

RANCANG BANGUN MESIN CNC MILLING MENGGUNAKAN SYSTEM KONTROL GRBL UNTUK PEMBUATAN LAYOUT PCB

Muhammad Jufrizaldy¹, Ilyas², Marzuki²

¹Mahasiswa Prodi D_IV Teknologi Rekayasa Manufaktur
²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280 Buketrata
Email: aldylsm4@gmail.com

Abstrak

Mesin CNC milling adalah mesin potong berbasis komputer yang dapat menjalankan proses secara otomatis pada berbagai macam perintah berbasis bahan yang telah diprogram ke dalam perangkat lunak. Pada tugas akhir kali ini akan dirancang dan diimplementasikan CNC (Computer Numerical Control) Router dengan menggunakan Program G-Code dengan menggunakan GBRL Kontroller sebagai pengontrol mesin CNC. Mikrokontroler digunakan untuk menerima G-Code dari PC yang dikirim ke mikrokontroler yang selanjutnya dikontrol menggunakan GBRL kontroller untuk menggerakkan motor Stepper. Mesin CNC ini dikendalikan dengan menggunakan software GRBL dimana ketika program dimasukkan kedalam software tersebut, stepper motor, spindle serta mata bor akan bergerak. Perancangan ini menggunakan 3 buah stepper motor dimana setiap stepper motor berfungsi untuk menggerakkan sumbu X, Y dan Z. Spindle digunakan sebagai pengendali mata bor yang berfungsi untuk mengukir layout pada PCB.

Kata kunci : Motor Stepper NEMA , Driver Motor Board T, Breakout Board , Power supply , Spindle Kit

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi saat ini semakin berkembang pesat dan telah memberikan dampak disegala bidang .Di jaman sekarang ini, kita telah sering mendengar perkembangan mesin teknologi yang diciptakan sebagai alat mempermudah kegiatan manusia dengan penggunaan teknologi komputer kedalamnya sehingga berdampak pada penggunaan system otomasi. Sistem otomasi merupakan suatu teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik,elektronik dan system yang berbasis computer .

Dengan adanya system tersebut maka pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan secara otomatis sehingga mempermudah dan menghemat tenaga manusia .Teknik kontrol yang digunakan pun begitu beragam sehingga mendapatkan tingkat kecepatan,keefisien dan keakuratan yang tinggi. System pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan system kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya.

Mesin CNC milling ini adalah mesin perkakas yang bekerja 3 sumbu X, Y dan Z. Mesin CNC milling ini akan bekerja sesuai

dengan pola gambar benda kerja yang dibuat dan dilengkapi dengan system kontrol.System control pada mesin CNC milling ini merupakan gabungan dari beberapa komponen yang dihubungkan dengan menggunakan kabel antara satu dengan yang lainnya. Beberapa komponen penting yang terdapat dalam system control mesin CNC milling diantaranya adalah Komputer, Breakout Board, Driver Motor, Stepper Motor dan Power Supply. laju keausan yang lebih cepat dengan pemberian beban [1]

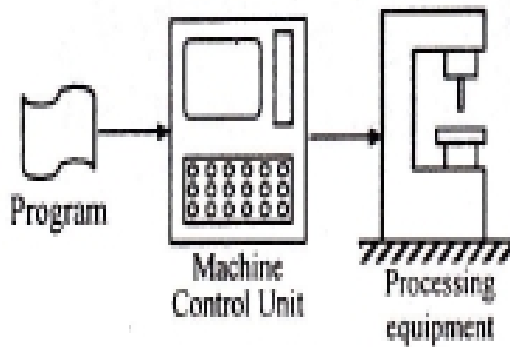
Adapun tujuan dari penelitian ini untuk menerapkan serta mengembangkan bidang teori serta praktek selama mengikuti perkuliahan di Politeknik Negeri Lhokseumawe.

2. CNC (Computer Numerical Control)

Secara garis besar pengertian mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf). Sebagai contoh: apabila pada layar monitor mesin kita tulis M30 spindle utama mesin akan berputar dan apabila kita tulis M05, spindle utama mesin akan berhenti berputar [2]

Prinsip kerja mesin milling adalah gerak utama berputar dilakukan oleh alat potong atau cutter, sedangkan gerak makannya dilakukan oleh benda kerja yang terpasang pada meja kerja. Arah gerakan persumbuan mesin CNC milling yaitu sumbu X untuk arah memanjang meja, sumbu Y untuk arah melintang meja, dan sumbu Z untuk vertikal spindel [3]

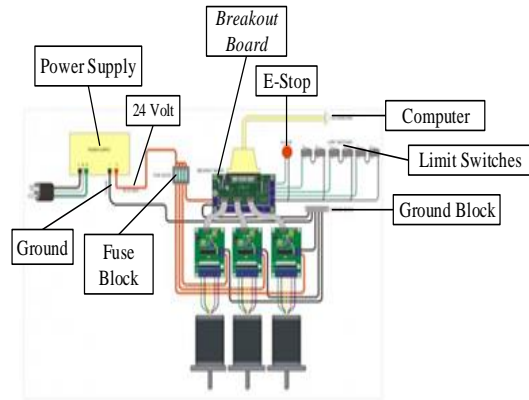
Pada dasarnya mesin CNC adalah mesin perkakas otomatis yang bekerja berdasarkan pola benda kerja yang terlebih dahulu didesain melalui suatu perangkat lunak seperti autocad. Sebuah sistem CNC pada dasarnya terdiri atas tiga komponen dasar, yaitu program yang berisi perintah pengerjaan, unit pengendali mesin *MCU (Machine Control unit)* dan peralatan proses. Sistem yang dibentuk oleh ketiga komponen tersebut secara umum ditunjukkan pada Gambar.1 [4]



Gambar 1 Sistem dasar mesin CNC

a. Skematik Rangkaian Sistem Kontrol

Sistem kontrol numerik pada mesin CNC dapat berjalan dikarenakan adanya seperangkat seperangkat komponen sistem kontrol yang mendukung operasional mesin seperti *stepper motor, driver mot* , *breakout board control, power supply* dan lain lain. Semua komponen tersebut s elanjutnya digabungkan sedemikian rupa dengan kabel-kabel sehingga membentuk perangkat elektronik tertentu. Skematik r angkaiian diperlihatkan pada Gambar .2



Gambar 2. Rangkaian sistem kontrol

b. Perangkat Headware Sistem Kontrol

Perangkat keras pada sistem kontrol CNC milling ini merupakan perangkat keras (peralatan) yang digunakan dalam sistem sistem kontrol mesin CNC 3-axis. Adapun beberapa perangkat keras yang digunakan dalam sistem kontrol mesin CNC ini adalah:

1. Motor Stepper

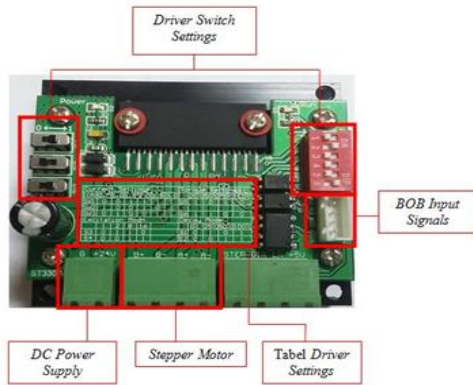
Mesin CNC milling ini, menggunakan *motor stepper*, sebagai aktuator atau penggerak k sumbu X, Y dan Z. penentuan *motor stepper* didasarkan pada beban yang ditanggung oleh *motor stepper* dimana *motor stepper* menggerakkan sumbu X, Y dan Z,. Adapun motor yang digunakan pada mesin CNC milling yang akan dikembangkan ini adalah *motor stepper* jenis NEMA 17 dengan Torsi 178.5 Oz-inch (1,26Nm), maka dengan demikian telah sesuai untuk digunakan sebagai penggerak sumbu X, Y dan Z. Pada gambar.3 menunjukkan konstruksi mekanis *motor stepper* NEMA 17.



Gambar 3 Motor Stepper NEMA 17

2. *Driver Motor*

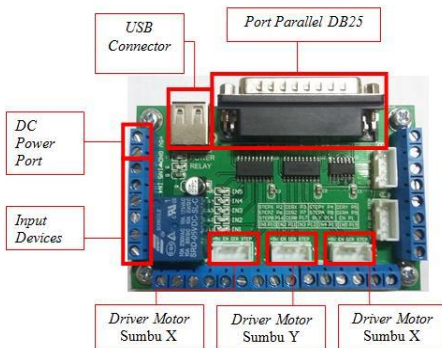
Driver motor merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkomunikasikan *controller* dengan aktuator serta memperkuat sinyal keluaran dari kontroler sehingga dapat dibaca oleh aktuator. Dalam perancangan elemen kontrol ini *motor driver* yang akan digunakan adalah *Board TB6560* untuk mesin CNC 3 axis seperti diperlihatkan oleh Gambar.4



Gambar 4. *Driver Motor Board TB6560*

3. *Breakout Board*

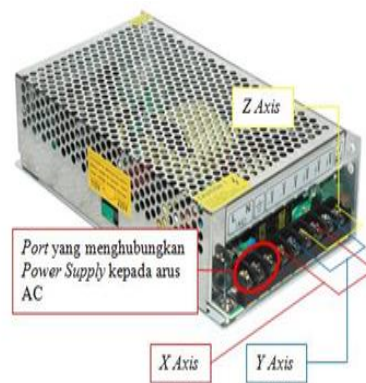
Breakout Board merupakan *card electronic* yang berfungsi menghubungkan sinyal data dari computer baik *input* maupun *output* kepada aktuator. BOB nantinya difungsikan sebagai penghubung sinyal data dari komputer menuju *relay* atau *driver*, BOB memiliki beberapa *port* yang nantinya terhubung ke masing-masing *port* seperti ke PC, *stepper motor 3 axis*, *input device*, *usb connector* dan sumber tenaga (*power*). Adapun uraian lengkap tentang BOB dan *port* konektornya diperlihatkan oleh Gambar. 5



Gambar 5. *CNC Breakout Board ST-V*

4. *Power supply*

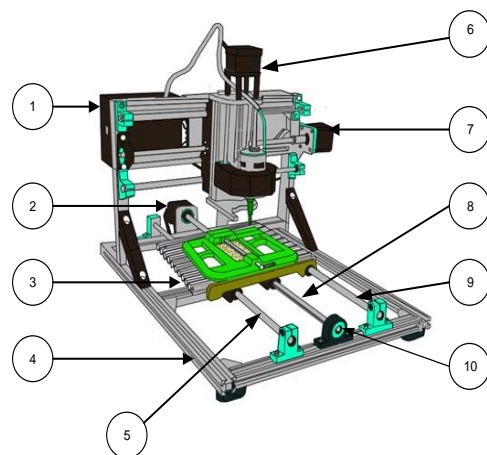
Power Supply adalah perangkat yang berfungsi sebagai penyedia utama daya tegangan DC bagi *CNC milling* seperti untuk sumber daya motor *stepper* dan *spindle*. Fungsi dasar dari *power supply* adalah merubah tegangan arus bolak balik menjadi arus searah. Daya yang dihasilkan oleh *power supply* ini dijaga konstan agar memberikan suplay yang optimal bagi *motor* dan *spindle*. Adapun besarnya tegangan yang terdapat pada terminal *power supply* arus searah ini adalah 24 Votdc Ampere. Pada Gambar.6 menunjukkan *power supply* yang digunakan pada mesin CNC milling ini



Gambar 6. *Power supply*

3. **Metode Produksi**

Adapun desain gambar mesin CNC milling yang penulis buat dapat diperhatikan pada gambar.7



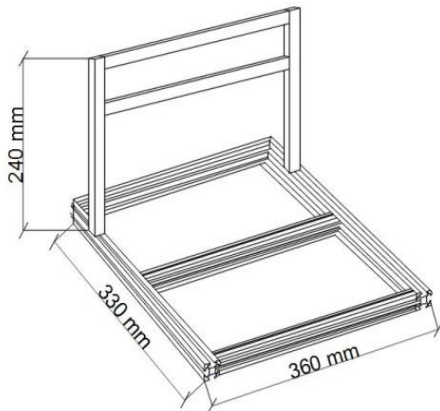
Gambar 7. *Gambar rancangan mesin CNC milling*

3.1 Langkah – Langkah Pembuatan Komponen

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan alat *simulator gearbox* antara lain sebagai berikut:

a. Dudukan Rangka mesin CNC

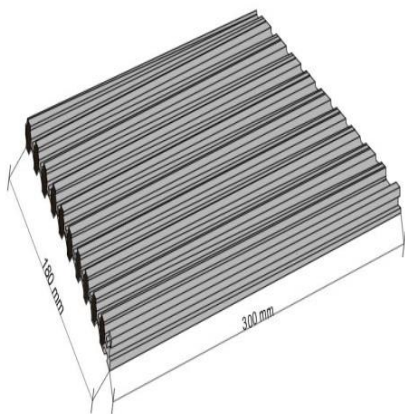
Dudukan rangka mesin CNC dapat dilihat seperti pada gambar.[8] berfungsi sebagai tempat untuk dudukan semua komponen elektronik, adapun material yang digunakan dalam pembuatan kerangka adalah aluminium acrilik dengan tinggi 240 mm, lebar 330 mm dan panjang 360 mm.



Gambar 8. Kerangka mesin

b. Meja Mesin

Material yang digunakan dalam pembuatan meja CNC ini adalah aluminium dengan panjang 300 mm dan lebar 180 mm.



Gambar 9. Meja mesin

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan mesin CNC milling dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

a. Alat

Pada tabel dibawah memperlihatkan alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan mesin CNC Milling.

Tabel 1. Peralatan yang digunakan untuk pembuatan mesin CN

NO	Alat	Jumlah
1	Penggores	1 unit
2	Kunci ring/pas	2 unit
3	Penitik	1 unit
3	Palu	1 unit
5	Mistar siku	1 unit
6	Mesin gerinda tangan	1 unit

b. Bahan

Adapun bahan-bahan yang akan digunakan pada proses pembuatan mesin CNC millin g ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Bahan yang digunakan untuk pembuatan mesin CNC

NO	Bahan	Kegunaan
1	Aluminium	Pembuatan rangka
2	Bearing Box	Untuk tumpuan poros
3	Meja	Dudukan benda kerja
3	Ragum	Penjepit benda kerja
5	Ball screw	Penggeraksumbu
6	Motor Stepper	Sumber putaran

3.3 Diagram Alir

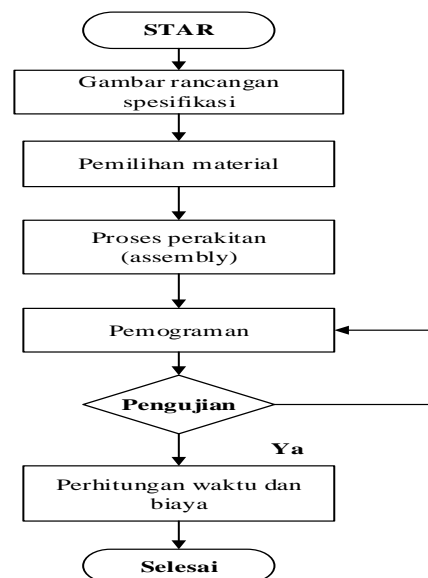


Diagram 1. DiagramAlir

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Pembuatan Mesin CNC Milling

Mesin CNC Milling yang dikembangkan ini merupakan mesin CNC yang di kontrol dengan menggunakan software Grbl melalui perangkat komputer. Mekanisme kerja mesin CNC milling ini adalah dengan melakukan pembuatan pola benda kerja yang didesain dengan bantuan perangkat lunak *Diptrace*, perangkat lunak *Copercam*.



Gambar 10. Hasil Pembuatan Mesin CNC Milling

4.2 Spesifikasi Teknik Mesin CNC Milling

Mesin CNC milling memiliki spesifikasi teknik sebagai berikut:

1. Dimensi mekanis CNC milling:
 - panjang : 330 mm
 - Lebar : 360 mm
 - Tinggi : 240 mm
2. Dimensi kerja mesin CNC milling
 - Panjang : 180 mm
 - Lebar : 300 mm
3. Dimensi benda kerja maksimum
 - Panjang : 170 mm
 - Lebar : 150 mm
 - Ketebalan : 2 mm
4. Mata pahat
 - Diameter : 1mm dan 2 mm
 - Material : HSS
5. Sumber daya listrik
 - Sumber daya motor stepper : 12V- 24VDC
 - Sumber daya input power supply : 100 - 24V-1.3A
 - Sumber daya output power supply : 24 V- 5A

4.3 Proses Perakitan Alat

Material untuk rangka seperti gambar. 11 dipilih aluminium dengan ukuran 330 x 360 x 240 mm. Material diproses menggunakan siku di setiap sudut, sehingga memperoleh dimensi akhir.



Gambar 11. Kerangka utama

4.4 Hasil Perhitungan kecepatan Motor Stepper Nema 17

Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa frekuensi kendali atau step pulsa yang diberikan oleh mikrokontroler adalah $f=10$ KHz.

$$\omega = \frac{60}{Np} pps = \frac{60 \cdot 10}{2} = 3 \text{ rpm}$$

Untuk menghitung jarak pergerakan sumbu (AXIS) X,Y atau Z, maka berdasarkan data motor stepper NEMA 17 yaitu:

- 1 putaran penuh motor stepper menghasilkan 200 step
 - 1 putaran penuh bergerak lurus sepanjang 2 mm
 - 1 step = $1/200 \times 2 \text{ mm} = 0.01 \text{ mm}$
- Jika sumbu X digerakkan sepanjang 10 mm, maka motor stepper akan berputar

$$\frac{10}{2} [mm] = 5 \text{ putaran}$$

Maka motor stepper akan bergerak:

$$\frac{10}{2} [mm] \times 200 [step] = 1000 \text{ step}$$

4.5 Prinsip Kerja Mesin CNC Milling

Perancangan mesin CNC milling dilakukan dalam beberapa proses. keseluruhan proses saling terkait agar tujuan perancangan mesin CNC milling dapat tercapai. Pada Diagram.2 menunjukkan prinsip kerja mesin CNC milling.

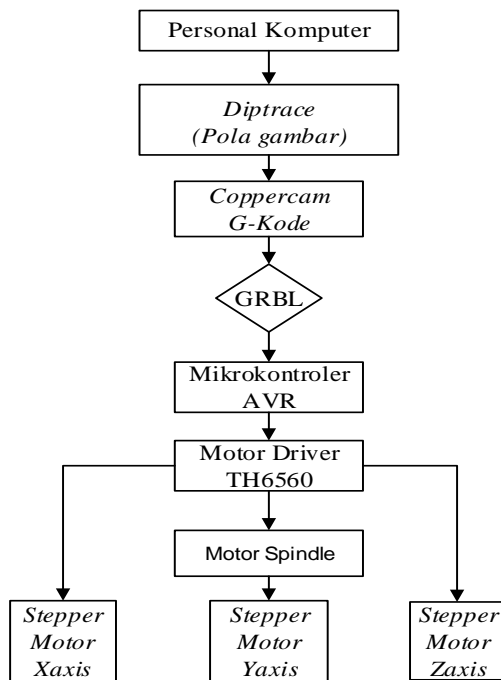
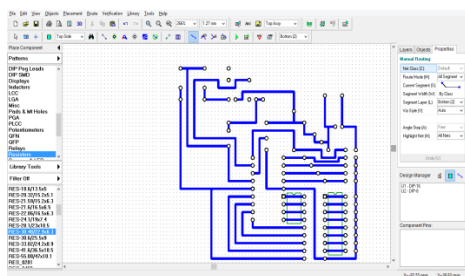


Diagram 2. Diagram alir prinsip kerja mesin CNC milling

4.6 Perangkat Lunak diptrace

dunia elektronika skema rangkaian pada layout PCB adalah hal dasar yang perlu dipahami sama seperti halnya komponen-komponen dan alat ukur dalam dunia elektronika. PCB menjadi sangat special karena tidak dijual dipasaran. Tentu PCB yang sesuai dengan skema rangkaian yang telah kita buat atau akan kita gunakan nanti. Pada gambar. [12] memperlihatkan Desain pola gambar menggunakan perangkat lunak Diptrace.



Gambar 12. Desain pola gambar menggunakan perangkat lunak Diptrace

Desain pola benda kerja, awalnya menggunakan perangkat lunak *diptrace* ini dimaksudkan untuk mensimulasi benda kerja sebelum pembentukan layout pcb. Ada beberapa hal yang akan dilakukan yaitu pemodelan benda kerja dengan menggunakan perangkat lunak *coppercam* Langkah lain yang perlu dilakukan adalah perencanaan benda kerja yang akan dikerjakan oleh mesin CNC milling ini. Hal ini seperti pemilihan jenis mata pahat, material benda kerja, perhitungan parameter kecepatan potong dan kecepatan putaran spindle.

Sedangkan *Coppercam* diperuntukkan untuk menerjemahkan kode G untuk mengatur pergerakan sumbu X, Y dan Z berdasarkan pola layout yang telah dibuat pada perangkat lunak *Diptrace*, proses pengerjaan layout dilakukan dengan menggunakan personal komputer. Pada Gambar [13] memperlihatkan *G-code* yang dihasilkan oleh *Coppercam*.

```

File Edit Format View Help
G21 G40 G54
G80 G90 G94
T1 M06 ( Basic Engraver )
M03 S12000
M07
G00 X21.334 Y18.246
G00 Z0
G01 F60 Z-0.2
G01 F600 X21.805
G01 X21.962 Y18.261
G01 X22.112 Y18.307
G01 X22.251 Y18.381
G01 X22.373 Y18.481
G01 X22.473 Y18.603
G01 X22.548 Y18.742
G01 X22.593 Y18.893
G01 X22.609 Y19.05
G01 X22.593 Y19.207
G01 X22.548 Y19.358
G01 X22.473 Y19.497
G01 X22.373 Y19.619
G01 X22.251 Y19.719
G01 X22.112 Y19.793
G01 X21.962 Y19.839
G01 X21.805 Y19.854
G01 X20.105
G01 X19.948 Y19.839
G01 X19.798 Y19.793
G01 X19.659 Y19.719
G01 X19.537 Y19.619
G01 X19.437 Y19.497
G01 X19.362 Y19.358
G01 X19.317 Y19.207
G01 X19.301 Y19.05
G01 X19.317 Y18.893
G01 X19.362 Y18.742
    
```

Gambar 13. *G-code* yang dihasilkan oleh *Coppercam*

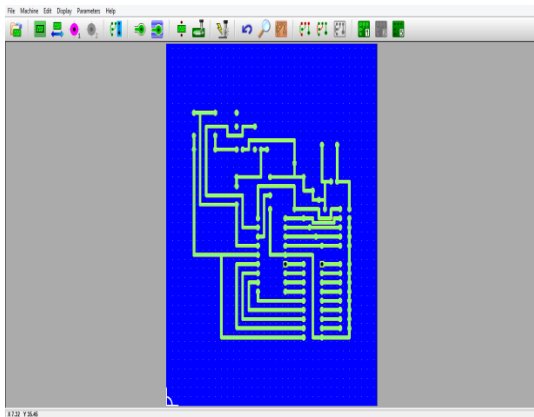
4.7 Proses Simulasi Menggunakan Perangkat Lunak Coppercam

Pada awalnya benda kerja didesain dengan bantuan perangkat lunak *Diptrace*. Kemudian pola benda kerja itu disimulasi dengan menggunakan perangkat lunak *Coppercam* untuk memastikan bahwa system koordinat pergerakan sumbu X, Y dan Z dapat dipastikan sesuai dengan mesin CNC milling. Simulasi perangkat lunak *Coppercam* yaitu dengan menggunakan mata pahat HSS END

MILL 1 dan 2 mm. Untuk proses simulasi ini dapat dilihat sebagai berikut:

1) Simulasi layout PCB

Pada simulasi proses milling ini dilakukan untuk pembuatan layout papan pcb, proses pengujian pembuatan layout dilakukan menggunakan mesin CNC milling pada benda kerja dimensi 170x150 mm dengan ketebalan 2 mm. Dengan menggunakan perangkat lunak Coppercam, Pengujian layout benda kerja dilakukan pada material pcb. Simulasi pembuatan layout dapat dilihat pada Gambar.14



Gambar 14. Proses simulasi layout PCB dengan Coppercam

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada perangkat lunak Coppercam maka dapat disimpulkan lamanya proses unjuk kerja simulasi dan kecepatan, pemakanan pada benda kerja dapat dilihat pada:

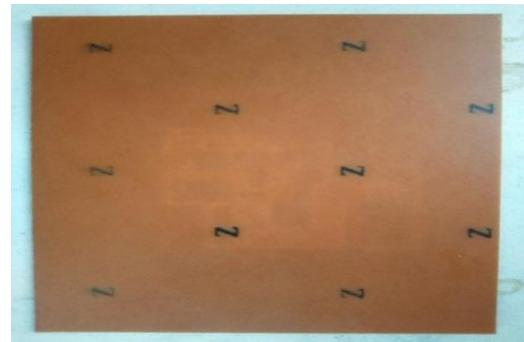
Tabel 3. Unjuk kerja pengerjaan milling untuk pembuatan layout PCB

NO Unjuk Kerja Mesin CNC Satuan Milling	
1	Spindle speed (rpm) 1000 rpm
2	Ramp spindle speed (rpm) 1000 rpm
3	Engraving speed 10 mm/s
4	Cutting depth 1 mm
5	Rapid speed 2500 mm/s
6	Surface speed 10.000 m/min
7	Tolerance 0.01 mm
8	Lamanya proses permesinan 00.06.51 min/s

4.7.1 Pengujian benda kerja pada PCB

Proses pemakanan benda kerja oleh mesin CNC milling ini tentunya sesuai dengan standar material atau bahan benda kerja yang

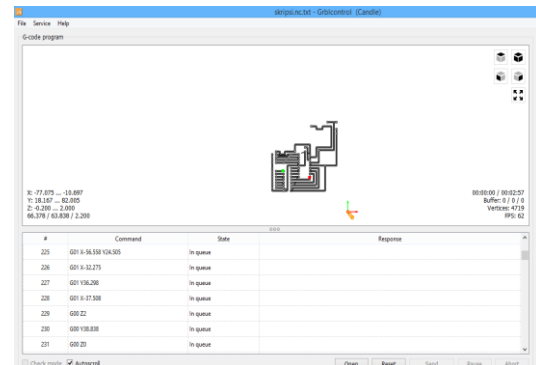
digunakan papan pcb. Kapasitas benda kerja yang digunakan pada proses permesinan mesin CNC milling ini yaitu papan PCB yang berdimensi 170x150x2 mm.



Gambar 15. Material benda kerja papan PCB

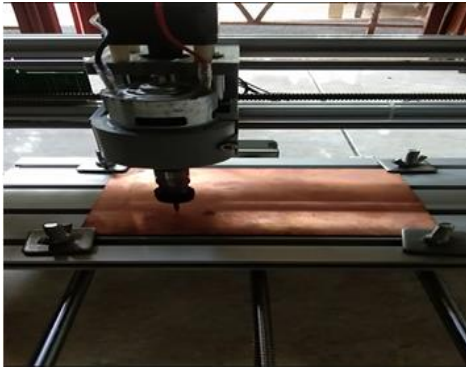
4.7.2 Proses Penentuan Titik sumbu X, Y dan Z terhadap benda kerja

Proses penentuan titik sumbu X, Y dan Z dilakukan untuk pengatur gerakan sumbu X, Y dan Z sesuai koordinat yang dihasilkan oleh perangkat lunak Coppercam dan dikirim file berupa NC. File nc diteruskan keperangkat keras mikrokontroler melalui port USB, mesin CNC milling yang terhubung dengan Software Grbl, untuk mengendalikan pergerakan sumbu X, Y dan Z melalui port USB. Untuk proses pengerjaan benda kerja sesuai yang telah dibuat dengan perangkat lunak diptrace.



Gambar 16. Proses penentuan titik sumbu X, Y dan Z

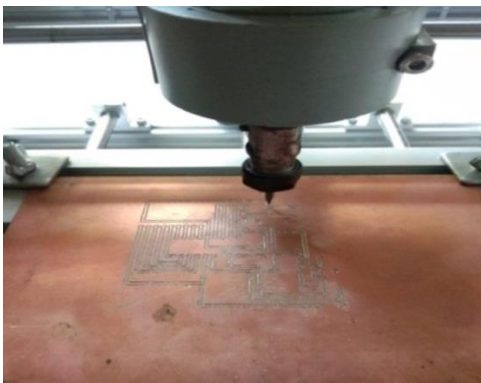
Pada Gambar.17 memperlihatkan proses penentuan sumbu X, Y dan Z mesin CNC milling ini dilakukan dengan cara mengatur posisi benda kerja dan mata pahat/tool. Proses penyetingan ini dilakukan berdasarkan pembacaan zero tool pada Software Grbl dan disesuaikan dengan mesin CNC milling agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan pembuatan produk dan untuk mendapatkan hasil yang optimal.



Gambar 17. Proses Penentuan benda kerja Dengan mata pahat

4.7.3 Proses pengerjaan layout pada PCB

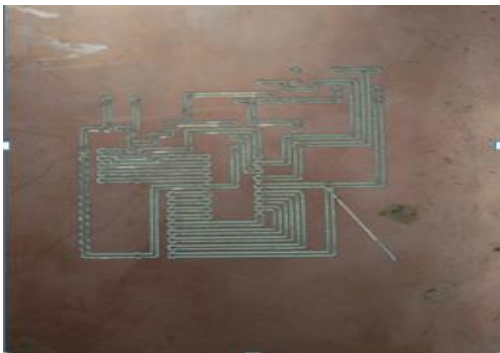
Proses pengerjaan layout dilakukan menggunakan material Pcb. Benda kerja ini memiliki dimensi 170x150 dengan ketebalan 2 mm. Pada Gambar.18 memperlihatkan proses pengerjaan layout oleh mesin CNC milling.



Gambar 18. Proses pengerjaan layout Pada mesin CNC milling

4.8 Hasil Proses Pemesinan CNC Milling

Berdasarkan hasil pemesinan dengan mesin CNC Milling ini, maka di dapat benda kerja pada papan PCB. Pada Gambar.19 memperlihatkan hasil pengujian pemesinan mesin CNC milling.



Gambar 19. Hasil pengujian pemesinan

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan mesin CNC milling 3 axis ini, beberapa langkah dan metode diterapkan. Dari perancangan dan pembuatan mesin CNC milling ini, dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain adalah :

1. Telah diperoleh sebuah rancangan skematik sistem kontrol mesin CNC yang mampu menggerakkan mesin searah tiga sumbu X, Y, dan Z.
2. Mesin *CNC milling* ini merupakan mesin yang mampu membantu untuk membuat *layout* PCB secara cepat dan mudah.
3. Berdasarkan bentuk rancangan yang telah dibuat, selanjutnya telah dirakit sistem kontrol mesin CNC yang disusun oleh beberapa komponen seperti Komputer, Breakout Board, Motor Driver, Motor Stepper, Power Supply.

6. Saran

Berdasarkan hasil pengujian unjuk kerja mesin CNC milling ini masih memiliki kelemahan untuk menjadi perbaikan dikemudian hari yaitu: Ball screw penempatan sumbu X, Y dan Z perlu dipilih dan ditentukan jenis ball screw yang spesifik agar proses pemakanan benda kerja lebih cepat

7. Daftar Pustaka

- [1] Jaya Suteja, et all. (2008). Optimasi Proses Pemesinan Milling Fitur Pocket Material Baja Karbon Rendah Menggunakan Response Surface Methodology. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 1-7. Retrieved from.
- [2] Dwi, H., Sukma, J., Mesin, J. T., Teknik, F., & Jember, U. (2016). Optimasi Laju Pembuangan Material Aisi 1045 Pada Bubut Cnc Dengan Metode Taguchi.
- [3] Herliansyah, M. K. (2003). Pengembangan CNC Retrofit Milling untuk Meningkatkan Kemampuan Mesin Milling Manual Dalam Pemesinan. *Forum*.
- [4] *Teknik*, 29(1), 62-70. Nugroho, T. U., Saputro, H., & Estriyanto, Y. (2012). Pengaruh Kecepatan Pemakanan Dan Waktu Pemberian Pendingin Terhadap Tingkat Keausan Cutter End Mill Hss Hasil Pemesinan Cnc Milling Pada Baja St 40, 1(1), 79-89