

RANCANG BANGUN MESIN PCB MILLING DENGAN KONFIGURASI KARTESIAN ROBOT 3 AKSIS

Zulkarnain

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : anenblack6@gmail.com

Bambang Suprianto

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : bambangsuprianto@unesa.ac.id

Abstrak

PCB atau Printed Circuit Board adalah komponen dasar dari rangkaian elektronika. Salah satu proses pembuatannya adalah dengan menggunakan teknik *milling*. Perancangan alat ini memiliki 3 sumbu gerak yakni x, y, dan z, yang mana akan mengikis sebagian lapisan tembaga pada PCB guna menyisakan jalur rangkaian sebagai hasil akhirnya. Penelitian ini ditujukan untuk membuat alat yang dapat menghasilkan PCB yang presisi dengan proses pembuatan yang lebih singkat serta otomatis. Dari hasil pengujian rancang bangun mesin PCB milling ini dapat bekerja dengan baik, proses milling berlangsung secara otomatis dengan mentransmisikan *file .Gcode* yang sebelumnya telah dibuat melalui *software flatCAM*. Alat ini dapat melakukan proses milling dengan kecepatan milling rata-rata sebesar 4,395167 mm/sec. Dari 100 titik pengukuran yang didapat dari 10 kali pengujian didapatkan error sebesar 3%, dengan kesalahan milling sebesar 0,5mm. Kemampuan milling pada mesin PCB milling ini dapat digunakan untuk menghasilkan garis layout PCB dengan ketebalan garis minimal hingga 0,5mm.

Kata Kunci: Mesin PCB milling, Eagle, FlatCam, Processing, Arduino Nano, Gcode.

Abstract

PCB or Printed Circuit Board are the basic components of an electronic circuit. One of the manufacturing processes is to use milling techniques. The design of this tool has 3 axes of motion namely x, y, and z, which will erode a portion of the copper layer on the PCB to leave the circuit path as the final result. This research aims to make a tools that can produce precision PCBs with a shorter and automatic manufacturing process. From the design test results, the PCB milling machine works accordingly, the milling process takes place automatically by transmitting the Gcode file that was previously created through flatCAM software. This machine can do the milling process with an average milling speed of 4.395167 mm/ sec. From the 100 measurement points obtained from 10 times test, it has an error of 3%, with a milling error of 0.5mm. This milling capability in PCB milling machines can be used to produce PCB layout lines with a minimum line thickness of up to 0.5mm.

Keyword: PCB milling machine, Eagle, FlatCam, Processing, Arduino Nano, Gcode.

PENDAHULUAN

PCB atau Printed Circuit Board. PCB (*Printed Circuit Board*) merupakan suatu papan yang memiliki alur rangkaian di mana komponen elektronika nantinya akan diletakkan dan di susun sesuai dengan rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Dalam pembuatan PCB secara konvensional dibutuhkan beberapa proses seperti proses sablon, *etching* dan *developing* yang mana langkah-langkah tersebut biasa dilakukan secara manual, membutuhkan bahan yang banyak serta waktu yang tidak singkat.

Dalam perancangan alat ini memiliki 3 sumbu gerak yakni x, y, dan z, yang mana akan mengikis sebagian lapisan tembaga pada PCB guna menyisakan alur rangkaian sebagai hasil akhirnya. Penelitian ini

digunakan untuk membuat alat yang dapat menghasilkan PCB yang presisi dengan proses pembuatan yang lebih singkat serta otomatis.

Berbagai macam penelitian yang mendukung tentang rancang bangun mesin PCB milling telah dikembangkan salah satunya oleh adam kumpf (2003) pada *final project* nya yang berjudul “*PCB mill*” Keuntungan dari PCB mill adalah kemampuannya untuk membuat prototipe dalam waktu kurang dari beberapa jam dan dengan biaya yang jauh berkurang dibandingkan dengan outsourcing.

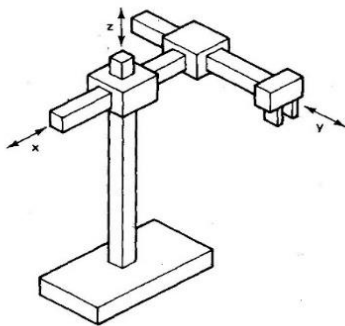
Penelitian serupa juga dilakukan oleh R.ginting, dkk.2017 pada papernya yang berjudul “*Implementation 3-Axis CNC Router for Small Scale Industry*”. Di Indonesia, mesin *CNC* atau *Computer Numerical*

Control belum dikembangkan sehingga mereka diimpor langsung dari negara lain. Ini memiliki dampak pada industri yang sulit untuk dikembangkan karena harga mesin *CNC* masih mahal. Tantangannya adalah bagaimana untuk membuat mesin *CNC* dengan kinerja yang baik tetapi biaya rendah sehingga bisa berkontribusi pada akselerasi industri manufaktur domestik.

Berdasarkan penjelasan di atas, penulis akan merancang alat yang mana dapat melakukan milling sesuai dengan data kordinat *layout bottom PCB*. Sistem ini menggunakan motor stepper sebagai penggerak sumbu x, y dan juga sebagai penggerak sumbu z, serta motor DC sebagai mesin miliing yang mana pada mata bor nya akan digunakan tipe *endmill*. Mekanik bergerak sesuai dengan data kordinat yang dikirimkan oleh software processing yang kemudian diterjemahkan oleh Arduino menjadi gerakan linear. Data kordinat berupa *file Gcode*, yang mana *file Gcode* tersebut berasal dari *layout PCB* dari software *Eagle* yang telah diubah menjadi *file gerber* melalui fitur *cam processor*, kemudian *file gerber* akan diubah ke *file Gcode* menggunakan software *flatcam*.

TINJAUAN PUSTAKA Kartesian Robot

Kartesian robot merupakan suatu konfigurasi robot yang mana dengan rancangannya memungkinkan robot dapat bergerak berdasarkan 3 sumbu dasar, yakni sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. robot kartesian bergerak linear, yakni bergerak lurus pada sumbu X, Y, dan Z. prinsip robot kartesian banyak digunakan untuk *laser cutting*, mesin pengambil barang, dan 3D printer. Kelebihan dari kartesian robot adalah desainnya yang sederhana dan kokoh sehingga memungkinkan untuk melakukan pekerjaan yang rumit. Keuntungan lainnya adalah karna pergerakannya yang linear terhadap sumbu nya, maka dalam kontrolnya pun mudah karna hanya membutuhkan kordinat-kordinat posisi.



Gambar 1. konfigurasi robot kartesia.

(sumber:<https://muhnabil.wordpress.com/2012/06/28/definisi-robot-dan-jenis-jenis-robot/>)

Eagle

EAGLE merupakan singkatan dari *Easily Aplicable Graphic Layout Editor. Software* ini banyak digunakan sebagai alat bantu untuk mendesain skema rangkaian elektronika dan *PCB (Printed Circuit Board)*. Fitur dan *database* komponen yang lengkap dan mudah menjadikannya sebagai salah satu software yang populer di kalangan akademisi maupun praktisi. Kelebihan lainnya yaitu memungkinkan pengguna mendesain komponen sendiri yang bisa disimpan dan dipanggil kembali pada *library* untuk keperluan desain skema rangkaian. *EAGLE* menyimpan file tata letak *Gerber* dan *PostScript* serta *file bor Excellon* dan *Sieb & Meyer*. Ini adalah format file standar yang diterima oleh perusahaan fabrikasi *PCB*, yang mana *file gerber* ini merupakan *file* yang akan dapat digunakan untuk menghasilkan *file Gcode* dan selanjutnya akan ditransmisikan ke mesin *cnc*, tetapi mengingat basis pengguna *EAGLE* dari perusahaan desain kecil dan *hobbyists*, banyak perakit *PCB* dan toko perakitan juga menerima *file board EAGLE* (dengan ekstensi *.BRD*) secara langsung.

Flatcam

Flatcam merupakan *software* yang dapat mengubah berbagai desain dan menghasilkan *cnc router*. Pada desain *PCB flatcam* memanfaatkan *file gerber* untuk menghasilkan *Gcode*, yang mana *Gcode* ini akan menggerakkan mesin *CNC*.

File yang dapat diterima oleh software *flatcam* antara lain:

1. *Gerber* : Data *Gerber* adalah cara sederhana dan generik untuk mentransfer informasi *PCB* ke berbagai perangkat yang mengubah data *PCB* elektronik menjadi karya seni yang dihasilkan oleh foto-plotter.
2. *Excellon (drill file)* : *file* yang memuat informasi tentang mata bor, ukuran serta kordinat.
3. *G-Code* : merupakan *file* yang berisi kordinat x,y, dan z *CNC*, yang mana kordinat ini akan digunakan untuk pergerakan 3 aksis utama pada robot kartesian.
4. *SVG (Scalable Vector Graphics)* : resolusi umum – format independent grafik.

Software processing

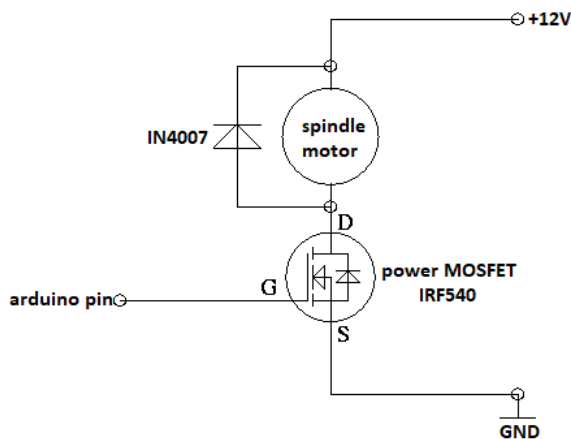
Processing adalah software sketsa dan bahasa yang fleksibel untuk mempelajari cara membuat kode dalam konteks seni visual. *Processing* adalah bahasa pemrograman yang berfungsi penuh berdasarkan *Java*. Sejak tahun 2001, *Processing* telah mempromosikan literasi perangkat lunak dalam seni visual dan literasi visual dalam teknologi. Ada puluhan ribu siswa, seniman, perancang, peneliti, dan penggemar yang

menggunakan processing untuk belajar dan membuat *prototype*.

Rangkaian mosfet

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah sebuah perangkat semionduktor yang secara luas digunakan sebagai *switch* dan sebagai penguat sinyal pada perangkat elektronik.

Mosfet pada umumnya digunakan untuk *driver* pengendali kecepatan motor. dengan input PWM pada Gate maka akan mengontrol tegangan yang lewat melalui Source ke Drain. Besar kecil nya tegangan yang dilalui source dan Drain ini ditentukan besar kecil nya nilai PWM yang diinput di Gate. Pada mesin PCB milling ini rangkaian mosfet digunakan untuk mengontrol nyala dan mati motor spindle dengan menggunakan sinyal PWM.



Gambar 2. rangkaian mosfet dan motor spindle

METODOLOGI PENELITIAN

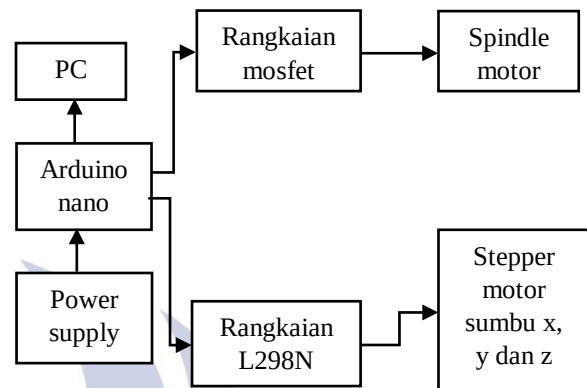
Rancangan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur melalui jurnal-jurnal nasional dan internasional sebagai referensinya. Kemudian merancang dan menguji coba rancangan alat dalam bentuk *prototype* minimalis dengan fungsi awal sebagai *plotter*.

setelah prinsip dasar rancangan alat telah berhasil, maka langkah selanjutnya adalah membuat alat dengan fungsi penuh yakni sebagai mesin pcb milling yang kemudian akan diuji coba secara langsung sebagai hasil dari rancang bangun mesin pcb milling dengan konfigurasi kartesian robot 3 aksis, yang nantinya dapat dikembangkan dalam dunia pendidikan maupun riset. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikroprocessor Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya dan waktu pelaksanaannya dilakukan pada semester genap 2018/2019.

Blok Diagram

Blok diagram rancang bangun mesin pcb milling dengan konfigurasi kartesian robot 3 aksis terdapat beberapa bagian. Pc, Arduino nano, driver motor L298N, dan mesin pcb milling, Blok diagram dapat dilihat pada Gambar 4.



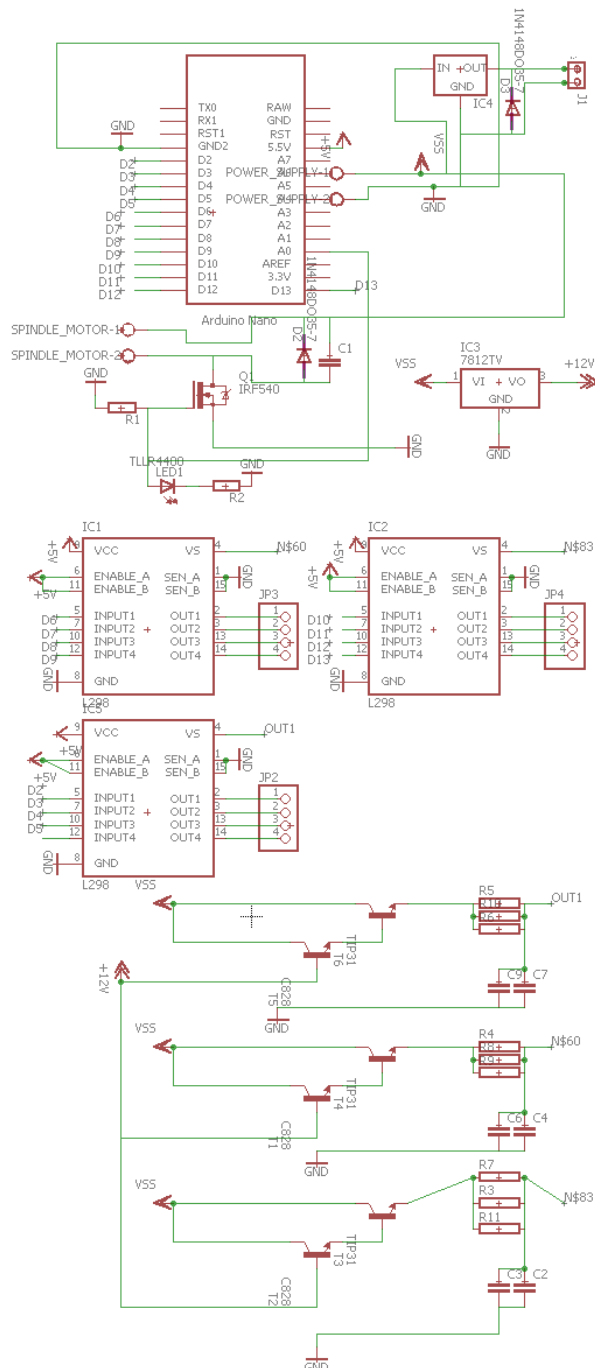
Gambar 4. Blok diagram rancang bangun mesin PCB milling dengan konfigurasi kartesian robot 3 aksis.

Power supply digunakan untuk memasok daya pada seluruh rangkaian, Pc digunakan untuk mendesain pcb menggunakan *software eagle*, kemudian diolah dengan *software flatcam* untuk menghasilkan Gcode.

Dan Gcode akan ditranmisikan ke Arduino nano melalui koneksi USB, kemudian melalui driver motor L298N Arduino nano menggerakkan *stepper motor* pada ketiga aksis gerak di dalam mesin pcb milling, serta memberikan perintah pada rangkaian *mosfet* untuk mengaktifkan *motor spindle*.

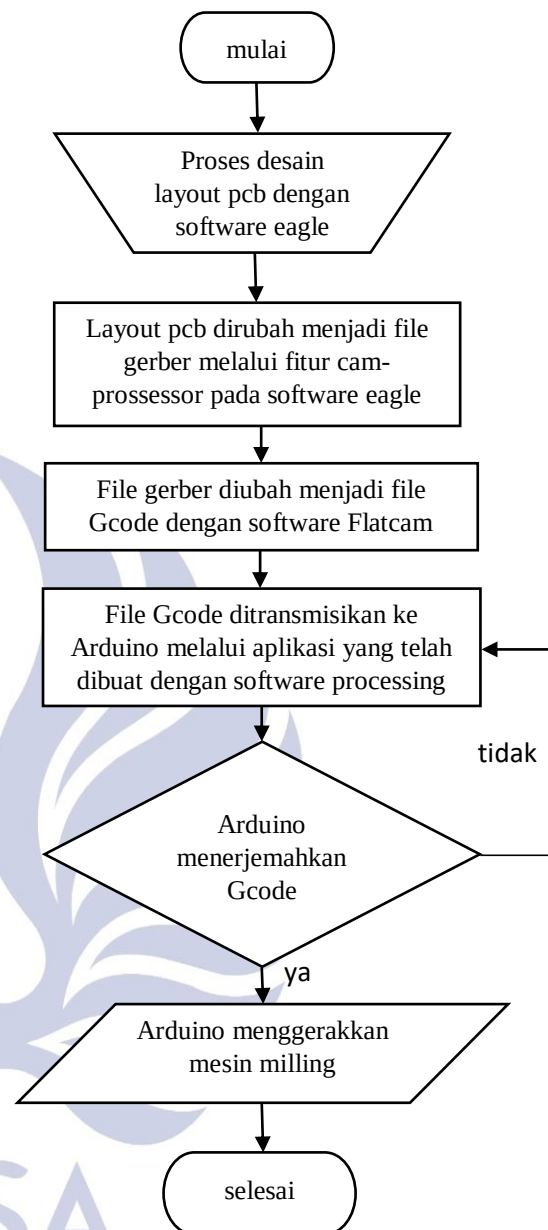
Rncang bangun Mekanik mesin PCB milling

Mekanik dari mesin pcb milling ini pada ketiga sumbu geraknya menggunakan *stepper motor* sebagai penggerak dan *linear bearing* dengan *linear rod* sebagai rel-nya. Sumbu Y akan menggerakkan naik turunnya motor pindle, sumbu x akan menggerakkan motor spindle ke arah kanan dan kiri, dan sumbu z akan menggerakkan PCB kearah depan dan belakang. Pada sumbu Y akan dipasang motor spindle yang mana merupakan motor DC yang difungsikan sebagai mesin milling dengan matabor jenis *V bits endmill*, yang akan me-milling PCB. Untuk mekanik dari mesin *pcb milling* ini menggunakan *acrylic* dengan tebal yang beragam dengan bentuk yang telah didesain sebelumnya, penggunaan *acrylic* sendiri dipilih karna kokoh, ringan, mudah didesain serta fabrikasi yang presisi.

Rancang bangun *hardware* mesin PCB milling

Gambar 6. skema rangkaian Driver motor IC L298N, driver motor spindle dan Arduino nano

Rangkaian L298N akan digunakan untuk untuk menggerakkan *stepper motor* pada ketiga sumbu geraknya yakni *stepper motor* untuk sumbu X, Y, dan Z. pada mesin pcb milling ini menggunakan 3 buah *driver motor* L298N. IC L298N memiliki 4 pin masukan dan 4 pin keluaran. Rangkaian *driver motor spindle* menggunakan rangkaian mosfet yang akan memberikan tegangan *PWM* pada *motor spindle*, rangkaian ini terdiri dari *mosfet* tipe IRF540, sebuah kapasitor, dan pin Gate *mosfet* akan dihubungkan pada pin A0 arduino nano.

Perancangan *Software*

Gambar 7. prosedur software mesin pcb milling

terdapat 4 software yang digunakan dalam rancang bangun mesin pcb milling dengan konfigurasi kartesian robot 3 aksis, yakni *Eagle*, *Arduino IDE*, *flatcam*, dan *processing*.

Eagle digunakan untuk membuat desain skema serta board PCB yang nantinya akan direalisasikan melalui proses milling, dalam software Eagle juga desain PCB yang telah dibuat nantinya akan dihasilkan file Gerber melalui fitur *cam processing* yang merupakan salah satu fitur dalam software Eagle.

Arduino IDE digunakan untuk membuat program yang nantinya akan dimasukkan ke dalam Arduino nano dalam mesin *PCB milling*, program yang dibuat dalam *Arduino IDE* ini nantinya berfungsi untuk membaca

Gcode yang dikirimkan dari software processing dan diubah kedalam gerakan motor stepper sesuai dengan koordinat yang di tetapkan dalam Gcode.

Pengujian Alat

Sebelum masuk ke proses pengujian, perlu dilakukan proses kalibrasi. Proses kalibrasi berguna untuk menyesuaikan angka step/milimeter pada program, agar nantinya dapat sesuai antara perintah Gcode dengan gerakan yang dihasilkan. Setelah proses kalibrasi telah selesai maka barulah masuk ke tahap pengujian.

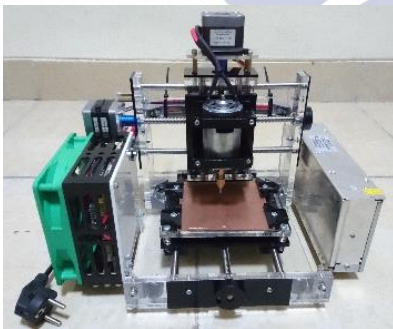
Setelah desain program dari Arduino IDE telah diupload ke *Arduino nano* dan Gcode telah ditransmisikan melalui *software processing* maka mesin *PCB milling* siap digunakan untuk pengujian *milling*.

Untuk menentukan kinerja pada saat pengujian mesin *pcb milling* ini, ditentukan melalui 2 aspek yakni yang pertama adalah pengukuran panjang dan ketebalan objek yang dibandingkan dengan alat ukur penggaris dan yang kedua adalah kecepatan *milling*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dan pembuatan mesin PCB milling dengan konfigurasi kartesian robot 3 aksis

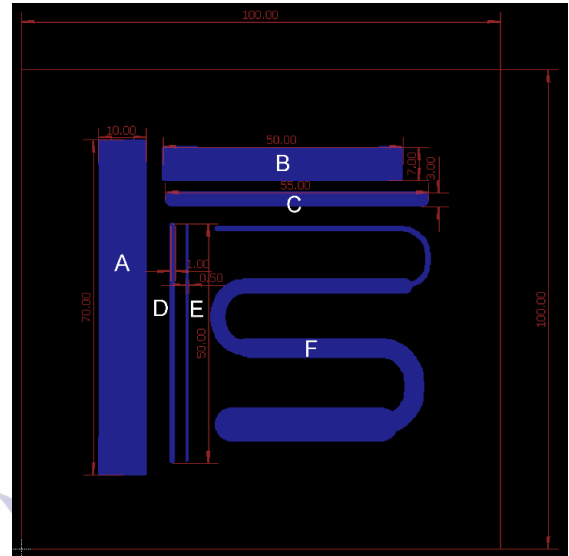
Perancangan 3 dimensi menggunakan *software google sketch up* karena memiliki tampilan yang sederhana dengan fungsi yang optimal serta fitur yang cukup memadai. Sedangkan desain 2 dimensi menggunakan *software corel draw*. Gambar alat ini dapat dilihat pada gambar 8. alat ini memiliki dimensi panjang 35cm, lebar 35cm dan tinggi 30cm..



Gambar 8. Gambar mesin *PCB milling*

Pengujian Motor Stepper pada Sumbu X dan Y

Pengujian motor stepper dilakukan dengan proses kalibrasi, Langkah kalibrasi dimulai dengan menjalankan motor stepper sebanyak 200 step kemudian didapatkan garis dengan panjang 7mm. Setelah didapat angka utama 28 *step per milimeter*, selanjutnya diturunkan secara bertahap saat uji coba *milling*, guna menyesuaikan terhadap ukuran hasil *milling* yang sesuai dibandingkan dengan alat ukur.



Gambar 9. Gambar layout pengujian

Spesifikasi panjang dan ketebalan pada objek garis A, B, C, D, E, adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi objek pengujian

Objek	Panjang	Tebal
A	70mm	10mm
B	50mm	7mm
C	55mm	3mm
D	50mm	1mm
E	50mm	0,5mm

berikut adalah rumus perhitungan kecepatan *milling* pada layout pengujian:

$$V_{mill} = \frac{\text{keliling objek } (A+B+C+D+E)}{\text{durasi milling objek } (A+B+C+D+E)} \quad (1)$$

Untuk menghitung besaran error pada masing-masing pengukuran didapat dengan rumus berikut:

$$\% \text{ error} = \frac{\text{ukuran hasil} - \text{ukuran desain}}{\text{ukuran hasil}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

V_{mill} = kecepatan *milling* dalam satuan mm/sec
 $\% \text{ error}$ = besar error pada tiap-tiap titik pengukuran

Hasil Pengujian dan Analisis Kinerja

Tabel 2. hasil milling pada masing-masing objek

Objek	Milling berhasil		Milling gagal		error
	panjang	tebal	panjang	tebal	
A	9	10	1	0	0,709%
B	10	10	0	0	-
C	10	10	0	0	-
D	9	10	1	0	0,99%
E	9	10	1	0	0,99%
Total	47	50	3	0	

Dibawah merupakan contoh perhitungan %error pada salah satu error pengukuran, berdasarkan persamaan 2

$$\% \text{ error} = \frac{\text{ukuran hasil} - \text{ukuran desain}}{\text{ukuran hasil}} \times 100\%$$

$$= \frac{70,5 - 70}{70,5} \times 100\% = 0,709\%$$

dari 100 titik pengukuran panjang dan tebal yang dilakukan terhadap objek A, B, C, D dan E pada 10 PCB hasil pengujian, didapat 3 error (sesuai dengan tabel 2) dengan besaran error sebesar 0,709%, 0,99% dan 0,99% atau sejauh 0.5mm pada masing-masing errornya. Kemudian untuk error rata-rata:

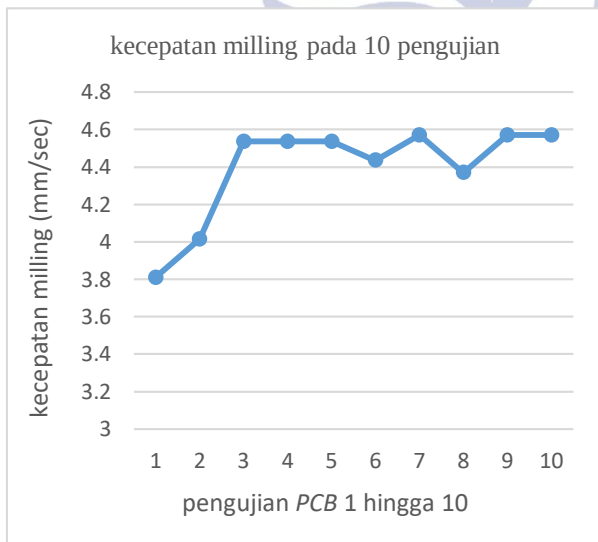
$$\bar{X} \text{ error} = \frac{\text{banyaknya error}}{\text{banyaknya titik pengukuran}} \times 100\% \quad (3)$$

$$= \frac{3}{100} \times 100 = 3\%.$$

Keterangan: $\bar{X} \text{ error}$ = besaran error rata-rata dari keseluruhan pengukuran

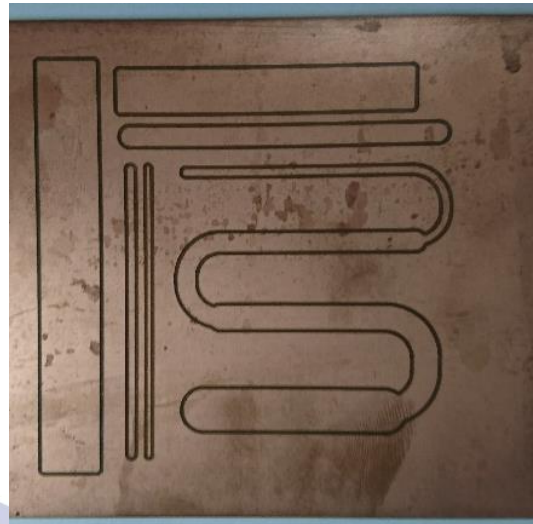
sehingga dapat dikatakan bahwa hasil milling memiliki error rata-rata sebesar 3% (sesuai dengan persamaan 3) dari 100 titik pengukuran pada 10 kali pengujian milling PCB.

Hasil Dari Milling PCB pada Mesin PCB Milling

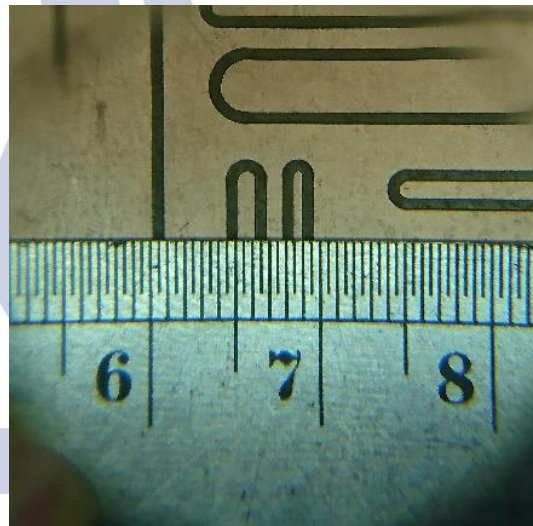


Gambar 10. Hasil kecepatan milling pada 10 PCB pengujian

Pada pengukuran kecepatan milling yang dilakukan pada objek A, B, C, D dan E didapat 10 nilai kecepatan milling dari 10 kali pengujian. yang kemudian dirata-rata kan dan didapatkan nilai kecepatan milling sebesar 4,395167 mm/sec (sesuai dengan rata-rata pada gambar 10). Di bawah ini merupakan contoh hasil milling pada PCB 2



Gambar 11. Hasil milling secara keseluruhan pada PCB 2



Gambar 12. Hasil milling garis dengan tebal 0,5mm pada PCB 2

PENUTUP Kesimpulan

Rancang bangun mesin PCB milling ini melalui beberapa tahap, yakni desain 3 dimensi, desain 2 dimensi dan perakitan. menggunakan bahan akrilik yang diproduksi melalui proses laser cutting sehingga tiap-tiap bagian memiliki bentuk yang presisi. Rancang bangun mesin PCB milling ini dapat bekerja dengan baik, proses milling berlangsung secara otomatis dengan mentransmisikan *file* .Gcode yang sebelumnya telah dibuat melalui *software* flatCAM. Mesin PCB milling ini memiliki kecepatan milling rata-rata sebesar 4,395167mm/sec (sesuai dengan rata-rata pada gambar 10). selain itu, Kemampuan milling pada mesinPCB milling ini dapat digunakan untuk meghasilkangaris layout PCB dengan ketebalan garis hingga 0,5mm. Dari 100 titik pengukuran yang didapat dari 10 kali pengujian didapatkan error sebesar 3% (sesuai dengan persamaan 3), dengan kesalahan milling sebesar 0,5mm.

Saran

Dalam penelitian rancang bangun mesin pcb milling dengan konfigurasi kartesian robot 3 aksis ini masih terdapat beberapa kekurangan yang mana kedepannya diharapkan dapat dijadikan saran untuk penelitian serupa, diantaranya: Perlu dikembangkannya proses kalibrasi Z aksis yang otomatis. Diperlukan penambahan fitur "auto leveling" yang mana berguna untuk mengatasi ketidak rataan PCB yang dapat merusak hasil milling. Algoritma dalam control motor stepper juga perlu ditambahkan guna meningkatkan kecepatan dalam proses milling. Rangkaian controller motor stepper juga bisa dikembangkan guna menghasilkan daya yang stabil terhadap motor stepper. Algoritma control juga perlu ditambahkan pada motor spindle guna memperhalus kinerja motor spindle saat proses milling berlangsung. Motor spindle dan rangkaian kontrolnya dapat dikembangkan guna

mendapatkan kecepatan serta hasil milling yang lebih baik. Pengiriman Gcode ke mesin milling juga dapat dikembangkan menjadi sistem nirkabel.

DAFTAR PUSTAKA

- Ginting, R. 2017. *Implementation 3-axis CNC router for small scale industry*. Telkom Applied Science School, Telkom University, Indonesia.
- Kumpf, adam. 2003. *PCB mill*. Massachusetts Institute of Technology.
- Nabil, muh. 2012. *Definisi robot dan jenis jenis robot*, (online), (<https://muhnabil.wordpress.com/2012/06/28/definisi-robot-dan-jenis-jenis-robot/>), diakses pada 12 januari 2019).

