

RANCANG BANGUN CNC MILLING MACHINE HOME MADE UNTUK MEMBUAT PCB

Dityo Kurniawan Pradana

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361, TLP. (0361) 703315

Email : dityo_kurniawan@yahoo.com

Abstrak

Kendala yang dimiliki oleh seorang penggemar elektronik untuk membuat PCB diantaranya adalah efisiensi waktu, tenaga, dan biaya. Pembuatan *CNC milling machine* merupakan salah satu solusi yang tepat untuk membuat PCB. *CNC milling machine* adalah mesin bubut otomatis yang bekerja atas dasar perintah *Numerical Code*. Rancang bangun *CNC Milling Machine Home Made* ini dikontrol oleh komputer yang akan mengontrol IC L297 melalui *parallel port*. IC L297 ini kemudian memberikan empat data digital a, b, c dan d untuk mengatur phase IC L298 yang menyalurkan tegangan untuk koil *motor stepper unipolar*. Pada akhirnya *motor stepper unipolar* akan memutar baut dan dapat menggerakkan meja sumbu menggunakan prinsip kerja ulir.

Kata Kunci: *Parallel Port, Layout PCB, CNC Milling Machine Home Made, Numerical Control*

1. PENDAHULUAN

Para penggemar elektronik (*hobbyist*) memiliki kendala dalam pembuatan *layout PCB* antara lain sulitnya proses penyablonan, repotnya menghilangkan tembaga dengan *ferrychloride* (FeCl_3), kendala repotnya saat melakukan pengeboran PCB menggunakan bor tangan dan sebagainya.

Penulis akan merealisasikan *CNC Milling Machine Home Made* dengan pengendali menggunakan komputer yang dijalankan oleh sebuah program untuk membuat *layout PCB*. Mesin inidapat mengerjakan PCB sesuai keinginan pengguna. Pengguna cukup dengan menggambar jalur PCB dengan perangkat komputer, sehingga bisa menghemat waktu dan tenaga. Mesin ini dikendalikan oleh komputer yang menggunakan *G-Code*. *G-Code* terdiri dari perintah koordinat yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Dengan demikian *CNC Milling Machine* akan bekerja sesuai dengan data digital yang diterima dari *output parallel port* komputer. Dengan direalisasikan mesin ini, diharapkan agar para penggemar elektronik (*hobbyist*) dapat membuat *layout PCB* dengan cepat, mudah dan murah.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 PCB

PCB atau *printed circuit board* adalah sebuah papan yang penuh dengan sirkuit dari logam yang menghubungkan komponen elektronik satu dengan lainnya tanpa menggunakan kabel. lainnya tanpa menggunakan kabel.[2]

2.2 Komunikasi Paralel

Parallel port banyak digunakan dalam berbagai macam aplikasi antarmuka. *Port* ini membolehkan kita memiliki masukan hingga 8 bit atau keluaran

hingga 12 bit pada saat yang bersamaan, dengan hanya membutuhkan rangkaian eksternal sederhana untuk melakukan suatu tugas tertentu. *Parallel port* ini terdiri dari 4 jalur kontrol, 5 jalur status dan 8 jalur data.[3]

2.3 Program CNC

Sebagian besar dari standar kode CNC yang dipakai adalah kode G, *G-Code* pertama di buat tahun 1950 yang dirancang oleh *Massachusetts Institute of Technology* di MIT *Servomechanisms Laboratory*. [4]

Standar pengkodean CNC di Eropa menggunakan standar ISO 6983, meskipun di negara-negara lainnya menggunakan standar lainnya, misalnya DIN 66025 atau PN-73M-55256, PN-93/M-55251 di Polandia. [5]

2.4 Motor Stepper

Motor Stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. *Motor Stepper* bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan. Karena itu, untuk menggerakkan *Motor Stepper* diperlukan pengendali *Motor Stepper* yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Penggunaan *Motor Stepper* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa. Keunggulannya antara lain :

1. Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
2. Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak.
3. Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi.
4. Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik (perputaran).
5. Sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC.

6. Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya. [7]

2.5 CAD / CAM

CAD atau *Computer Aided Design* adalah suatu program komputer untuk menggambar suatu produk yang digambarkan oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2 dimensi dan gambar 3 dimensi. [7]

CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) adalah proses selanjutnya dibantu computer setelah *computer aided design(CAD)*. Model yang dihasilkan dalam CAD lalu diverifikasi untuk dapat masukan ke dalam perangkat lunak CAM, yang kemudian mengontrol mesin.[8]

2.6 IC L297

IC L297 adalah *integrated circuit* yang menghasilkan *flip-flop* untuk pengendalian *Motor Stepper* dengan sinyal-sinyal digital pada tiap phasesnya. IC ini sangat ideal untuk mengatur pulsa yang akan dikonversikan ke dalam *driver*. [9]

2.7 IC L298

IC L298 adalah IC yang mempunyai tegangan keluaran tinggi dan *H-bridge* dengan arus keluaran tinggi. IC L298 logika TTL dan digunakan untuk mengendalikan beban – beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC, dan *motorstepper*. [10]

2.8 Baut

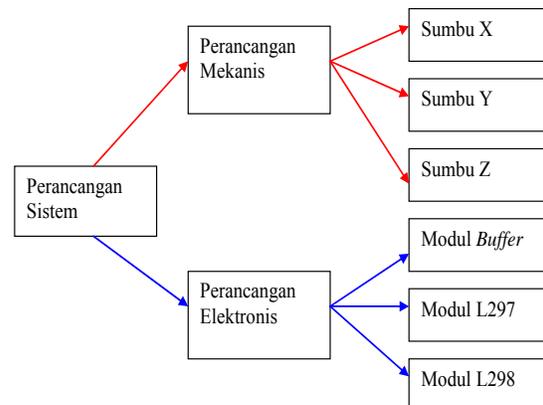
Selain sebagai pengencang, baut memiliki peranan penting bagi kerja suatu mesin atau alat. Yaitu untuk melakukan perhitungan pergerakan masing-masing sumbu pada mesin CNC ini diperlukan dasar-dasar perhitungan yang sudah menjadi standar internasional. Perhitungan ini akan memperkecil ketidak sesuaian (*error factor*) dari akurasi maupun komponen mesin. [11]

3 METODE PENELITIAN

Sesuai dengan langkah-langkah pada Rencana Penelitian, maka perancangan sistem *CNC Milling Machine* dapat dirancang menjadi dua bagian penting yaitu mekanis dan elektronis. Perancangan sistem memfokuskan beberapa poin yaitu:

1. Dapat merancang mekanisasi *CNC Milling Machine* dengan ketepatan sudut dan perancangan yang lebih presisi.
2. Dapat merancang alat berupa *driver control motor stepper* dengan analisis dan perhitungan yang tepat.
3. Merealisasikan *CNC Milling Machine* dan menggunakannya untuk keperluan pembuatan PCB.

Perancangan Sistem dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan mekanis dan perancangan elektronis.



Gambar 1. Diagram Blok Perancangan Sistem

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Realisasi rancang bangun *CNC Milling Machine Home Made* dapat dilihat pada gambar 2.

Realisasi rancang bangun *CNC Milling Machine Home Made* dibagi menjadi dua bagian. Bagian yang menyusun rancang bangun tersebut adalah modul mekanis dan modul elektronis. Dua modul tersebut dapat dilihat pada gambar 3 (modul mekanis) dan gambar 4 sampai dengan gambar 7 (modul elektronis).

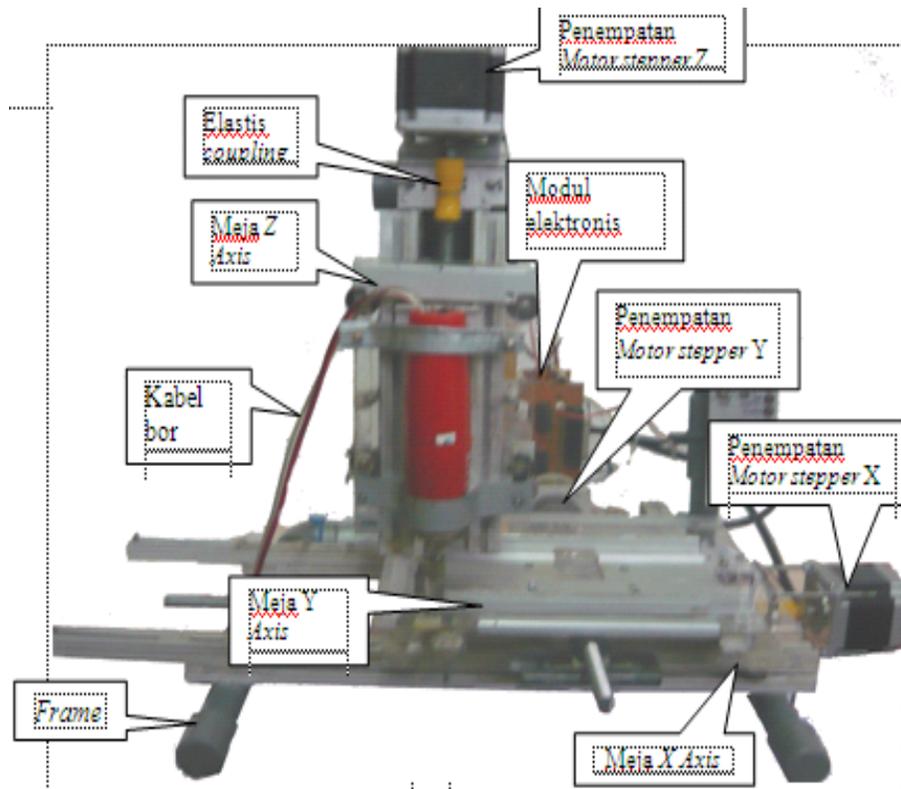
4.2 Pengujian

4.2.1 Pengujian Modul Mekanis

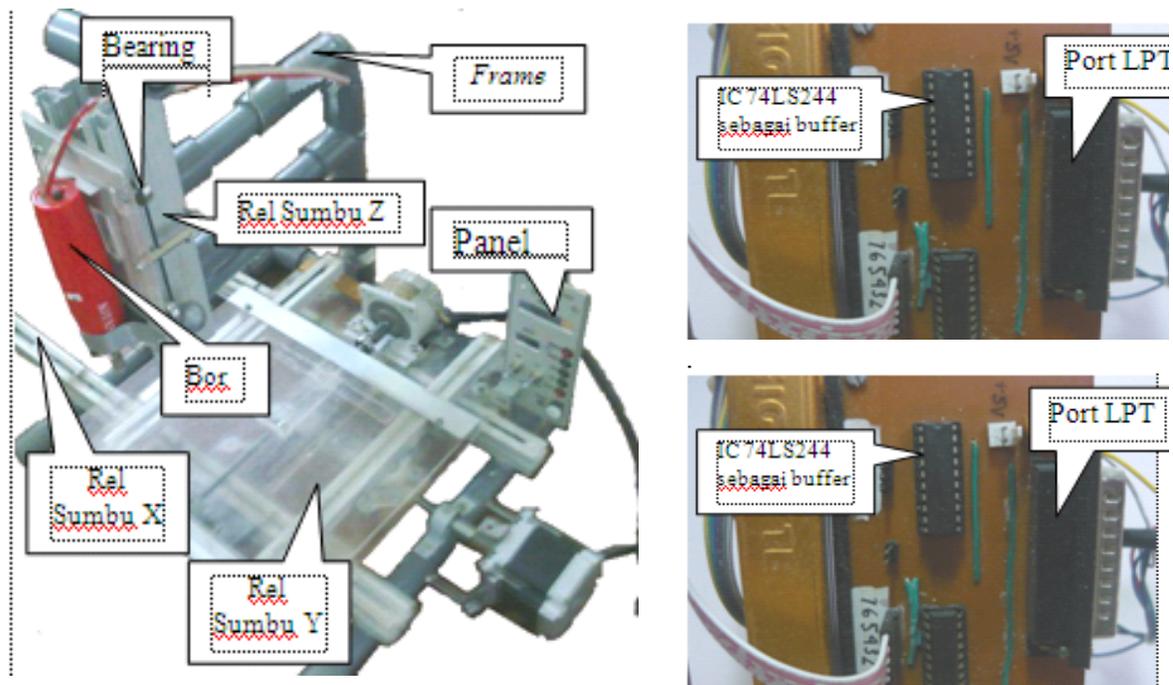
Pengujian modul ini dilakukan dengan menggeser tiap meja sumbu secara manual untuk melihat seberapa persisi sumbu bergerak sesuai yang diinginkan pembuat. Setiap sumbu harus memiliki besaran 90° terhadap sumbu lainnya.

Linear Motion

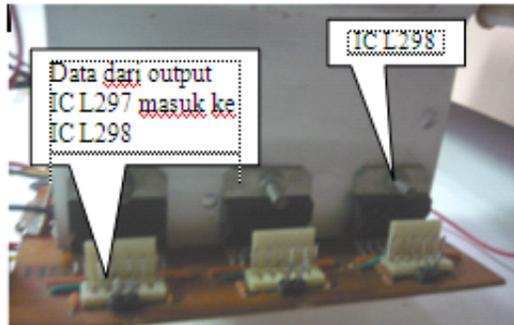
Linear motion adalah rancangan pembuatan rel dan meja sumbu agar bekerja sesuai garis yang ditentukan. *Linear motion* yang digunakan adalah *bearing shaft system*. Gambar 6 adalah perancangan linear motion yang digunakan.



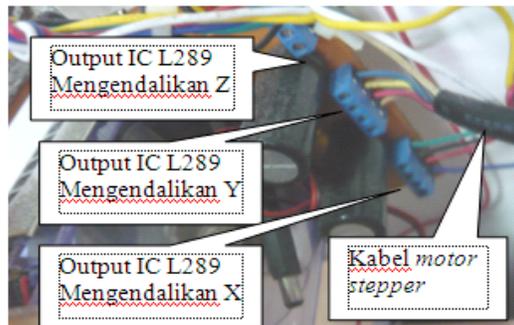
Gambar 2. Realisasi CNC Milling Machine Home Made untuk Membuat layout PCB



Gambar 3. Keseluruhan Perancangan Mekanis dan modul



Gambar 4. Modul L298



Gambar 5. Koneksi L298 dengan Motor stepper

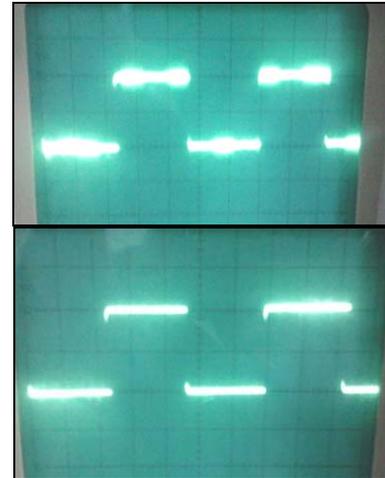


Gambar 6. Linear Motion pada Masing-Masing Sumbu

4.2.2 Pengujian Modul Elektris

Modul *buffer* ini berguna untuk memperjelas sinyal *high* dan sinyal *low* pada *time* yang tepat. Rangkaian ini memiliki *input* yang sama dengan hasil outputnya, rangkaian ini menggunakan IC 74LS244.

Terlihat sinyal perbedaan yang dihasilkan, sebelum dan sesudah buffering. Gambar 7 memperlihatkan sinyal keluaran sesudah buffering lebih stabil (*smooth*) dibandingkan sebelum buffering. Keluaran *buffer* yang diukur oleh *oscilloscope* yang diatur pada *Time / DIV* 0.2mS dan *Volt / DIV* 2 V. Rangkaian *buffer* juga berfungsi sebagai pengaman yang menghubungkan *driver motor* dan komputer.



Gambar 7. Sinyal Keluaran PC dan Buffering Sinyal oleh IC 74LS244

Tabel 1. Penetapan Pin Kontrol Elektro

No.	Pin	Add	I/O	Keterangan
1	2	378	Output	Clock X
2	3	378	Output	Directional X
3	4	378	Output	Clock Y
4	5	378	Output	Directional Y
5	6	378	Output	Clock Z
6	7	378	Output	Directional Z
7	8	378	Output	-
8	9	378	Output	-
9	10	379	Input	-
10	11	379	Input	-
11	12	379	Input	-
12	13	379	Input	-

IC L297

Rangkaian ini disebut *interface motor stepper controller* adalah modul yang digunakan untuk menterjemah *clock* dan *directional* menjadi sebuah sinyal kontrol *motor stepper*. Modul ini menggunakan IC L297 yang memiliki 5 masukan penting yaitu *enable*, *clock*, *directional*, *control*, dan *half / full*. Rangkaian ini bekerja sesuai *clock* dan *directional* yang ditentukan oleh sinyal digital.

Sebagai penghemat daya, *rating* arus akan ditentukan oleh V_{ref} pada pin 15. perhitungan arus yang mengalir adalah $I(\text{phase}) = V_{ref} * R_{sens}$. IC ini juga memiliki keunggulan *saving power supply*, yaitu dapat menghemat daya penggunaan beban disetiap phase *motor stepper* dengan cara *chopping voltage*. *Chopping* frekuensi diatur oleh *OSC* yang terdapat pada pin 16. *chopperrate* ini berfungsi mengendalikan arus agar mencegah *ratingcurrent ramping*.

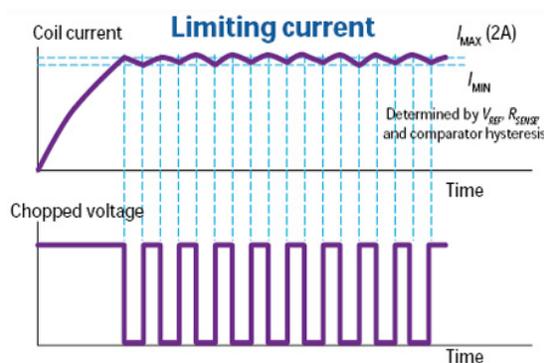
Perhitungan frekuensi *chooping* adalah tergantung dengan *capasitor* dan *resistor* yang dipakai pada mode *OSC*. dengan perhitungan:

$$F = \frac{1}{0,69 \cdot R \cdot C}$$

Dimana:

F = Frekwensi
R = Resistor
C = Kapasitor

Chopping standar yang dibuat peneliti menggunakan resistor 22K Ω dan kapasitor 3,3nF. Frekwensi yang dihasilkan sebesar ± 20 KHz. Gambar 8 merupakan *chooping* tegangan yang terdapat pada fase *motorstepper*. Gambar (A) diukur pada 0,1mS/div dan 5V/div dan Gambar (B) diukur pada 10 μ S/div dan 5V/div.



Gambar 8. Ilustrasi Chopping Voltage Terhadap Arus Koil

Driver Motor IC L298

Rangkaian *driver motor* umumnya memiliki karakter yang sama. IC L298 memiliki karakter IC dengan *range drive* hingga 46V dan dapat mengontrol 4 fase koil motor.

4.2.3 Pengujian Modul Software

Pengujian modul *software* bertujuan untuk mengetahui apakah pembuatan *PCB* bisa diubah menjadi *G-Code*. PROTEL DXP 2004 adalah *Software* untuk membuat *Track PCB*. buka *software* PROTEL DXP 2004 Gunakan "TRACK" untuk membuat jalur *PCB*.

Setelah selesai proses pembuatan dan perancangan *PCB*, marking semua jalur dengan menekan "CTRL+(tahan click kiri)" lalu *drag* semua area *PCB*. Setelah semua ditandai, tekan "outline selected object". *PCB* akan terisolasi oleh *track* di luarnya.

Setelah *PCB* terisolasi, langkah selanjutnya pilih "File, Fabrication output, ODB++ Files". Proses ini adalah mengubah gambar kasar kedalam bentuk CAM. Pada proses ini kita dapat menentukan *track* yang akan digunakan, koordinat *origin*, dan

penentuan besar bor yang dipakai. *Software* CAM ini adalah *softwareinclude* dari PROTEL DXP 2004. Proses CAM yang dikerjakan oleh *camtastic* yaitu *softwareinclude* dari PROTEL DXP 2004. *Software* ini bersifat *coding*, dimana setiap *track*, *arc*, ataupun *hole* sudah memiliki besaran yang telah dihitung dalam milimeter.

Setelah proses *camtastic* dikerjakan sempurna, selanjutnya *exportfile* kedalam bentuk DXF. *Export file* dengan mencentang *bottom* saja, kosongkan *top*, *drill*, *keepout* atau semacamnya. Simpan *file* tersebut di *folder* yang dikehendaki. *Minimize software* PROTEL DXP 2004.

Langkah berikutnya adalah memperbaiki file DXF yang tadi telah dibuat. Buka *software* Q-CAD DEMO, *software* ini masih *trial* namun dapat digunakan tanpa *expired* dan dibatasi hanya 10 menit penggunaan. Setelah menjalankan *software* ini *click open* dan pilih *file* DXF hasil *export* PROTEL DXP 2004. *Edit* dan hilangkan lingkaran *drill* pada *pad* dengan menekan CTRL+ (*click* kiri untuk memilih). Setelah terpilih semua lalu tekan "Delete" pada *keyboard* untuk menghapus.

Kelemahan dari *software* PROTEL DXP 2004 adalah saat isolasi *arc* pada 135 $^{\circ}$ dibuat *double*. *Software* ini dapat menghapus *doublearc* yang ada. Pilih *arc* dengan menekan CTRL+ (*click* kiri untuk memilih) lalu *delete*. Setelah terhapus, "save as file" atau "save file" tersebut sama seperti keluaran PROTEL DXP 2004. maka selesailah proses mengedit gambar CAM tersebut. Gambar yang awalnya menggunakan *format* DXF akan diubah menjadi *G-CODE* dengan *format* *ngc* menggunakan *software* DXF2G-CODE.

Buka *software* DXF2G-CODE lalu *open file* DXF yang telah *disave* dengan *software* Q-CAD. Langkah selanjutnya adalah *restart* komputer untuk pindah *operating system*, pilih Linux Ubuntu. Setelah memulai ubuntu, pilih *software* EMC2. Setelah terbuka, *open file* *G-Code* yang telah di buat.

4. ANALISIS HASIL

Analisis yang dilakukan adalah analisis hasil pengujian, kepresisian alat, *reliability* sistem untuk kelayakan sistem yang diimplementasikan serta kelebihan dan kekurangan sistem.

4.1 Analisis Hasil Pengujian

Pergerakan sumbu menggunakan parameter penting didalamnya yaitu karakter *motor stepper*, *pitch lead screw*, dan *stepp time*. Dari beberapa parameter tersebut didapat sebuah perhitungan pergerakan sumbu. Peneliti menggunakan *motor stepper* 1,8 $^{\circ}$ unipolar, baut M10 dengan *pitch* 1,5 mm dan IC L297 sebagai rangkaian kontrol dari *driver*.

Dari parameter penting diatas Perhitungan dimulai dari karakteristik *motor stepper* untuk mencari banyaknya *stepping* untuk satu kali rotasi.

Setelah mengetahui *stepping* untuk satu kali rotasi *motor stepper* kalkulasikan dengan *pitch* atau jarak antara gang baut. *Step time* berperan untuk kecepatan putar *motor stepper*.

Berikut ini adalah perhitungan perpindahan sumbu:

Stepping untuk satu kali rotasi *motor stepper*

$$= \frac{360^\circ}{1,8^\circ} = 200 \text{ step}$$

$$\text{Pitch baut} = 1,5 \text{ mm / rev}$$

$$\text{Determine} = 1,5 \text{ mm / 200 stepp}$$

Jadi 200 kali *stepp (clock)* melakukan perpindahan sumbu sejauh 1,5 mm dan kelipatannya.

4.2 Kepresisian Alat

Kepresisian alat dapat diukur dari *footprint* hasil kerukan dan pengeboran mesin. *footprint* harus memiliki kualifikasi dapat dipasang komponen elektronik, titik pengeboran dan pengerukan harus sesuai dengan gambar yang telah dibuat.

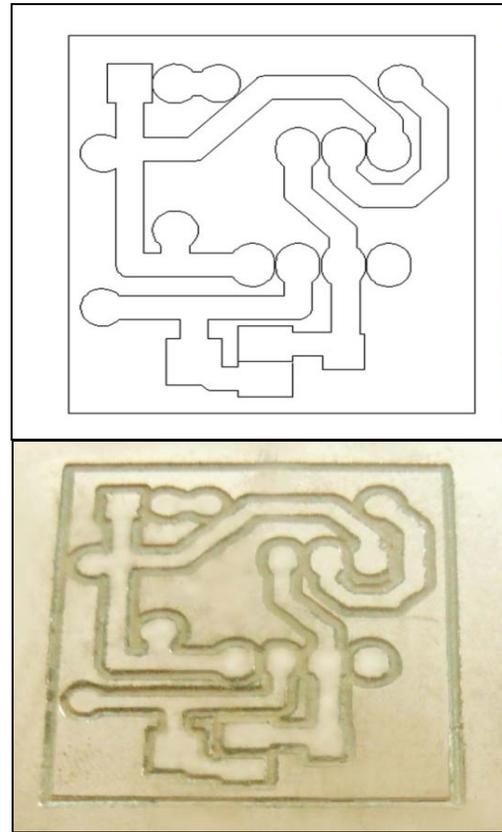
Kepresisian alat dengan gambar adalah 1:1, namun ditemukan suatu kendala yaitu besarnya mata bor yang digunakan. Besar mata bor yang digunakan adalah 0,8mm. Hasil akhir pada gambar 9 menunjukan gambar DXF dan hasil *millingPCB* yang sesuai. Perbandingan gambar tersebut adalah 1:1, hasil *milling* sudah dikatakan sempurna. *MillingmachinePCB* tidak dapat membuat *track* yang melalui kaki IC yang berurutan (2,54mm). Peneliti mempertimbangkan penggunaan mata bor 0,5mm dikarenakan rentan terjadinya patah pada ujung mata bor saat pengerukan.

4.3 Kelebihan dan Kekurangan Sistem

Perancangan dan pembuatan sebuah sistem pastilah akan memiliki kelebihan dan kekurangan, begitu pula dengan rancang bangun *CNC Milling Machine Home Made* ini. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh sistem ini antara lain:

1. Dengan mesin ini, pembuatan *PCB* menjadi semakin mudah dibandingkan pembuatan *PCB* dengan cara menyablon.
2. Rancang bangun *CNC Milling Machine Home Made* memiliki dimensi yang tidak terlalu besar. Dengan dimensi 30cm x 50cm x 40cm dan memiliki berat 6,5Kg.
3. Rancang bangun *CNC Milling Machine Home Made* mudah dan murah dalam pembuatannya, dibandingkan produk pabrikan.
4. Rancang bangun *CNC Milling Machine Home Made* ini memiliki tingkat akurasi yang baik.
5. Komponen-komponen yang digunakan untuk menciptakan sistem ini mudah didapat dan memiliki harga yang terjangkau, sehingga bila terjadi masalah pada sistem, tidak akan menjadi beban yang besar bagi pengguna.

6. Dengan adanya antarmuka berbasis GUI, maka pengguna akan lebih mudah melakukan manajemen sistem dan pengaturan sistem.



Gambar 9. Layout Cam dan Hasil Kerukan

Beberapa kekurangan yang ada dalam Rancang bangun *CNC Milling Machine Home Made* ini antara lain sebagai berikut:

1. Diperlukan catu daya tetap yang selalu tersedia guna menunjang kelangsungan hidup sistem. Hal ini disebabkan penggunaan komputer sebagai salah satu inti sistem.
2. Mata bor yang digunakan berbentuk khusus dan jarang terjual dipasaran.
3. Kelonggaran *linear motion* sumbu mempengaruhi kualitas kerukan.
4. Belum dapat mengerjakan *PCBdouble layer* karena susahnya menemukan titik *Origin (0,0,0)* dibalik *layer* yang bersebrangan.
5. *Track* tidak bisa melalui pin kaki IC yang berurutan.

5 PENUTUP

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Rancang bangun *CNC Milling Machine Home Made* merupakan mesin yang mampu

- membantu pengguna untuk membuat *layout PCB* secara cepat, mudah dan murah.
2. IC L297 dan IC L298 tepat digunakan untuk membuat *driver motor stepper* untuk *milling machine*.
 3. IC L297 memiliki fitur *choping* tegangan yang dapat melindungi *motor stepper* dari *ramping current*.
 4. Penggunaan sistem *user interface* berbasis GUI akan mempermudah pengguna dalam melakukan pengaturan sistem, user dan berbagai macam fitur lainnya dalam sistem. *User Interface* berbasis GUI juga mempermudah pengguna untuk mengerticara pembuatan *layoutPCB*.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Milling_machine tanggal 23 April 2011
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/printed_circuit_board, tanggal 21 September 2011
- [3] <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/17511/3/Chapter%20II.pdf>, tanggal 23 April 2011
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/numerical_control, tanggal 23 April 2011
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/G-code>, tanggal 23 April 2011
- [6] <http://www.ilmu.8k.com/pengetahuan/stepper.htm> tanggal 13 Juni 2011
- [7] <http://id.wikipedia.org/wiki/CAD> tanggal 23 April 2011
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_aided_manufacturing tanggal 23 April 2011
- [9] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/SGSThompsonMicroelectronics/mXryyss.pdf> tanggal 23 April 2011
- [10]. <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/2/052daje928cw7pc0uqs1ipyryppy.pdf>. tanggal 23 April 2011
- [11]. <http://gambarteknik.blogspot.com/2008/12/baut-mur-dlm-gambar-teknik.html> tanggal 23 April 2011