

RETROFIT SISTEM KONTROL PENGGERAK SUMBU X, Y, DAN Z PADA MESIN CNC MILLING DMTG XD-40A

Muhammad Dito Julian^{1*)}, Gatot Eka Pranomo¹⁾, Dwi Yuliaji¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: ditojulian0107@gmail.com

ABSTRAK

Mesin CNC (*Computer Numerically Controlled*) adalah mesin perkakas dengan teknologi perintah komputer dalam melakukan proses pemesinan. Sementara retrofit berarti melakukan modifikasi terhadap suatu peralatan agar memiliki kemampuan sesuai dengan kebutuhan penggunaan peralatan tersebut. Pada penelitian ini dilakukan retrofit sistem kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z pada mesin CNC Milling DMTG XD-40A. Proses retrofit dilakukan dengan cara mengganti sistem kontrol penggerak sumbu pada mesin CNC Milling dengan menggunakan sistem kontrol *breakout board* (BOB), dan mengaplikasikan *software* mach3 sebagai *interface* pengganti CNC controlled dengan menggunakan laptop. Pengujian yang dilakukan meliputi beberapa tahap, yaitu: proses kalibrasi mesin CNC Milling menggunakan *software* mach3, proses pengujian sumbu X, Y, Z pada mesin CNC Milling, dan melakukan proses pemesinan. Hasil retrofit sistem kontrol penggerak sumbu dengan menggunakan (BOB) jenis NVCM Controller Card pada mesin CNC berhasil dilakukan. Hasil pengujian sumbu pada mesin CNC berhasil dilakukan dengan metode absolut, dimana titik awal adalah nol, dan setelah diberi jarak pergerakan pada sumbu kembali ke titik awal dengan akurasi skala 0,01mm dengan menggunakan *dial indicator*. Kinerja mesin CNC Milling menggunakan material benda kerja Alloy Steel dan pisau *frais endmill face cutting depth max* 6mm, didapatkan hasil nilai kecepatan putaran *spindel* sebesar 1114,6 rpm dan hasil nilai laju pemakanan sebesar 111,46 mm/menit. Mesin CNC Milling dapat berfungsi kembali dengan baik dengan pengaplikasian *software* mach3 sebagai *interface* pengganti CNC Controlled.

Kata kunci : mesin CNC milling; retrofit; sistem kontrol; software mach3; sumbu XYZ.

ABSTRACT

A CNC (*Computer Numerically Controlled*) machine is a machine tool with computer command technology to carry out the machining process. In contrast, retrofit means modifying equipment so that it has the capability according to the needs of the use of the equipment. This research used the X, Y, and Z axes drive control system retrofit on the DMTG XD-40A CNC Milling machine. The retrofit process was carried out by replacing the axis drive control system on the CNC Milling machine using a breakout board (BOB) control system and applying mach3 software as a replacement interface for CNC controlled using a laptop. The tests carried out included several stages, namely: the process of calibrating the CNC Milling machine using mach3 software, the process of testing the X, Y, and Z axes on the CNC Milling machine, and carrying out the machining process. The results of retrofitting the axis drive control system using (BOB) the NVCM Controller Card type on a CNC machine were successfully carried out. The results of testing the axis on the CNC machine were successfully carried out using the absolute method, where the starting point is zero. After being given the distance, the axis moves back to the starting point with a scale accuracy of 0.01mm using a dial indicator. The performance of the CNC Milling machine using Alloy Steel workpiece material and endmill milling knife face cutting depth max 6mm, the results obtained are spindle rotation speed values of 1114.6 rpm and feed rate values of 111.46 mm/minute. The CNC Milling machine can function again by applying mach3 software as a replacement interface for CNC Controlled.

Keywords : CNC milling machine; control system; mach3 software; retrofit; XYZ axis.

PENDAHULUAN

Retrofit adalah proses modifikasi terhadap suatu peralatan agar memiliki kemampuan sesuai dengan kebutuhan penggunaan peralatan tersebut. Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Ibn Khaldun terdapat Mesin *CNC Milling* di laboratorium Teknik Mesin. Namun mesin tersebut sebelumnya dalam kondisi mati dan tidak dapat beroperasi, dikarenakan berbagai macam sistem pada mesin *CNC Milling* yang tidak dapat berfungsi. Sehingga dengan berbagai macam masalah yang terdapat pada mesin *CNC Milling* ini, akan dilakukan proses retrofit pada seluruh sistem tersebut agar mesin *CNC* dapat berfungsi kembali dengan normal. Pada penelitian kali ini akan menjelaskan tentang bagaimana proses retrofit sistem kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z pada mesin *CNC Milling DMTG XD-40A*.

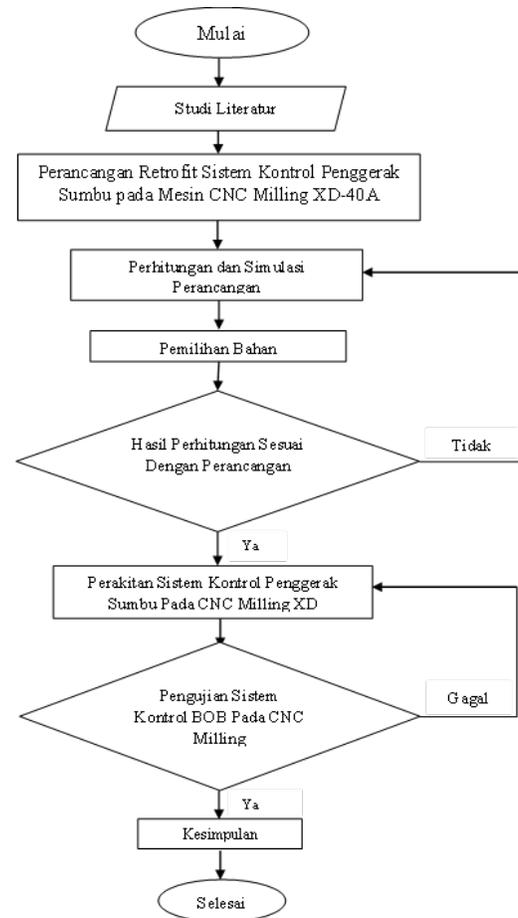
Mesin *CNC milling* terdapat sistem kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z yaitu dimana rangkaian sistem kontrol tersebut saling berhubungan satu sama lain. Berikut adalah bagian dari sistem kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z:

1. *CNC controlled*
2. *Driver motor*
3. *Motor servo*
4. *Power supply*
5. *Ball screw*
6. *Linear guideway*

METODE PENELITIAN

Untuk mengerjakan penelitian ini ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Ibn Khaldun Bogor. Berikut adalah tahapan penelitian yang digunakan:

1. Mencari sumber referensi serta teori-teori yang berhubungan dan juga berkaitan dengan penelitian.
2. Menentukan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian, kemudian melakukan perhitungan biaya penelitian.
3. Melakukan perancangan sistem kontrol BOB pada mesin *CNC milling*.
4. Melakukan *trail and error* pada mesin *CNC milling* agar bisa dilakukan evaluasi, sudah bisa atau tidak-nya mesin bisa dioperasikan.
5. Hasil perakitan sistem kontrol BOB pada mesin *CNC milling* bisa dioperasikan.
6. Kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.



Gambar 1. Diagram alir

CNC MILLING

CNC Milling yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin milling yang memiliki 3 *Axis*, yaitu X, Y, dan Z. Dimana untuk menggerakkan 3 *Axis* tersebut menggunakan sistem kontrol.

Gambar 2. Mesin CNC Milling DMTG XD-40A

Sistem Kontrol

Sistem kontrol adalah sebuah komponen yang ada pada mesin *CNC milling* yang berfungsi sebagai alat kontrol atau perintah yang dapat mengatur serta memerintahkan bagian-bagian mesin yang akan bekerja sesuai fungsinya. Berikut adalah bagian-bagian sistem kontrol pada mesin *CNC Milling*:

Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (*motor*) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik *loop* tertutup (*servo*). Sehingga dapat di *set-up* atau diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. Dan *motor servo* biasa digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi mekanik melalui interaksi dari kedua medan magnet permanen.



Gambar 3. Motor Servo

Breakout board (BOB)

Breakout Board (BOB) merupakan *card electronic* yang berfungsi menghubungkan sinyal data dari komputer baik input maupun output kepada aktuator. BOB merupakan komponen utama sistem kontrol yang berfungsi sebagai otak pada CNC. BOB nantinya difungsikan sebagai penghubung sinyal data dari komputer menuju *relay* atau *driver*, atau juga menghubungkan sinyal input dari luar agar bisa dibaca pada PC. BOB menggunakan *parallel port* komputer NVCN yang dapat diakses dengan *interface software Mach3*.



Gambar 4. Breakout board

Driver Motor

Driver Motor merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkomunikasikan *controller* dengan aktuator serta memperkuat sinyal keluaran dari kontroler sehingga dapat dibaca oleh aktuator. Seperti halnya *BOB*, *driver motor servo* juga memiliki beberapa *port* yang nantinya terhubung ke masing-masing *port* seperti *BOB input signal*, *motor stepper*, *driver switch setting*, *DC power supply*, *driver setting*.



Gambar 5. Driver motor

Power Supply

Power supply adalah perangkat yang berfungsi sebagai penyedia utama daya tegangan DC bagi *CNC Controller*, *motor servo*, dan *tools/spindle*. Fungsi dasar dari *power supply* adalah merubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Daya yang dihasilkan oleh *power supply* ini dijaga konstan agar memberikan suplai yang optimal bagi motor dan *spindle*.



Gambar 6. Power supply

Limit Switch dan Emergency Stop

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja *limit switch* sama seperti saklar *ON/OFF* yaitu hanya akan terhubung pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan terputus saat katup tidak ditekan. Dan *Emergency stop* merupakan jenis saklar yang apabila ditekan akan terkunci dan untuk melepaskannya harus diputar, disebut *emergency*

stop untuk memudahkan pengguna mengetahui fungsi saklar ini yaitu untuk memastikan sistem secara darurat.



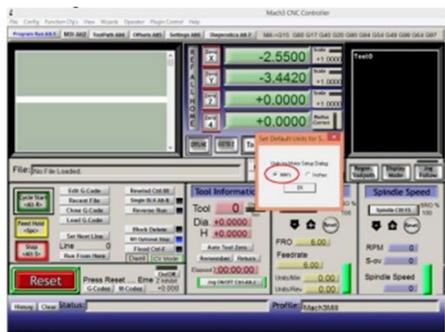
Gambar 7. Limit switch

Pengaturan Software Mach3

Mach3 adalah software utama yang digunakan pada mesin CNC. Mach3 akan membantu komputer menyampaikan sinyal informasi dan perintah kepada mesin dalam bentuk code. Terdapat beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan pada Mach3 untuk performa mesin, diantaranya yaitu:

A. Select Native Unit

Pada menu utama terdapat menu “config” yang memiliki sub menu “Select Native Unit”. Menu tersebut dipilih untuk mengatur standar satuan ukuran yang akan digunakan seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Software mach3

Port and Pins – Motor Outputs

Motor outputs pada menu ports and pins berfungsi sebagai pengatur interface Mach3 dalam mengendalikan parameter aktuator motor servo yang bergerak pada tiga sumbu.

Ports and Pins – Input Signals

Pada rangkaian kontrol mesin CNC ini, limit switch dan E-Stop terhubung dan memberikan sinyal input kepada software interface Mach3 yang selanjutnya akan memberi perintah lanjutan kepada motor output. Khusus untuk komponen limit switch, selain sebagai komponen keamanan,

Limit Switch juga dapat dijadikan sebagai batas jangkauan dari masing-masing sumbu pada mesin CNC.

Motor Turning

Motor Turning berfungsi untuk mengatur performa motor yang dibutuhkan. Ada beberapa poin yang perlu diperhatikan dalam pengaturan Motor Turning diantaranya adalah Steps Per Velocity, dan Acceleration.

Perhitungan Kecepatan Potong, Kecepatan Putar Spindel, dan Laju Pemakan

Kecepatan Potong

Kecepatan potong (Cs) dalam proses milling dapat diperhitungkan untuk mengetahui hasil yang sesuai, dengan memastikan terlebih dahulu objek atau benda kerja yang akan digunakan dalam proses milling dan pada dasarnya, bahan alat potong yang digunakan untuk proses milling yaitu High Speed Steel (HSS) dan Carbide. Berikut adalah rumus Kecepatan Potong (Cutting Speed):

$$Cs = \pi \cdot d \cdot n \tag{1}$$

Dimana:

- Cs = Cutting speed (meter/menit)
- π = Konstanta (3,14)
- d = Diameter pisau (mm)
- n = Putaran mesin (rpm)

Tabel 1. Kecepatan Potong

Bahan	Cutter Frais HSS		Cutter Frais Karbida	
	m/men	Ft/min	m/men	Ft/min
Baja Lunak (Mild Steel)	18-21	60-70	30-250	100-800
Besi Tuang (Cast Iron)	14-17	45-55	40-150	150-500
Perunggu	21-24	70-80	90-200	300-700
Tembaga	45-90	150-300	150-450	500-1500
Kuningan	30-120	100-400	120-300	400-1000
Aluminium	90-150	300-400	90-180	-600

Kecepatan Putar Spindel

Kecepatan putar *spindel milling* dalam melakukan sebuah proses pekerjaan dapat dihitung secara manual untuk mencocokkan hasil kerjanya yang biasanya dihitung dalam satuan meter per menit (rpm). Berikut adalah rumus kecepatan putar mesin:

$$n = \frac{1000.Cs}{(\pi.d)} \tag{2}$$

Dimana:

- n = Putaran mesin (rpm)
- π = Konstanta (3,14)
- d = Diameter pisau (mm)
- Cs = *Cutting speed* (m/menit)

Laju Pemakanan

Pada mesin milling, kecepatan pemakanan dinyatakan dalam satuan milimeter per menit dimana dalam pemakaiannya perlu disesuaikan dengan jumlah mata potong pisau yang digunakan. Kecepatan pemakanan tiap mata potong pisau *milling* (fz) untuk setiap jenis pisau dan setiap jenis bahan sudah dibakukan, maka dipilih mana yang sesuai dengan kebutuhan. Dengan demikian rumus kecepatan pemakanan (*feed rate*) adalah:

$$Vf = n \times fz \times zn \tag{3}$$

Dimana:

- Vf : *feed rate* (mm/menit)
- n : kecepatan putar spindel *speed* (rpm)
- fz : *feed per gigi* (mm)
- zn : jumlah mata pisau

Pemakanan per gigi (fz) diukur dalam mm/tooth adalah nilai proses pengefraisan untuk menghitung tabel *feed*. Jika *cutter milling* mempunyai banyak mata potong, nilai fz dibutuhkan untuk menjamin setiap mata *cutter* berada dalam kondisi aman. Nilai *feed/tooth* dihitung berdasarkan ketebalan *chips* yang direkomendasikan. Penentuan nilai *feeding* harus dihitung dengan rumus mencari *feeding* dan disesuaikan dengan besar pahat serta jumlah mata pahat yang akan digunakan.

Tabel 2. Gerak makan (feed) pergigi yang disarankan untuk pahat HSS (dalam satuan mm)

Material	End mill Face Cutting Depth Max: 6mm			Shell	Form	Sloting &
	<12	12 -25	>25	End Mill Face Mill	Cutter	Side Mill
Diameter	<12	12 -25	>25	>40	-	-
Plain carbon steel	0,025	0,075	0,1	0,1-0,3	0,125	0,05-0,2
Alloy Steel	0,025	0,05	0,075	0,1-0,3 0,075-	0,1	0,05-0,2
Tool Steel CS 18-25m/mnt	0,025	0,05	0,05	0,25	0,1	0,05-0,15
Tool Steel CS 05-17 m/mnt	0,025	0,05	0,05	0,075-0,2	0,075	0,05-0,125
Spring Steel	0,025	0,05	0,05	0,075-0,2	0,075	0,05-0,125
Stainless Steel						
304, 304L, 316, 316L	0,25	0,05	0,075	0,125-0,2	0,1	0,05-0,175
410, 416	0,25	0,05	0,075	0,1-0,15	0,1	0,05-0,175
420, 420F	0,25	0,05	0,05	0,075-0,5	0,075	0,05-0,175
440, 440F	0,013	0,05	0,05	0,05-0,15	0,075	0,05-0,125
Copper	0,05	0,1	0,125	0,1-0,0,5	0,1	0,05-0,25
Lead Bronze	0,05	0,1	0,125	0,1-0,0,5	0,1	0,05-0,25
Phospor Bronze	0,05	0,075	0,1	0,075-0,3	0,1	0,05-0,2
Pure Aluminium	0,075	0,1	0,125	0,125-0,5	0,125	0,1-0,3
Aluminium Alloy	0,05	0,075	0,1	0,125-0,5	0,1	0,1-0,3
Cast Iron						
GG20, 25	0,025	0,075	0,1	0,125-0,4	0,125	0,05-0,25
GG30, 35, 40, 45, 50	0,025	0,05	0,075	0,1-0,3	0,1	0,05-0,2
GG55, 60	0,025	0,05	0,05	0,05-0,2	0,075	0,05-0,125

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian Sistem Kontrol Penggerak Sumbu X, Y, dan Z Pada Mesin CNC Milling DMTG XD-40A

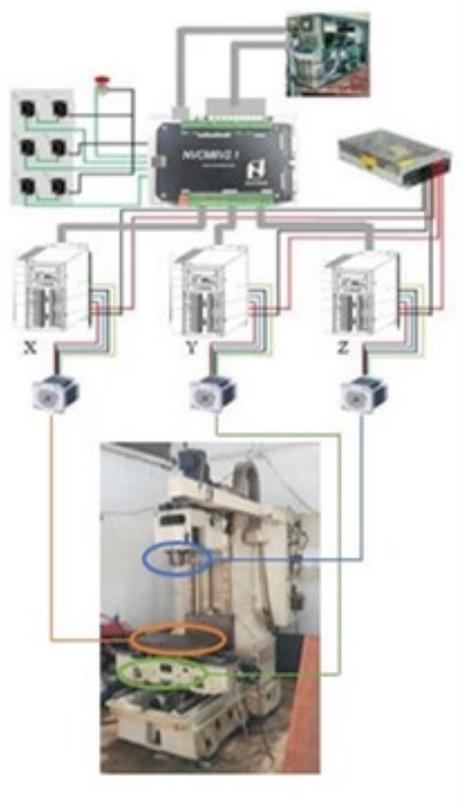
Merangkai sistem kontrol adalah langkah utama dalam penelitian ini, agar dapat mengetahui alur dan jalur rangkaian sistem kontrol dari awal sampai akhir sistem kontrol dapat berjalan. Desain rangkaian sistem kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z pada mesin *CNC Milling DMTG XD-40A* ditunjukkan pada Gambar 9.

Mesin *CNC Milling DMTG XD-40A* memiliki arus tegangan 380 V 3 Phasa, sementara konsumsi daya listrik yang ada pada Laboratorium Teknik Mesin hanya 220V, maka tegangan perlu dikonversi atau diturunkan sesuai kapasitas daya yang dimiliki agar mesin dapat berjalan. Konversi ini dilakukan menggunakan *Travo* yang dapat mengkonversi tegangan yang tadinya 380V 3 Phasa menjadi 220V 3 Phasa. Setelah proses ini berhasil maka mesin dapat menyala

Berikut adalah jalur rangkaian sistem kontrol:

1. *Breakoutboard* adalah perangkat utama dari mesin *CNC milling* setelah dilakukan retrofit, karena *breakout board* berfungsi sebagai otak dari penghubung sinyal yang menghubungkan sinyal perintah dari PC kepada *Driver Motor*.
2. *Power supply*, yaitu sebagai pengubah arus AC menjadi DC, dan sebagai penyedia utama daya bagi *cnc controller*, *motor servo*, daya yang dihasilkan *power supply* dijaga konstan agar dapat

memberikan *supply* yang optimal bagi motor dan *spindle*.



Gambar 9. Rangkaian sistem kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z

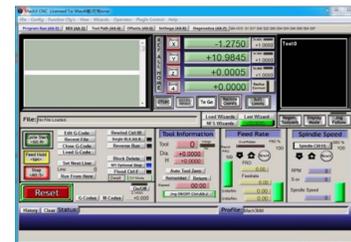
3. *Driver motor* adalah perangkat perantara sebagai alat pemberi sinyal kepada motor servo dan *encoder* agar dapat berputar dan bergerak. Setelah *driver motor* menerima sinyal perintah dari *breakout board*, secara langsung *driver motor* akan menghubungkan sinyal kepada motor servo dan *encoder*.
4. *Motor Servo* adalah alat yang ketika mendapat sinyal dari *driver motor* maka dengan otomatis akan berputar sesuai perintah.
5. *Ballscrew* adalah alat yang terhubung dengan motor servo, ketika motor servo berputar maka secara langsung *ballscrew* juga ikut berputar sesuai arah yang diperintahkan.
6. Meja adalah dudukan benda kerja yang terhubung dengan *ballscrew* dan *linear guideway*, ketika *ballscrew* berputar maka otomatis akan membawa meja bergerak sesuai perintah dan meja akan bergerak di atas jalur *linear guideway*.
7. *Mach3* adalah perangkat lunak yang dapat memberi sinyal serta perintah terhadap *breakout*

board agar dapat menghubungkan perintah ke semua alat sistem kontrol. *Software mach3* yang ada pada *PC* berfungsi sebagai *input/output* perintah pengganti *CNC monitor*, dimana proses kalibrasi sumbu, *input* pemrograman, *setting* mesin, proses perintah pemesinan, dapat dilakukan pada *software* tersebut.

Hasil Kalibrasi Sistem Kontrol Penggerak Sumbu X, Y, dan Z melalui *Software Mach3*

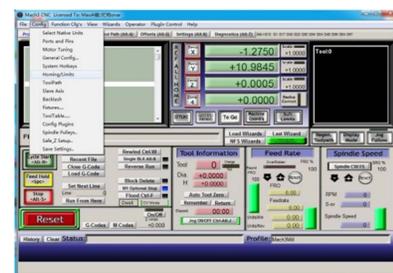
Proses kalibrasi perlu dilakukan sebagai langkah awal dalam proses pemesinan. Karena, dengan ini kita bisa mengetahui sudah sesuai standar, akurat, dan presisi titik koordinat pada *software Mach3* terhadap sumbu X, Y, dan Z. Berikut adalah hasil kalibrasi sumbu X, Y, dan Z menggunakan *software Mach3*:

1. Hidupkan mesin *CNC Milling*, buka *software Mach3* pada laptop, seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 setelah tampilan utama pada *software* telah muncul, hubungkan kabel *port Breakoutboard* ke laptop, dan ketika sudah terhubung *mach3* akan dapat mengoperasikan gerakan mesin.

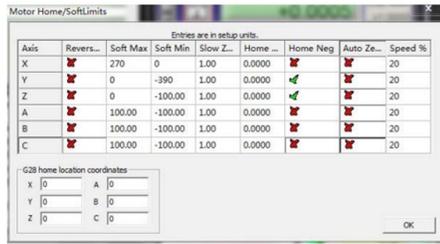


Gambar 10. Layar utama *Mach3*

2. Melakukan pengaturan sistem koordinat mesin menggunakan *Software mach3*, dengan cara klik menu "*config*" lalu pilih *homings/limits* yang bertujuan untuk mencari titik 0 pada mesin, dan pada saat sebelum di kalibrasi posisi awal sumbu X adalah di arah negatif, posisi awal sumbu Y dan sumbu Z berada pada arah positif.

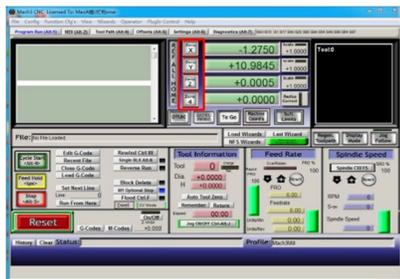


Gambar 11. Tampilan menu *config* pada *software Mach3*



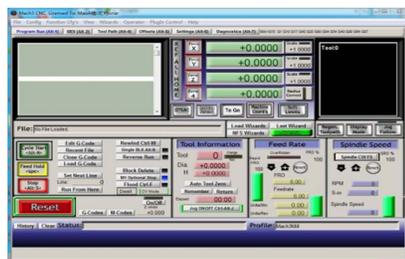
Gambar 12. Tampilan menu homing/limits

- Setelah menu *homing/limits* terbuka disini proses input setting dapat dibuat untuk dapat mengatur seberapa jauh batas pergerakan mesin pada setiap sumbu di mesin *CNC Milling*, sehingga mesin tidak akan bergerak melampaui batas yang sudah ditentukan pada setiap sumbu. Dan ketika sudah selesai klik *OK*.
- Setelah itu untuk membuat titik nol pada semua sumbu mesin *CNC Milling*, tekan tombol nol pada setiap sumbu satu persatu.



Gambar 13. Tekan nol pada setiap sumbu

- Setelah proses selesai maka dengan otomatis titik koordinat pada semua sumbu mesin *CNC Milling* adalah nol.



Gambar 14. Layar utama setelah semua sumbu pada titik nol

Setelah proses kalibrasi selesai dilakukan menggunakan *Software Mach3* maka langkah selanjutnya bisa dilakukan pengujian sumbu X, Y, dan Z, untuk mendapatkan data analisa yang diperlukan dalam pengujian penelitian.

Pengujian Sumbu X, Y, dan Z Pada Mesin *CNC Milling*

Proses sumbu X, Y dan Z pada Mesin *CNC Milling DMTG XD-40A* dilakukan menggunakan *software Mach3* sebagai layar monitor, setting parameter sumbu, *input G-code*, dll. Proses pengujian juga membutuhkan alat bantu pengujian yaitu, *Dial Indicator*. Penggunaan *dial indicator* pada pengujian dilakukan untuk dapat mengetahui sudah akurat kah hasil pengujian yang dilakukan. Proses pengujian sistem kontrol penggerak sumbu dilakukan dengan 10 kali pengujian dengan menggunakan metode absolut, yaitu metode yang menerapkan kembalinya titik koordinat pada titik awal 0 setelah setiap percobaan diberikan jarak pergerakan pada sumbu. Dengan mealakukan pengujian ini agar dapat mengetahui sudah akurat dan presisi atau belum pengujian sumbu tersebut.

Pengujian Sumbu X

Proses pengujian sistem kontrol penggerak sumbu X dilakukan dengan 10 kali pengujian agar dapat mengetahui sudah akurat dan presisi atau belum pengujian sumbu X tersebut.



Gambar 15. Hasil pengujian sumbu X

Setelah dilakukan hasil pengujian sumbu X pada mesin *CNC Milling* dapat diketahui dengan melakukan 10 kali pengujian sumbu X dengan cara *setting* titik koordinat pada titik nol, lalu sumbu X digerakan sejauh jarak yang sudah ditentukan sesuai pada tabel diatas dengan satuan milimeter, sumbu X akan bergerak ke titik semula dengan akurat dan presisi.

Pengujian Sumbu Y

Proses pengujian sistem kontrol penggerak sumbu Y dilakukan dengan 10 kali pengujian agar dapat mengetahui sudah akurat dan presisi atau belum pengujian sumbu Y tersebut.

Tabel 3. Hasil pengujian sumbu X

NO	Posisi Awal (mm)	Jarak (mm)	Posisi Akhir (mm)
1	0	500	0
2	0	400	0
3	0	300	0
4	0	200	0
5	0	100	0
6	0	50	0
7	0	10	0
8	0	1	0
9	0	0,1	0
10	0	0,01	0



Gambar 16. Hasil pengujian sumbu Y

Tabel 4. Hasil pengujian sumbu Y

NO	Posisi Awal (mm)	Jarak (mm)	Posisi Akhir (mm)
1	0	400	0
2	0	300	0
3	0	200	0
4	0	150	0
5	0	100	0
6	0	50	0
7	0	10	0
8	0	1	0
9	0	0,1	0
10	0	0,01	0

Setelah dilakukan hasil pengujian sumbu Y pada mesin *CNC Milling* dapat diketahui dengan melakukan 10 kali pengujian sumbu Y dengan cara setting titik koordinat pada titik nol, lalu sumbu Y digerakan sejauh jarak yang sudah ditentukan sesuai pada tabel diatas dengan satuan milimeter, sumbu Y akan bergerak ke titik semula dengan akurat dan presisi.

Pengujian Sumbu Z

Proses pengujian sistem kontrol penggerak sumbu Z dilakukan dengan 10 kali pengujian agar dapat mengetahui sudah akurat dan presisi atau belum pengujian sumbu Z tersebut.



Gambar 17. Hasil pengujian sumbu Z

Setelah dilakukan hasil pengujian sumbu Z pada mesin *CNC Milling* dapat diketahui dengan melakukan 10 kali pengujian sumbu Z dengan cara setting titik koordinat pada titik nol, lalu sumbu Z digerakan sejauh jarak yang sudah ditentukan sesuai pada tabel diatas dengan satuan milimeter, sumbu Z akan bergerak ke titik semula dengan akurat dan presisi.

Tabel 5. Hasil pengujian sumbu Z

NO	Posisi Awal (mm)	Jarak (mm)	Posisi Akhir (mm)
1	0	350	0
2	0	300	0
3	0	200	0
4	0	150	0
5	0	100	0
6	0	50	0
7	0	10	0
8	0	1	0
9	0	0,1	0
10	0	0,01	0

Hasil Perhitungan *Cutting Speed*, Kecepatan Putaran *Spindel*, dan Laju Pemakanan

Sebelum melakukan proses *milling*, hal yang perlu dilakukan adalah menentukan bahan benda kerja yang akan dibuat dan pisau *milling* yang akan digunakan. Dalam penelitian ini bahan benda kerja yang digunakan adalah *Alloy Steel*, serta pisau yang digunakan adalah pisau *End mill face cutting dept max 6mm*. Setelah dilakukan

pemilihan bahan dan alat tersebut maka dapat dilakukan proses perhitungan *Cutting Speed* (C_s), Kecepatan Putaran Mesin, dan Laju Pemakanan (V_f). Berikut adalah hasil perhitungannya:

Perhitungan *Cutting Speed*

Menentukan nilai *cutting speed* pada proses milling dapat dilakukan dengan cara melihat pada tabel 1 kecepatan potong, dimana bahan yang digunakan dalam proses *milling* adalah *Alloy Steel* dengan diameter pisau sebesar 6mm. dan nilai *Cutting Speed* pada tabel dengan bahan alloy steel adalah 18-21m/min dengan pisau *milling* jenis *HSS*. $C_s = 21\text{m/min}$

Perhitungan Kecepatan Putaran Spindel

Perhitungan kecepatan putaran spindel dilakukan menggunakan persamaan (2). Hasil dari perhitungan kecepatan putaran spindel adalah 1114,6 rpm.

Perhitungan Laju Pemakanan

Setelah proses *milling* pada Mesin *CNC Milling* selesai dilakukan maka dapat dilakukan perhitungan laju pemakanan (*Feed Rate*) dengan menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan *feed rate* (laju pemakanan) pada proses *milling* dalam penelitian ini adalah 111,4 mm/menit.

Proses Milling Pada Mesin *CNC Milling DMTG XD-40A*

Proses *milling* dilakukan setelah proses kalibrasi, dan pengujian sumbu selesai dilakukan, dimana proses *milling* adalah proses pemesinan untuk membuat benda kerja dengan menggunakan Mesin *CNC Milling*. Berikut adalah tahapan proses *milling* dilakukan:

1. Hidupkan mesin *CNC Milling* dan *Software mach3*
2. Siapkan benda kerja yang akan dibuat
3. Pasang ragum pada meja mesin *CNC Milling*, dan kunci menggunakan *bracket* agar ragum terpasang kokoh diatas meja.
4. Pasang pisau *endmill* dan *arbor* pada spindel dengan menggunakan *pneumatic* agar ruang cekam spindel dapat terbuka, lalu lepas *pneumatic* agar ruang cekam pada spindel tertutup dan mencekam *arbor* dengan kuat.

5. Pasang benda kerja pada ragum dengan posisi yang sesuai.



Gambar 18. Hasil pemasangan benda kerja pada ragum dan arbor pada spindel

6. Hidupkan *spindel* untuk memutar pisau *endmill*, lalu *setting rpm spindel* yang akan digunakan pada proses pemesinan, dan rpm *spindel* yang digunakan adalah 1100rpm.
7. *Setting* kedalaman pemakanan yang akan digunakan pada proses pemesinan, dan kedalaman pemakanan yang digunakan adalah 2mm.
8. Lalu dekatkan posisi pisau *milling* ke ujung benda kerja.



Gambar 19. Proses setting pisau terhadap benda kerja

9. Proses *milling* dapat dilakukan secara bertahap dari ujung kiri benda kerja sampai ujung kanan benda kerja, dan setelah proses pemakanan telah dilakukan sampai ujung benda kerja, posisi pisau akan kembali ke posisi kiri benda kerja untuk melakukan proses pemakanan pada permukaan benda kerja yang belum terkena proses *milling*.
10. Dengan dilakukannya proses *milling* pada benda kerja menggunakan mesin *CNC Milling* ini bertujuan untuk meratakan permukaan bagian atas benda kerja dengan

kecepatan spindle 1100rpm dan kedalaman pemakanan adalah 2mm.



Gambar 20. Proses *milling* pada mesin CNC

11. Setelah permukaan benda kerja dirasa sudah rata dari hasil proses pemakanan, maka proses *milling* pada Mesin *CNC Milling DMTG XD-40A* selesai dilakukan.



Gambar 21. Hasil proses *milling*

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang retrofit sistem kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z pada mesin *CNC Milling DMTG XD-40A* yang sudah dilakukan di atas maka dapat disimpulkan beberapa kesimpulan, yaitu retrofit sistem kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z menggunakan *Breakout board* jenis *NVCM Controller Card* pada Mesin *CNC Milling DMTG XD-40A* berhasil dilakukan.

Hasil kinerja Mesin *CNC Milling DMTG XD-40A* setelah dilakukannya proses retrofit dapat berfungsi kembali dengan baik, sehingga proses pemesinan menggunakan mesin tersebut berhasil dilakukan. Pengaplikasian *software Mach3* sebagai *interface* pengganti *CNC*

Controlled dapat dilakukan, untuk melakukan segala input data dan perintah terhadap Mesin *CNC Milling DMTG XD-40A*.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian tentang retrofit sistem kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z pada mesin *CNC Milling DMTG XD-40A* yang telah dilakukan ada beberapa saran yang disampaikan untuk perbaikan ke depannya yaitu perlu dilakukannya pemahaman, perhitungan, dan ketelitian yang tepat untuk dapat merangkai sistem kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z pada mesin *CNC Milling DMTG XD-40A* dari awal hingga akhir agar seluruh komponen sistem kontrol penggerak sumbu dapat berfungsi dengan baik. Selain itu juga perlu dilakukannya kalibrasi terlebih dahulu setiap sebelum mengoperasikan Mesin *CNC Milling DMTG XD-40A* agar memudahkan proses pemesinan.

REFERENSI

- D. Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, TEKNIK PRODUKSI MESIN INDUSTRI SMK JILID 2 Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Gatot Eka Pramono, M. T., Supriatma, E., & Sutisna, S. P. (2017). Retrofit Motor Stepper Mesin CNC 3 Axis UIKA Prototype 3. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), 60-60.
- Pramono, G. E., Yuliaji, D., Waluyo, R., & Jaenal, J. (2015). Rancang Bangun CNC Mini Router 3 Axis untuk Keperluan Praktikum CAD/CAM. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(1), 6-14.
- Harrizal, I. S., Syafri, S., & Prayitno, A. (2017). *Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Cnc Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Syafa'at, I. (2012). Analisis pengaruh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan material FCD 40 pada mesin bubut CNC. *Momentum*, 8(1).
- Widhiantoro, D. (2017). Pengaruh Spindle Speed dan Feed Rate terhadap Kekasaran Permukaan AL 6061 Melalui Proses CNC Milling sinumeric Type 802S. *Skripsi*.

*Fakultas Teknik Universitas Negeri
Semarang.*

Widiarto, "Teknik Pemesinan Jilid 1". Jakarta:
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah
Kejuruan, 2008.