

MESIN PENGGAMBAR MENGGUNAKAN LASER DENGAN ARDUINO

DRAWING MACHINE USING LASER WITH ARDUINO

¹Faizal Gifari, ²Rini Handayani, ³Tedi Gunawan

^{1 2 3} Prodi D3 Teknologi Komputer, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

¹faizal.gif@gmail.com, ²rini.handayani@tass.telkomuniversity.ac.id,

³tedigunawan@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada saat ini, perkembangan teknologi sangat pesat. Hal itu menyebabkan sektor industri harus berkembang khususnya industri kreatif. Produk-produk dengan kualitas tinggi sangat menunjang kemajuan pada sektor industri kreatif. Oleh karena itu, sektor industri kreatif harus memiliki efisiensi, efektifitas dan ketelitian untuk meningkatkan produksi. Untuk meningkatkan hasil produksi maka industri kreatif harus menggunakan mesin otomatisasi dalam sistem produksinya.

CNC (*Computer Numerical Control*) Router adalah bagian dari CNC Milling dimana memiliki konsep dan cara kerja yang hampir sama dengan CNC Milling. CNC Router adalah sebuah alat perkakas yang digunakan untuk memotong dan mengukir membentuk sebuah kayu yang menggunakan sebuah *drilling*. Seiring dengan berkembangnya waktu semakin banyak para akademika yang membuat sebuah mesin CNC Router dengan konseptual yang berbeda-beda dengan konfigurasi yang berbeda-beda pula. CNC Router adalah sebuah mesin yang dibuat semedikian rupa dengan kegunaan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan orang yang memilikin tingkat akurasi yang tinggi dan efisiensi waktu untuk melakukan sebuah produksi.

Laporan proyek akhir ini membahas desain dan realisasi mesin CNC 3-sumbu yang kompleks berdasarkan mikrokontroler yang dikombinasikan dengan laser. Mesin ini dapat digunakan untuk ukiran dan menandai pada benda-benda kayu, akrilik dan PCB. Gambar desain yang telah dibuat pada PC dikirim ke mikrokontroler menggunakan komunikasi serial kemudian CNC melakukan eksekusi pada objek sesuai dengan titik koordinat. laser akan membuat pola pada objek secara otomatis sesuai dengan gambar desain. Setelah pengujian, mesin CNC dapat digunakan ukiran dan tanda pada kayu, akrilik dan PCB ke objek 2D atau 3D dengan keakuratan 98,5%. Mesin ini bekerja pada objek dengan ukuran maksimum 4 x 4 cm

Kata kunci: CNC (*Computer Numerical Control*), G-Code, Modul laser, Motor Stepper, Mikrokontroler

Abstract

Nowadays, technology is developing very rapidly. Thus causing industry sector have to keep evolving, especially in the creative industries. Therefore, creative industries must be able to improve their productivity by efficiency, effectiveness, and precision. One of the ways to be able to achieve that is by using automatic machine as its production system.

CNC router is a sub part of CNC milling where the two of them have similar concepts and way of working. CNC router is a cutting and carving tool that able to form a shape of the wood using the drilling method. Over time, many academicians created a CNC router machine with different concepts and configuration. CNC router is a machine that is able to be created in such a way with a different purpose for each need which has a high accuracy and time efficiency to do a production.

This final project report discusses design and realization of complex 3-axis CNC machines based on microcontroller which combined with laser. This machine can be used for Engraving and Marking on wood, acrylic and PCB objects. Design picture that have been made on the PC sent to the microcontroller using serial communication then CNC perform execution on object according to point coordinates. laser will create patterns on objects automatically according to the design drawings. After testing, the CNC machine can be used engraving and marking on wood, acrylic and PCB to 2D or 3D objects with 98.5%. This machine works on a object with maximum size of 4 x 4 cm.

Keywords: CNC (*Computer Numerical Control*), G-Code, Laser Module, Stepper Motor, Microcontroller

1. Pendahuluan

Bekerja dengan peralatan mekanis otomatis menuntut ketepatan, akurasi, kecepatan, konsistensi, dan fleksibilitas. Dalam hal ini, dibutuhkan aplikasi komputer tertanam untuk melakukan pekerjaan. Peralatan mekanik yang dikombinasikan dengan komputer mikro yang telah banyak digunakan adalah mesin CNC (Computer Numerically Controlled). Mesin CNC digunakan untuk pekerjaan mekanis seperti memotong, mengukir, mengebor dan lainnya. Teknologi komputer yang digunakan untuk mengontrol, melakukan paarsing dan mengeksekusi [1] objek-objek tertentu berdasarkan pada perintah pengguna. Dalam industri manufaktur, penggunaan mesin CNC sangat memengaruhi peningkatan produksi [2]. Di Indonesia, mesin CNC belum dikembangkan sehingga diimpor langsung dari negara lain. Ini berdampak pada industri yang sulit berkembang karena harga mesin CNC masih mahal.

Dalam bidang seni grafir misalnya dalam mendesain sebuah pola gambar, tidak hanya ide desain yang dibutuhkan, tetapi bagi setiap seniman presisi ukuran dan kreatifitas juga sangat penting. Oleh karena itu alat bantu untuk membuat suatu pola gambar dengan skala yang tepat mutlak diperlukan oleh setiap seniman, karena sangat berpengaruh pada hasil akhir eksekusi rancang gambar yang akan dia buat. Ada orang yang masih berpikir, dengan pola gambar yang di tempelkan pada objek gambar secara manual setiap orang sudah bisa membuat gambar yang presisi. Kenyataannya, pola gambar yang digambar secara manual tidak bisa membantu merancang desain dengan optimal. Akan butuh waktu lebih lama dengan hasil yang kurang akurat bila menggunakan alat yang tidak spesifik untuk membuat sebuah pola suatu gambar. Oleh karena itu dirancanglah mesin yang bisa membantu dalam membuat suatu polagrafir dengan lebih akurat dan cepat dalam membuat suatu sketsa sebuah gambar maka dibuatlah mesin penggambar menggunakan laser dengan arduino yang di harapkan dapat membantu dalam pembuatan suatu gambar.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 CNC (Computer Numerical Control)

CNC adalah sebuah mesin yang terdiri dari Komputer dan Numerical Control (NC) mesin CNC digunakan untuk manufaktur yang melibatkan komputer untuk mengontrol mesin perkakas. Dalam

hal ini mesin perkakas biasa ditambahkan dengan motor yang akan menggerakkan pengontrol mengikuti titik-titik yang dimasukan kedalam sistem. Mesin CNC adalah perpaduan motor stepper dan kontroller. Saat ini mesin CNC mempunyai hubungan yang sangat erat dengan program CAD. Mesin-mesin CNC dibangun untuk menjawab tantangan di dunia manufaktur modern. Dengan mesin CNC, ketelitian suatu produk dapat dijamin hingga 1/100 mm lebih, pengerjaan produk masal dengan hasil yang sama persis dan waktu permesinan yang cepat.

2.2 G-Code

G-Code atau bisa disebut juga (RS-274) adalah sebuah program yang digunakan untuk kontrol numerical (NC), G-Code digunakan dalam sebuah manufaktur dengan bantuan komputer untuk mengontrol otomatisasi sebuah mesin perkakas. G-Code juga biasa disebut dengan bahas program G atau COM.

G-Code adalah bahasa dimana orang mengatakan komputerisasi mesin dalam membuat sesuatu. Dapat didefinisikan sebagai petunjuk kemana harus bergerak, cara untuk pindah, dan apa jalur yang harus diikuti. Situasi yang umum adalah sebuah mesin yang harus beroperasi sesuai dengan konsep atau sebuah petunjuk yang telah dibuat atau mengikuti sebuah pola dan membentuk sebuah potongan.

Implementasi pertama kontrol numerikal dengan program bahasa G dikembangkan MIT Servomechanisms Laboratory di tahun 1950-an. Satu dekade sejak implementasi pertama dilakukan sudah banyak perkembangan yang dilakukan oleh organisasi atau non organisasi. G-Code yang sering digunakan sebagai standar mesin kontrol numerical (NC). Berikut adalah tampilan G-Code program.

2.3 Proccesing



Gambar 2.1 icon proccesing

Processing adalah bahasa pemrograman dan lingkungan pemrograman (*development*)

environment) open source untuk memprogram gambar, animasi dan interaksi. Digunakan oleh pelajar, seniman, desainer, peneliti, dan hobbyist untuk belajar, membuat prototipe, dan produksi. Processing digunakan untuk mengajarkan dasar-dasar pemrograman komputer dalam konteks rupa dan berfungsi sebagai buku sketsa perangkat lunak (software) dan tool produksi profesional.

2.4 Arduino IDE

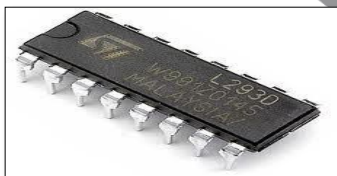


Gambar 2.2 Tampilan Awal Arduino Ide

Arduino Ide adalah perangkat lunak yang bisa digunakan untuk pemrograman mikrokontroler. Perangkat lunak ini berupa algoritma kerja dari suatu alat yang berbentuk listing program yang ditanamkan ke dalam mikrokontroler.

Arduino Ide menghasilkan sebuah file berformat hex yang akan di-download pada papan arduino atau papan sistem mikrokontroler lainnya. Arduino Ide dapat digunakan pada operasi Windows pada komputer dengan sistem minimum sekalipun tanpa harus membutuhkan spesifikasi komputer yang canggih [1]. Tampilan Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 4 Arduino IDE

2.5 Ic L293d



Gambar 2.3 Ic L293d

Ic L293d adalah IC yang didesain khusus sebagai driver motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Ic L293d dapat dilihat pada gambar 2.3

2.6 Trasistor



Gambar 2.4 Transistor

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya.

2.6 Motor Stepper



Gambar 2.5 Motor Stepper

Motor Stepper adalah suatu motor listrik yang dapat mengubah pulsa listrik yang diberikan menjadi gerakan motor discret (terputus) yang disebut step (langkah). Satu putaran motor memerlukan 360° dengan jumlah langkah yang tertentu perderajatnya. Ukuran kerja dari motor stepper biasanya diberikan dalam jumlah langkah per-putaran per-detik

2.5 Arduino



Gambar 2.6 Arduino Bord

Arduino adalah papan Mikrokontroler berdasarkan ATmega328. Arduino memiliki 14 digit pin input / output (6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset.

2.6 Kipas Dc



Gambar 2.7 Kipas Dc

Kipas dc adalah motor listrik yang ditambahkan baling-baling biasanya digunakan untuk mendinginkan komponen elektronik yang memiliki suhu tinggi bila diaplikasikan. Kipas Dc dapat dilihat pada gambar 2.7.

3. Analisis dan perancangan

3.1 Gambaran Sistem Saat Ini

Pada saat ini sistem yang diterapkan untuk membantu seniman yaitu Alat tulis *pyrography* yang berfungsi sebagai alat gambar di kayu dengan memanfaatkan energi panas [8]. Gambar 3.1 adalah gambaran sistem saat ini.



Gambar 3.1 Sistem Saat Ini

3.1.2 Cara Kerja Sistem

Cara kerja sistem saat ini yaitu seorang harus terlebih dahulu menggambar pola gambar dengan pensil ataupun pena, jika gambar sudah sesuai dengan yang diinginkan, kemudian pola gambar tersebut di tulis kembali menggunakan alat *pyrography* sehingga tulisan atau guratan yang dihasilkan oleh alat *pyrography* tersebut akan memiliki efek timbul dan bakar pada bagian yang sudah ditulis ulang dengan alat ini [8].

3.2 Analisis Kebutuhan Fungsional Dan Non Fungsional

Pada penelitian ini, sistem yang dibuat pada penelitian sebelumnya dilakukan pengembangan

NO	kebutuhan Fungsional
1	Dibutuhkan 2 Ic L239D untuk mengatur pergerakan pada stepper motor
2	Dibutuhkan 2 kipas Dc untuk pengatur suhu driver motor dan laser agar tetap stabil
3	dibutuhkan 2 stepper motor untuk posisi X dan Y
4	Dibutuhkan 1 arduino untuk memprogram kerja semua alat
5	Dibutuhkan 1 transistor sebagai relay pada laser
6	Dibutuhkan 2 batrai 12 Volt atau adaptor 12 Volt sebagai input tegangan pada ic dan laser

Gambar 3.2 Kebutuhan Fungsional

NO	kebutuhan Fungsional
1	memprediksi tinggi objek gambar dengan laser
2	Mengatur fokus laser dengan objek gambar
3	Mendeteksi tegangan batrai atau daptor
4	Mendeteksi tegangan pada laser saat laser hidup
5	Mendeteksi tegangan pada IC driver motor
6	Mendeteksi arus yang mengalir pada IC
7	Mengkalibrasi posisi x dan y pada motor stepper

Gambar 3.2 Kebutuhan Non Fungsional

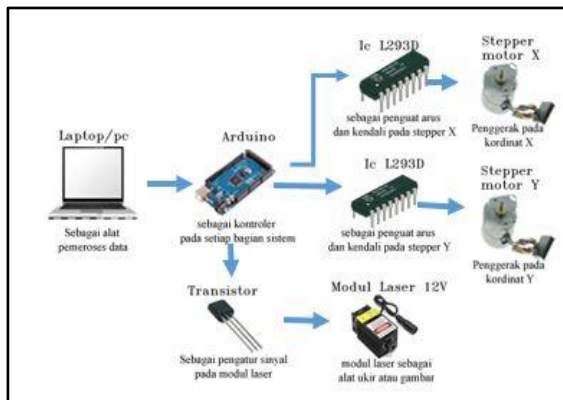
3.2 Gambaran Sistem Usulan

Berdasarkan kebutuhan fungsionalitas dan non fungsionalitas maka sistem mesin gambar yang dirancang terdiri dari tiga titik kerja yaitu titik kordinat X , titik kordinat Y dan titik kordinat referensi. penamaan titik kerja berdasarkan nama dari titik kerja didalam sistem mesin gambar.

- Titik referensi adalah titik dimana kordinat X dan Y mesin bernilai nol, maka disebut juga titik nol mesin. Titik ini mempunyai posisi yang tetap dengan dan tidak dapat diubah oleh oprator atau user, fungsi dari titik referensi yaitu sebagai titik awal gerak mesin pada saat mulai menjalankan kode dan akan kembali pada posisi nol jika semua kode sudah selesai di eksekusi.
- Titik kordinat X, fungsi utama dari kordinat X adalah mengatur arah gerak mesin secara vertikal
- Titik kordinat Y, fungsi utama dari kordinat Y merupan sumbu dari arah gerak mesin secara horizontal

Modul motor *driver* pada mesin gambar yang diusulkan adalah menggunakan Ic l293d sebagai penguat arus dengan mengambil sinyal kontrol arus rendah dan memberikan *output* sinyal kontrol ke arus yang lebih tinggi pada stepper motor dan transistor 2222a sebagai *Small Signal Switching* pada modul laser. Sumber listrik yang digunakan untuk mengaktifkan modul laser berasal dari adaptor 12 volt, arduino mega sebagai mikrokontroler di

setiap titik kerja. Gambar 3.3 adalah gambaran sistem usulan.



Gambar 3.3 Gambaran sistem Usulan

yang difokuskan pada sistem otomatisasi grafir dan alat grafir yang digunakan. pengembangan yang dilakukan pada sistem otomatisasi grafir dengan menggunakan stepper motor sebagai alat bantu gerak objek yang akan di tulis, kemudian mengganti alat grafir dengan menggunakan laser 500 mw yang bertujuan agar suatu gambar yang akan dibuat tidak memerlukan pembuat pola gambar terlebih dahulu.

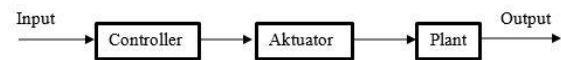
3.3 Konsep Solusi

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan di atas, konsep solusi yang ditawarkan adalah sebagai berikut:

Pada tugas akhir kali ini, dirancang sebuah mesin penggambar menggunakan laser dan program processing sebagai penerjemah program G-code yang didapat setelah mendisain bentuk dari sebuah gambar. Sebagai salah satu solusi yang ditawarkan untuk meningkatkan produksi dan efisiensi waktu dalam pembuatan sebuah produk. Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) Router yang akan dirancang ialah mesin CNC (*Computer Numerical Control*) Router sederhana menggunakan mikrokontroler arduino yang diintegrasikan dengan processing sebagai penerjemah G-code.

3.4 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras merupakan hal yang sangat penting dalam pembuatan proyek akhir ini. Karena dengan adanya perangkat keras maka sistem dapat diuji secara nyata, apakah alat ini dapat bekerja dengan baik atau tidak. Secara garis besar, diagram blok dari mesin CNC (*Computer Numerical Control*) ini ditunjukkan pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 3.4 Diagram Blok Mesin Gambar

Pada gambar 3.4 merupakan gambar dari blok diagram sistem CNC Router, iagram blok diatas menunjukkan cara kerja sistem yang akan dirancang untuk membuat sebuah mesin CNC Router. Dari gambar diatas terdapat *input* berupa file G-Code yang dimasukan ke *Processing* yang selanjutnya dikirim kemikontroler, di mikrokontroler terjadi proses data yang sebelumnya didapat dari *Processing* yang menentukan motor *stepper* / *axis* yang mana yang harus bergerak sejauh yang telah

4. Perancangan

4.1 Perancangan Antar Muka Pengguna

Perancangan perangkat lunak merupakan suatu hal yang penting dalam perancangan mesin penggambar menggunakan laser dengan arduino agar berjalan lancar. Pada gambar 4.1 merupakan perancangan antarmuka pengguna dengan mesin, dibuat dengan aplikasi *processing*. Agar pengguna lebih mudah dalam menggunakan alat.

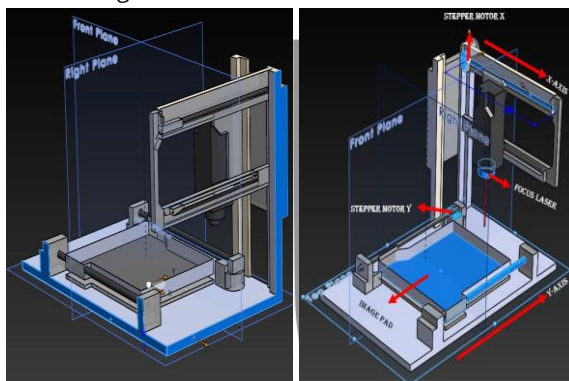


Gambar 4.1 Antar Muka Pengguna

Pada Gambar 4.1 adalah tampilan *software* yang digunakan untuk pengupload file G-Code yang nantinya dijadikan kordinat-kordinat selanjutnya dikirim ke mikrokontroler menggunakan USB serial port.

4.2 Desain Perangkat

Pada gambar 3.3. Dapat dilihat bentuk desain dari mesin CNC (Computer Numerical control) yang akan dibangun .



Gambar 4.2 Desain Perangkat

4.3 Komunikasi Serial

Prinsip kerja dari pengoperasian mesin berdasarkan pada pemberian perintah-perintah atau kode-kode yang terdiri dari dari angka serta huruf yang saling dikombinasikan untuk menghasilkan gerakan tertentu yang bervariasi, misalnya gerakan lurus, miring atau melingkar. Perintah atau kode yang terdiri dari angka dan huruf tersebut sering disebut dengan kode NC (NC code) yang berwujud data analog yang kemudian siap dikirim dan dieksekusi oleh prosesor yang terdapat pada mesin sehingga menghasilkan pengaturan putaran motor servo pada mesin CNC untuk menggerakkan peralatan yang ada untuk melakukan kegiatan permesinan hingga menghasilkan produk sesuai dengan program yang dibuat. NC kode tersebut terdiri dari kode-g (g-code) dan kode-m (m-code) berikut adalah Kode yang

mewakili kondisi dari tiap gerak sumbu dijelaskan pada Tabel 4.2 dan tabel 4.3.

G-code	Definisi
G00	G00 merupakan perintah supaya sumbu mesin CNC (baik X, Y maupun Z) untuk melakukan gerakan lurus cepat (feeding maksimal) sehingga kode G00 lebih tepat digunakan untuk memposisikan alat potong untuk mendekatkannya ke benda kerja maupun membebaskan alat potong dari benda kerja setelah selesai proses penyayatan. G00 tidak boleh digunakan untuk penyayatan karena feeding atau kecepatan gerakannya yang sangat tinggi.
G01	perintah supaya sumbu mesin (baik X, Y maupun Z) untuk melakukan gerakan lurus dengan feeding yang bisa diatur kecepatannya, sehingga G01 lebih sesuai digunakan untuk proses penyayatan.
G02	Gerakan melingkar searah jarum jam (Clockwise = CW)
G03	Gerakan melingkar berlawanan arah jarum jam (Counter Clockwise = CCW)

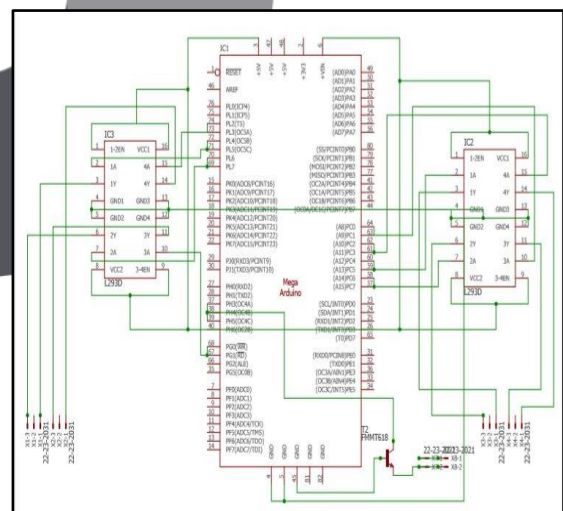
Gambar 4.2 G-code

M-code	Definisi
M03	Spindle berputar searah jarum jam (Clockwise = CW)
M04	Spindle berputar berlawanan arah jarum jam (Counter Clockwise = CCW)
M05	Mematikan Spindle Mengganti alat potong
M09	Mematikan coolant (Collant off)
M30	Program berakhir

Gambar 4.3 M-code

4.4 Rangkain skematik shield Drive Motor

Berikut adalah rangkaian skematik *shield*, pada rangkaian tersebut terdapat komponen utama yaitu Arduino mega dan ic driver motor . Rangkaian skematik ini dibuat dengan menghubungkan pin di setiap ic l293d ke pin Arduino baik digital maupun analog sesuai dengan fungsinya. Gambar 4.1 adalah rangkain skematik driver motor pada aplikasi eagle.

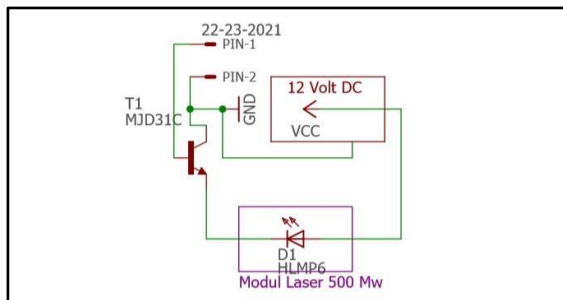


Gambar 4.4 Skematik Shield Driver Motor

4.5 Rangkain skematik switching modul laser

Gambar 4.5 adalah rangkain skematik *switching*, pada rangkaian tersebut terdapat komponen utama yaitu transistor 2222a, pin input tegangan adaptor

dan modul laser. Rangkaian skematik ini dibuat dengan menghubungkan fungsi pin transistor dengan modul laser sesuai dengan fungsi masing-masing *datasheet*.



Gambar 4.5 Rangkaian Switching laser

4.2.1 Pengujian

4.2.2 Pengujian Beda Bahan Dengan Gambar Yang Sama

NO	Hasil Penggambaran	Waktu yang dibutuhkan	Bahan yang digunakan	Tinggi Media
1.		4.12 menit	kayu triplek.	5 Milimeter
2.		4.12 menit	Plastik.	5 Milimeter
3.		4.12 menit	karton duplex.	5 Milimeter
4.		4.12 menit	kulit.	5 Milimeter

Gambar 4.6 Pengujian Beda Bahan Dengan Gambar Yang sama

4.2.3 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian perbedaan bahan dengan gambar yang sama. media gambar yang sama, waktu yang dibutuhkan untuk membuat

gambar dengan dengan pola gambar yang sama memakan waktu yang sama persis dan bahan kayu teriplek lebih jelas dalam hasil ahir pembuatan gambar.

4.3.1 Pengujian Ketinggian Media Gambar

NO	Hasil Penggambaran	Ketinggian Media Gambar	Bahan yang digunakan
1.		3 Milimeter	Kayu Triplek
2.		6 Milimeter	Kayu Triplek
3.		9 Milimeter	Kayu Triplek
4.		1.2 Centimeter	Kayu Triplek
5.		1.5 Centimeter	Kayu Triplek
6.		1.8 Centimeter	Kayu Triplek

4.		1.2 Centimeter	Kayu Triplek
5.		1.5 Centimeter	Kayu Triplek
6.		1.8 Centimeter	Kayu Triplek
7.		2.1 Centimeter	Kayu Triplek

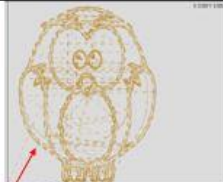
Gambar 4.7 Pengujian Ketinggian Media Gambar

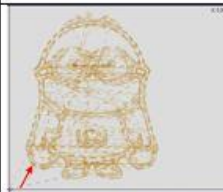
4.3.2 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian ketinggian media gambar dengan bahan yang sama, tinggi optimal media gambar adalah 1,5 centimeter karena ketinggian media gambar berpengaruh pada fokus laser. Dapat dilihat pada *sample* nomor 5 gambar masih dapat dicetak dengan jelas tanpa ada garis atau titik-titik yang putus.

4.4.1 Pengujian Perbedaan Gambar terhadap waktu

Berikut ini adalah hasil dari pengujian mesin dengan perbedaan gambar terhadap waktu yang dibutuhkan, dengan media gambar yang sama, terdapat panah pada bagian bawah merupakan koordinat Y0 dan X0.

		Waktu yang dibutuhkan untuk membuat gambar adalah 8.13 menit
		Waktu yang dibutuhkan untuk membuat gambar adalah 6.57 menit

Hasil Penggambaran	Kordinat 0.0	Waktu yang dibutuhkan
		Waktu yang dibutuhkan untuk membuat gambar adalah 5.42 menit
		Waktu yang dibutuhkan untuk membuat gambar adalah 7.32 menit
		Waktu yang dibutuhkan untuk membuat gambar adalah 4.28 menit

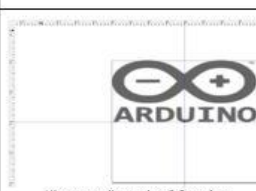
Gambar 4.8 Pengujian Beda Gambar Dengan Waktu

4.4.2 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian perbedaan gambar dengan waktu, setiap gambar yang akan di cetak dengan mesin mempunyai kordinat yang sama y0 dan X0 yang berada pada ujung kiri bawah dan waktu yang dibutuhkan untuk membuat gambar dengan pola gambar yang berbeda memakan waktu yang berbeda, karena kerumitan pada setiap gambar berbeda, semakin rumit media gambar yang digunakan maka semakin lama proses penggambaran.

4.5.1 Pengujian Motor Dan Ulir Dengan Ukuran Media Gambar

Berikut ini adalah hasil dari pengujian motor dan ulir dengan ukuran gambar. Tabel 4.3 adalah tabel pengujian sistem.

Ukuran Media Gambar	Hasil Penggambaran	Waktu Yang Dibutuhkan
 Ukuran media gambar 8 Cm x 4 cm	 Ukuran dari hasil penggambaran adalah 4x4 cm	18.52 menit
 Ukuran Media Gambar adalah 4 cm x 6 cm	 Ukuran dari hasil penggambaran adalah 4x4 cm	14.52 menit

 Ukuran Media Gambar adalah 4 cm x 4 cm	 Ukuran dari hasil penggambaran adalah 4x4 cm	11.52 menit
 Ukuran Media Gambar adalah 7 cm x 5 cm	 Ukuran dari hasil penggambaran adalah 4x4 cm	17.26 menit
 Ukuran Media Gambar adalah 6 cm x 5 cm	 Ukuran dari hasil penggambaran adalah 4x4 cm	16.32 menit

Gambar 4.9 Pengujian Ulir

4.5.2 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian motor dan ulir dengan ukuran media gambar, berapa pun ukuran media yang dibuat, hasil maksimal gambar yang dicetak mesin adalah 4x4 cm karena panjang ulir pada motor berukuran 4x4 cm dan ukuran media gambar mempengaruhi pada waktu, semakin besar ukuran media gambar semakin banyak perintah yang dieksekusi mesin, walaupun gambar yang dicetak hanya 4 cm x 4 cm.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis berhasil mendapatkan sejumlah kesimpulan, yaitu:

1. Pada perancangan mesin CNC (Computer Numerical Control), perancangan mekanik merupakan bagian yang menentukan keseimbangan dan menentukan dimensi, keakuratan dan ketelitian dalam proses penggambaran.

6. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis berhasil mendapatkan sejumlah saran untuk penelitian-penelitian yang lebih lanjut, yaitu:

1. Agar dapat mencetak gambar dengan skala yang lebih besar sebaiknya menggunakan

ukuran ulir yang lebih panjang dan menggunakan *stepper* motor yang lebih besar.

2. Menggunakan bantalan motor dari bahan yang anti getaran atau *vibrasi* sehingga objek yang dicetak menjadi semakin presisi dan tepat sesuai yang diinginkan

Daftar Pustaka

- [1] Kajal J.Madekar, Kranti R. Nanaware, Pooja R. Phadtare, Vikas S. Mane, “Automatic mini CNC machine for PCB drawing and drilling”, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) 2016
- [2] Mehmet Emin Aktan, Nihat Akkuş, Abdurrahman Yılmaz, Erhan Akdoğan, “Design and Implementation of 3 Axis CNC Router for Computer Aided Manufacturing Courses”,
- [3] K. Alfin, "labelektronika.com," 7 Februari 2017. [Online]. Available: <http://www.labelektronika.com>. [Accessed 28 Juni 2019].
- [4] Dr.B.Jayachandraiah, O.Vamsi Krishna, P.Abdullah Khan, R.Ananda Reddy. “Fabrication of Low Cost 3-Axis Cnc Router”, International Journal of Engineering Science Invention. www.ijesi.org Volume 3 Issue 6 | June 2014 | PP.01-10
- [5] Arduino, www.arduino.cc, Maret 2018
- [6] Mr.Dhruv H. Patel, Prof. V. N. Patni, “An Investigation Effect of Machining Parameters on CNC ROUTER”, 2014 IJEDR | Volume 2, Issue 2 | ISSN: 2321-9939
- [7] Pratik Bhambhatt, Mr.Piyush Surani, Mr.Dhaval P Patel, Amarishkumar J.Patel, Sunilkumar N.Chaudhari, “Design And Analysis Of Base Structure Of CNC Router”, April 2017, Volume 4, Issue 04 JETIR (ISSN-2349-5162)
- [8] Allegro microsystem, “DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection” [9] <http://www.pbclinear.com/Download/DataSheet/Stepper-Motor-Support-Documents.pdf>

