Bogor, 2014.
- [7]. Erwin Cahya Andrianto. Desain dan Uji Experimental Mesin Mini CNC Milling 3 Axis Tipe Gantry, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor. 2015
- [8]. Anas Andri Fatoni. *Desain dan Pengujian Kinerja Lead Screw Jenis Square Thread* pada Mesin CNC Milling 3 Axis Tipe Gantry, Universitas Ibn Khaldun Bogor, 2015
- [9]. Fahmi Andri Adi. *Design and Build CNC Chasis Type Gantry* dengan Penggerak *Ball Screw*, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor, 2016
- [10]. Ropi'i, Rancang Bangun Konstruksi dan Analisa Pengujian Pada Alat Uji Sirip, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor, 2007.
- [11]. Nieman, Gustaf., *Elemen Mesin Jilid 1, 2, 3.*, PT Erlangga, Jakarta, 1987.
- [12]. Prof.Dr.Ir. Harsono Wiryosumarto, Prof.Dr. Toshie Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta 2000.
- [13]. Pic Design Catalog 45, *Precision Industrial components llc* 86 Benson road, middlebury, CT 06762-1004