

Implementasi Mini CNC Router 3 Axis untuk Pembuatan Huruf dan Gambar Berbasis GRBL 3.6.1

Roswaldi Sk.¹, Julsam², Kartika³, Alno Fendri⁴, Mulyadi⁵

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang

Kampus Politenik Negeri Padang – Limau Manis Padang 25161 – INDONESIA

¹roswaldi.sk7@gmail.com

²yulsam_ir@yahoo.co.id

³kartika_munir@yahoo.com

⁴alnorajolelo2007@gmail.com

⁵ Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang

Kampus Politenik Negeri Padang – Limau Manis Padang 25161 – INDONESIA

⁵muyadiyusuf48@yahoo.co.id

Abstrak— Artikel ini memberikan sebuah khasanah dalam ilmu sistem kontrol dalam hal untuk meningat daya saing produksi UKM di Indonesia. Banyak para pengusaha UKM masih asing dalam penggunaan Mesin CNC untuk pengerjaan para pelaku UKM. Mesin CNC dapat dipergunakan untuk pembuatan huruf dan gambar. Mesin CNC menggunakan tiga buah motor stepper dan satu buah motor dc dengan kecepatan tinggi, yang berfungsi untuk spindder, dan sebagai rangkaian elektronika menggunakan arduino dan sheel driver motor stepper. Tiga buah motor stepper ini di kontrol dengan software GRBL 3.6.1 dan Easel. Setelah melakukan pengujian diperoleh kesalahan pada grafir sumbu x 1,2 %. Sumbu y 1,5 % dan sumbu z 5,8 %. Sedangkan kesalahan dalam pembuatan gambar/logo sebesar 2 %.

Kata kunci— Msein Mini CNC Router 3 Axis. Software GRBL 3.6.1, Software Easel dan motor Stepper.

Abstract— This article provides a treasure trove of control system science in order to remember the competitiveness of SME production in Indonesia. Many SME entrepreneurs are still unfamiliar in using CNC Machines to work on SME practitioners. CNC machines can be used to make letters and drawings. The CNC machine uses three stepper motors and one dc motor with high speed, which functions for spindder, and as a series of electronics uses arduino and sheel stepper motor drivers. These three stepper motors are controlled with GRBL 3.6.1 and Easel software. After testing, an error was obtained on the x-axis x-engraved 1.2%. The y axis is 1.5% and the z axis is 5.8%. While errors in making images / logos by 2%

Keywords— 3 Axis Mini CNC Router Machine. GRBL 3.6.1 Software, Easel Software and Stepper motors.

I. PENDAHULUAN

Industri keratif di Indonesia terkendala pada pembuatannya masih bersifat dengan cara manual, walaupun Indonesia sudah terkenal di dunia sebagai produsen barang berkualitas namun belum dibarengi dengan teknologi produksi yang tinggi seperti CNC. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya barang yang beredar merupakan hasil pekerjaan tangan atau hand made. Hasil survei awal peneliti tentang pembuatan produk industri kreatif Indonesia dengan peralatan manual yang memungkinkan dikerjakan dengan CNC, sebagai berikut: Pertama pembuatan ukiran dari bahan kayu dengan bentuk 2- 3 dimensi, seperti: ukiran kayu jepara, ukiran patung Bali, dan produk lain dengan bahan kayu. Kedua pembuatan ukiran batu dengan alat pahat, seperti: prasasti pengesahan gedung, prasasti batu nisan, prasasti hiasan interior dan exterior gedung, dan pembuatan ukiran batu lainnya dengan bentuk 2 dimensi. Ketiga pembuatan produk industri kerajinan dengan menggunakan alat grafir manual, seperti: marking peralatan memasak (sendok, wajan, panci, dll), akrilik souvenir dengan grafir manual, dan peralatan lainnya dengan bentuk bahan cenderung datar.

Hasil survei pengerjaan produk dengan cara manual seperti di atas memang memungkinkan, saat hanya menghasilkan produk yang berjumlah sedikit. Pengrajin sangat kesulitan jika mendapat pesanan seragam dengan jumlah yang banyak. Hasil yang didapat tidak akan sama dan kecepatan produksi dibatasi oleh lelahnya pengrajin. Alasan tersebut memperkuat dibutuhkannya CNC, karena dengan CNC hasil produk dan kecepatan produksi dapat konsisten. CNC di Indonesia belum

familiar untuk industri kreatif Indonesia dengan anggapan bahwa hanya akan membuat biaya produksi lebih tinggi dan menyebabkan kurangnya lapangan pekerjaan. CNC yang dikenal di Indonesia kebanyakan orang beranggapan besar, rumit dan jika digunakan pada industri kreatif Indonesia hanya akan membuat membengkaknya biaya produksi. Hal tersebut disebabkan mahalnya harga CNC, biaya operasional serta perawatan mesin CNC yang tinggi. Industri diluar manufaktur atau dalam hal ini industri kreatif Indonesia menjadi kesulitan beralih ke mesin CNC sebagai basis alat produksi mereka. Melihat dari latar belakang diatas peneliti mengusulkan untuk membuat sebuah alat mini CNC yang dapat digunakan untuk men-grafir akrilik agar kebutuhan untuk industry kreatif di Indonesia bisa berkembang dan bersaing dengan dunia luar.

Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian yang terkait dengan CNC dan aplikasinya, antara lain penelitian yang dilakukan Choudary dkk (2017) [1], yang di publikasikan dalam prosiding IEEE, menggunakan CNC untuk menggabung pembuatan printed circuit board (PCB) dengan grafir kayu. Mein CNC ini akan menjadikan alat yang efektif dalam pembuatan PCB dengan biaya yang murah, mesin CNC dapat melakukan pekerjaan yang seragam dengan waktu yang efisien. Penelitian yang dilakukan Perez, dkk (2004) [2], yang dipublikasikan dalam prosiding IEE. Menggunakan CNC untuk mengukir pada berbagai bahan dan tipe grafir, seperti grafir nomor seri, huruf, kode atau symbol lainnya. Mesin ini untuk melakukan kerja terdiri dari table koordinat xyz, koordinat xyz ini dikendalikan dengan computer, pergerakan dihasilkan

dengan menggunakan motor stepper. Pada sumbu z, bor dengan kecepatan tinggi, yang digunakan untuk melakukan grafir menggunakan mata bor yang kecil. Gambar yang akan digrafir diedit menggunakan program editor grafir dan menghasilkan output file dalam format HPGL (Hewlett Packard Graphics Language). Program kontrol CNC mengambil file HPGL dan dirubah sebagai sinyal yang digunakan untuk melakukan perintah pergerakan sumbu xyz pada mesin CNC.

Guvercin dkk (2015) [3], yang publikasikan pada IEE, menghasilkan sebuah mesin CNC untuk melakukan grafir yang dibangun dari titik koordinat xyz pada area kerja, koordinat XY untuk posisi di area kerja ukiran dan sumbu z untuk membuat grafir dengan menggunakan mata bor yang kecil. Mikrokontroler Arduino digunakan sebagai pengontrol dan pergerakan sumbu xyz digunakan motor stepper. Shahid dkk [4], melaporkan pada prosiding IEE. Merancang dan mengembangkan printer CNC 3D untuk pemotong laser dan plotter 2D pada satu mesin. Kelebihan mesin ini disamping dapat melakukan grafir, dapat juga melakukan pemotongan tanpa melakukan penukaran tool pada mesin CNC. Jadi mesin ini tidak hanya dapat melakukan grafir.

Mesin CNC

Mesin CNC (Computer Numerical Control) adalah mesin yang pengoperasiannya dikendalikan melalui program yang diakses dengan komputer. Secara garis besar program permesinan berupa input data yang diolah pada software komputer diteruskan ke unit pengendali yang berfungsi mengubah sinyal elektronik menjadi gerakan mekanik, kemudian gerakan tersebut diteruskan ke mesin untuk melakukan operasi permesinan.

Untuk mengoperasikan mesin CNC diperlukan suatu pengetahuan bahasa pemrograman yang dimengerti oleh mesin CNC itu sendiri karena mesin CNC tidak memahami bahasa manusia. Oleh karena itu, harus menyusun data masukan secara teratur dalam bahasa pemrograman yang dipahaminya agar mesin CNC dapat memproses informasi data yang diberikan.

Mesin CNC merupakan mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol). Sistem kerja teknologi CNC lebih sinkron antara komputer dan mekanik bila dibandingkan dengan mesin yang sejenisnya, maka mesin CNC lebih teliti, cepat, tepat, dan fleksibel [5].

Cara kerja Mesin CNC sendiri adalah dengan mengatur program awal pada software mesin CNC berupa file G-Code, untuk mengatur gambar dan alur kerja mesin yang disesuaikan dengan material bahan. Program CNC tersebut kemudian dikirim dan dieksekusi oleh prosesor pada mesin CNC sehingga menghasilkan pengaturan motor pada mesin CNC untuk menggerakkan motor untuk melakukan proses kerja secara otomatis sehingga menghasilkan produk yang sesuai program yang telah dibuat.

Jenis Mesin CNC

Mesin CNC Bubut

Mesin CNC bubut merupakan jenis mesin yang memiliki 2 axis. Memiliki pergerakan yang sama seperti mesin bubut konvensional yaitu gerakan ke arah melintang dan horizontal. Prinsip kerjanya sama dengan mesin bubut konvensional, yaitu benda kerja yang berputar kemudian disayat menggunakan alat potong. Perbedaannya terletak pada sistem kerjanya menggunakan mode pemrograman. Berikut ini adalah gambar dari mesin CNC bubut pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Mesin CNC Bubut

Mesin CNC Frais

Mesin CNC Frais adalah mesin frais yang menggunakan program CNC dalam pengoperasiannya. Dalam sistem kerjanya, mesin ini dikhususkan untuk produksi massal bukan untuk repair. Berikut ini adalah gambar dari mesin CNC frais pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Mesin CNC Frais

Mesin CNC Milling

Mesin CNC Milling adalah mesin milling dimana pergerakan meja mesin (sumbu X dan Y) serta spindle dikendalikan oleh suatu program. Program tersebut berisi langkah – langkah perintah yang harus dijalankan oleh mesin CNC. Mesin ini untuk membuat benda kerja dengan bentuk dasar balok. Berikut ini adalah gambar dari mesin CNC milling pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Mesin CNC Milling

Mesin CNC Router

Mesin CNC router merupakan jenis mesin yang paling umum digunakan. Biasanya digunakan untuk pengerjaan kayu, logam atau plastik. Dalam penggunaan CNC router, operator tidak perlu memanipulasi mesinnya, cukup memasukan program saja untuk menjalankan mesin. Berikut ini adalah gambar dari mesin CNC router pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Mesin CNC Router

Mesin CNC Plasma Cutter

Mesin CNC plasma cutter merupakan mesin yang digunakan untuk memotong logam atau kayu secara 2 dimensi. Mesin ini tidak membutuhkan daya sebanyak mesin router, mesin ini menggunakan bor plasma (plasma torch) untuk menembus lembaran kayu atau logam. Berikut ini adalah gambar dari mesin CNC plasma cutter pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Mesin CNC Plasma Cutter

Mesin CNC Laser Cutter

Mesin CNC laser cutter memiliki prinsip kerja yang sama dengan plasma cutter, namun mesin ini tidak menggunakan bor plasma (plasma torch), tetapi menggunakan laser. Mesin ini juga dapat digunakan untuk memotong plastik. Berikut ini adalah gambar dari mesin CNC laser cutter pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Mesin CNC Laser Cutter

Mesin CNC 3D Printer

Mesin CNC 3D printer merupakan printer yang menggunakan teknologi CNC. Mesin ini beroperasi seperti CNC laser, namun menggunakan ekstruder untuk mengeluarkan plastik melalui lubang yang kecil dengan gerakan yang pelan. Sehingga membentuk lapisan demi lapisan sampai membentuk suatu benda yang utuh. Berikut ini adalah gambar dari mesin CNC 3D printer pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Mesin CNC 3D Printer

Mesin CNC Pick and Place

Mesin CNC pick and place menggunakan pengaturan yang mirip seperti CNC router dan laser cutter. Mesin ini memiliki beberapa nozel kecil yang berfungsi mengambil komponen elektronik kemudian meletakkannya pada posisi yang tepat. Mesin ini memiliki gerakan yang cepat dan mampu untuk merakit komponen elektronik menjadi suatu produk, seperti motherboard komputer, ponsel, tablet, dll. Berikut ini adalah gambar dari mesin CNC pick and place pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Mesin CNC Pick and Place

Mesin CNC Tube Bending

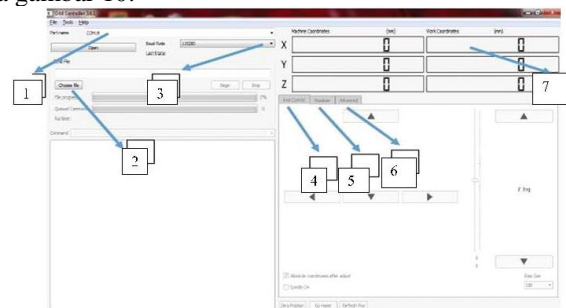
Mesin CNC tube bending berfungsi untuk menekuk pipa hingga membentuk pola tertentu sesuai program yang telah dimasukkan. Contohnya digunakan untuk menekuk tube assy pada AC mobil. Berikut ini adalah gambar dari mesin CNC tube bending pada gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Mesin CNC Tube Bending

Software GRBL 3.6.1

GRBL merupakan sebuah Software untuk mengontrol gerakan CNC yang dapat di unggah ke library Arduino. Pada dasarnya GRBL adalah sebuah hex file yang dapat di unggah ke Arduino agar Arduino dapat membaca perintah dalam G-code/ Nc. Code. Untuk mengirimkan Nc.Code ke Arduino digunakan GRBL controller adalah sebuah software yang digunakan untuk mengirimkan Nc.Code ke sebuah mesin CNC, seperti 3D printer. Software ini memudahkan pengguna dalam proses pemrograman sebuah mesin CNC. Pengguna bisa memberikan perintah secara langsung atau pengguna juga bisa mengunggah satu file dalam bentuk notepad yang berisi kode – kode Nc.Code. Tampilan software GRBL, seperti terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Software GRBL 3.6.1

Keterangan GRBL :

1. Nama port
Berisi pilihan port serial yang berfungsi mentransfer dan menerima data dari arduino uno, pilih yang konek arduino
2. Choose File
Berfungsi untuk memasukkan gambar desain yang berupa kode NC.
3. Baudrate
Untuk mengatur kecepatan aliran data dalam satuan bps (bit per second)
4. Axis control
Terdapat tombol pilihan untuk mengontrol koordinat sumbu X,Y dan Z
5. Visualizer
Berisi tampilan desain dari kode NC.
6. Advanced
Berfungsi untuk mengatur GRBL controller
7. Machine coordinate and Work Coordinates.
Untuk menunjukkan tampilan jarak dari koordinat sumbu X,Y dan Z.

G-Code [6]

G-Code adalah bahasa pemrograman yang digunakan pada mesin CNC yang berkaitan erat dengan grafik dan vektor. Bahasa ini memakai komputer sebagai alat bantu penghubung antara mesin dan perangkat lunak yang terdapat di komputer. Mesin akan mengikuti gerak alur dari vektor yang dituliskan dalam G-Code. Bahasa pemrograman G-Code ini ditulis dalam file dengan ekstensi.ngc (Numerical G-Code) [3]. Berikut ini

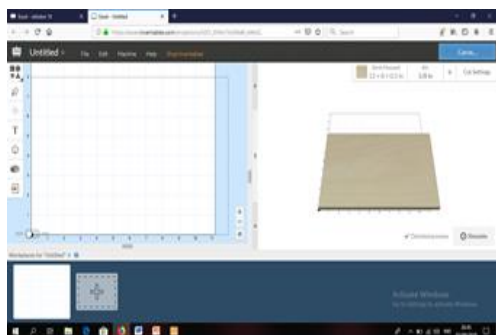
adalah macam - macam dari G-code pada tabel dibawah ini pada tabel 1.

TABEL I
MACAM-MACAM G-CODE

G-code	Kegunaan
G0	Perintah pergerakan cepat
G1	Perintah pergerakan pemakanan lurus
G2	Perintah pergerakan melingkar searah jarum jam
G3	Perintah pergerakan melingkar berlawanan arah jarum jam
G33	Menyayat beberapa jenis ulir dengan kisar konstan
G40	Membatalkan kompensasi radius atau tanpa kompensasi
G41	Kompensasi radius kanan
G42	Perintah kompetensi radius kiri
G54	Berarti titik nol benda kerja diaktifkan
G90	Pemrograman <i>absolute</i>
G91	Pemrograman <i>inkrimental</i>
G96	Mengatur kecepatan potong
G97	Pengaturan kecepatan potong konstan OFF
G158	Menentukan awal pemrograman

Software Easel

Software easel adalah sebuah perangkat lunak berbasis web untuk membuat suatu desain berupa gambar, huruf dan angka untuk mesin ukiran atau mesin CNC. Berikut adalah gambar tampilan software easel pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Tampilan software easel

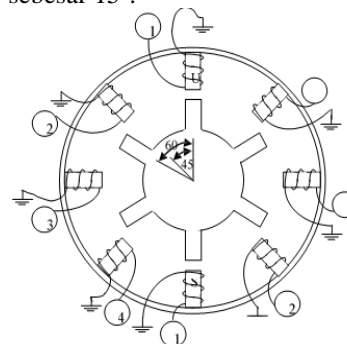
Motor Stepper [7]

Sebenarnya yang membedakan motor stepper dengan jenis motor lainnya misalnya pada motor AC dan motor DC salah satunya adalah dari segi putarannya. Motor stepper merupakan motor DC yang tidak mempunyai komutator. Umumnya motor stepper hanya mempunyai kumparan pada bagian stator sedangkan pada bagian rotor merupakan magnet permanen (bahan ferromagnetic). Karena konstruksi inilah maka motor stepper dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan/atau berputar ke arah yang diinginkan, apakah searah jarum jam atau sebaliknya.

Ada tiga jenis motor stepper: motor stepper Magnet Permanen, Variable Reluctance dan Hybrid. Semua jenis tersebut melakukan fungsi dasar yang sama, tetapi mempunyai perbedaan penting pada beberapa aplikasi. Motor stepper dapat

berputar atau berotasi dengan sudut step yang bisa bervariasi tergantung motor yang digunakan. Ukuran step (step size) dapat berada pada range 0,9⁰ sampai 90⁰. Misalnya sudut step 7,5⁰ ; 15⁰ ; 30⁰ dan seterusnya tergantung aplikasi atau kebutuhan yang diinginkan. Posisi putarannya pun relatif eksak dan stabil. Dengan adanya variasi sudut step tersebut akan lebih memudahkan untuk melakukan pengontrolan serta pengontrolannya dapat langsung menggunakan sinyal digital tanpa perlu menggunakan rangkaian closed-loop feedback untuk memonitor posisinya. Dengan alasan inilah maka motor stepper banyak digunakan sebagai actuator yang menerapkan rangkaian digital sebagai pengontrol/driver, ataupun untuk interfacing ke piranti yang berbasis mikroprosesor / mikrokontroler.

Ada beberapa cara dalam mendesain motor untuk mendapatkan aksi stepping yang dikontrol secara digital. Salah satu cara adalah seperti yang diilustrasikan pada gambar 12. Konstruksi motor stepper ini menggunakan empat kumparan stator (bagian yang tetap/stasioner) yang merupakan empat pasang kutub (pole). Setiap kutub stator mempunyai offset sudut sebesar 45⁰ satu sama lainnya yang saling berdekatan. Arah lilitan/kumparan dibuat sedemikian sehingga memberikan energi (energizing) ke salah satu kumparan yang membangkitkan medan “Utara” pada kutub tersebut. Sebaliknya akan memberikan medan kutub “Selatan”. Kutub utara dan selatan yang dibangkitkan oleh kumparan 1 ditunjukkan pada gambar 12. Bagian motor yang berputar (disebut rotor) didesain dengan menggunakan tiga pasang lengan dari bahan ferromagnetic, satu dengan lainnya yang saling berdekatan membentuk sudut 60⁰. (Bahan ferromagnetic merupakan bahan yang mudah tertarik ke medan magnet). Karena kutub stator berjarak 45⁰, hal ini membuat sudut antara stator dan rotor sebesar 15⁰.



Gambar 12. Motor Stepper 4 Kumparan

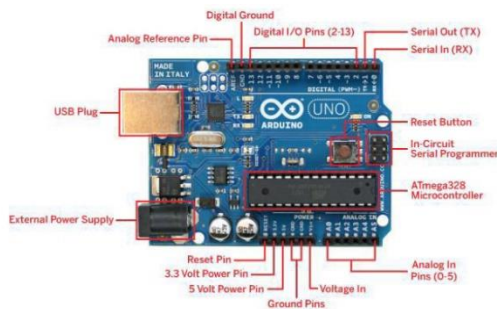
Pada gambar 12 terlihat sumbu rotor dengan garis flux yang diperoleh dari kutub stator utaraselatan adalah dari kumparan 1. Terjadinya pergerakan step pada rotor dengan sudut 15⁰ searah jarum jam karena adanya pemutusan energi (deenergizing) pada kumparan 1 dan pemberian energi (energizing) pada kumparan 2. Pasangan rotor yang dekat dengan kumparan 2 sekarang akan segaris dengan pasangan kutub stator flux line 2. Stepping 15⁰ berikutnya diperoleh dari pemberian energi pada kumparan 3, kemudian kumparan 4, kumparan 1, kumparan 2 dan seterusnya tergantung jumlah step yang diinginkan. Kode digital yang diberikan pada kumparan stator untuk step 15⁰ searah jarum jam dan 15⁰ berlawanan arah jarum jam dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL II
KODE DIGITAL STEP 15° SEARAH DAN BERLAWANAN JARUM JAM

KUMPARAN (searah jarum jam)				KUMPARAN (kebalikan arah jarum jam)			
1	2	3	4	1	2	3	4
1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	0
Dst				Dst			

Arduino [8]

Arduino adalah sebuah papan mikrokontroler dan dengan sebuah aplikasi untuk pemrogramannya. Arduino adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. Board ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke computer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya. Berikut adalah spesifikasi dan tampilan detail dari board Arduino Uno yang tertera pada Tabel 3 dan Gambar 13.



Gambar 13. Mikrokontroler Arduino Uno

TABEL III
SPESIFIKASI ARDUINO UNO

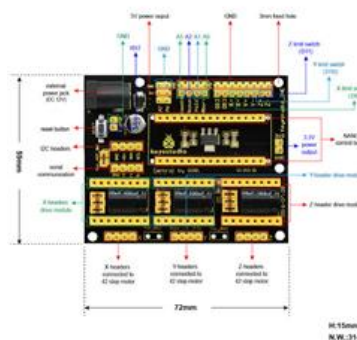
Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan daya	5 V
Tegangan input (rekomendasi)	7-12 V
Tegangan input (<i>limit</i>)	6-20 V
Jumlah digital I/O pin	14
Jumlah analog pin	6
Besar arus pin I/O	40 mA
Besar arus untuk pin	20 mA
Flash memory	50 mA
EEPROM	32 kB
Kecepatan Clock	16 MHz

Selain spesifikasi yang telah disebutkan di atas, beberapa pin arduino uno juga memiliki fungsi khusus, yaitu :

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data TTL serial.
- Eksternal Interupsi: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan 8-bit output PWM dengan analogWrite () fungsi.
- SPI: 10 (SS), 11 (mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan library SPI.
- LED: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13.
- Arduino uno memiliki 6 input analog, diberi label A0, A1, A2, A3, A4, A5.
- TWI: A4 atau SDA pin dan A5 atau SCL pin. Mendukung komunikasi TWI
- Aref. Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan analogReference ().
- Reset. Untuk melakukan restart terhadap sketch yang sudah di upload.

CNC Shield [9]

CNC shield adalah sebuah perangkat modul untuk mesin CNC yang terdiri dari beberapa rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai modul yang nantinya dipasang mikrocontroller arduino dan driver A4988, CNC shield perlu bekerja dengan arduino nano, dan ada 3 slot saluran untuk modul driver motor stepper A4988 untuk kendali dari motor stepper yaitu (X, Y, dan Z), dan mempunyai beberapa pin dan slot sebagai input dan output dari beberapa komponen seperti motor stepper, limit endstop, emergency, dan lain lain. CNC shield dikendalikan oleh sebuah program pengubah G-code menjadi gerak mekanis pada motor stepper yang terhubung pada CNC shield, salah satunya yaitu software GRBL. Berikut ini adalah gambar serta keterangan dari CNC shield pada gambar 14 dibawah ini.



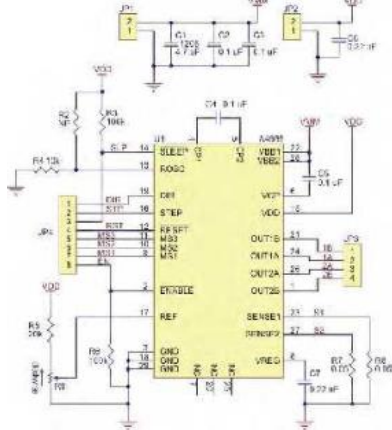
Gambar 14. CNC Shield

Driver Motor A4988

Driver motor IC A4988 dipilih sebagai motor driver pada perancangan ini karena tidak boros pin arduino dan mudah cara dioperasikan. Motor driver pada umumnya hanya menaikkan tegangan output dari input arduino, hal ini sangat boros pin pada arduino mengingat tiap motor stepper bipolar memiliki 4 buah kabel. IC A4988 sangat mudah digunakan karena hanya terdapat dua buah input masukan yakni DIR dan STEP. DIR berfungsi untuk mengubah arah putaran searah jarum jam dan berlawanan jarum jam. STEP berfungsi untuk mengatur kecepatan motor stepper dengan memberikan sinyal HIGH dan LOW dengan jedanya.

Rangkaian Driver Motor A4988

Penggerakkan motor stepper dibutuhkan IC A4988. Satu buah IC A4988 hanya dapat mengendalikan satu buah motor stepper. Oleh karena itu pada driver motor ini terdapat 3 buah IC A4988 untuk dapat menggerakkan 3 buah motor stepper. Pada IC A4988 hanya 7 buah kaki yang dihubungkan dengan Arduino, yaitu Enable, Stop, Driver, VCC 12V, VCC 5V dan 2 buah Ground. Lalu 4 buah kaki yaitu 1A, 1B, 2A, 2B dihubungkan dengan sebuah motor stepper. Berikut ini adalah gambar skematik diagram A4988 pada gambar 14 dibawah ini.



Gambar 14. Skematik diagram A4988

IC A4988 [10]

IC A4988 adalah driver microstepping motor yang lengkap dengan built-in penerjemah untuk memudahkan pengoperasian. IC ini dirancang untuk mengoperasikan berbagai macam motor stepper, baik motor stepper bipolar penuh, setengah, atau seperempat. Dengan output hingga 35V dan ± 2A. IC A4988 memiliki kemampuan untuk beroperasi dalam slow atau mixed decay mode. Bentuk IC A4988 dapat dilihat pada gambar 15 dibawah ini, IC A4988 memiliki 8 buah kaki yang terdapat pada sisi kanan dan sisi kirinya.



Gambar 15. IC A4988

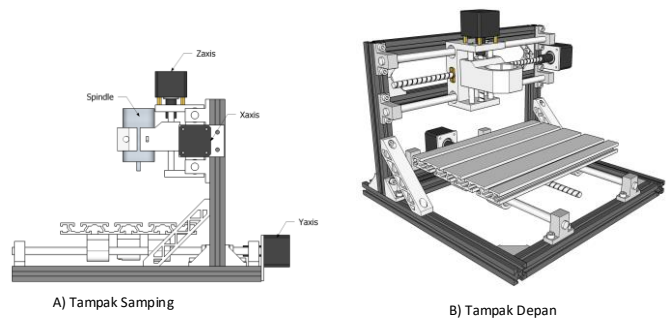
Maksud dari artikel merupakan untuk menambah khazanah ilmu pengetahuan tentang mesin mini CNC router 3 axis sebagai pembangan untuk industri kreatif di Indonesia dalam pembuatan huruf dan gambar pada media akrilik.

Tujuan penelitian ini, untuk membantu para pelaku usaha industri kreatif di Indonesia dalam hal penggunaan mesin mini CNC router 3 axis berbahan dasar akrilik dan juga sebagai pengatahuan tentang mesin CNC beserta software yang digunakan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Mekanik Mini CNC Router 3 Axis

Bentuk keseluruhan dari CNC ini memiliki panjang 400 mm, lebar 330 mm, dan tinggi 240 mm. Ukuran tersebut telah disertakan dengan motor stepper yang terlah terpasang. Mesin Mini CNC Router 3Axis, yang digunakan dapat dilihat pada gambar 16.

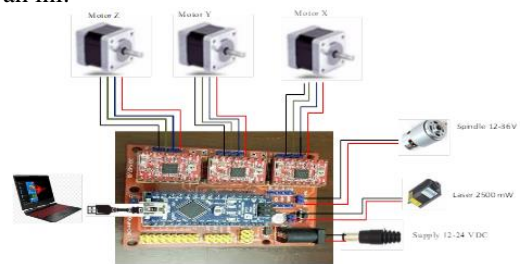


Gambar 16. Mekanik Mesin Mini CNC 3 Axis

Rangkaian Elektronik Mesin Mini CNC Router 3 Axis

1) *Perancangan Rangkaian Modul CNC shield*

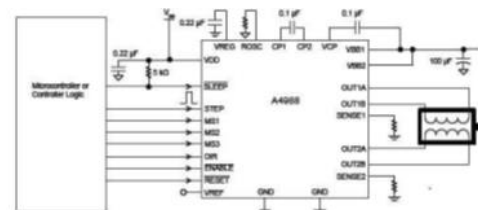
Gambar rangkaian dari modul CNC shield pada gambar 17 dibawah ini.



Gambar 17. Rangkaian Elektronik Mesin Mini CNC 3 Axis

2) *Driver A4988*

Gambar rangkaian driver A4988 pada gambar 18 dibawah ini.



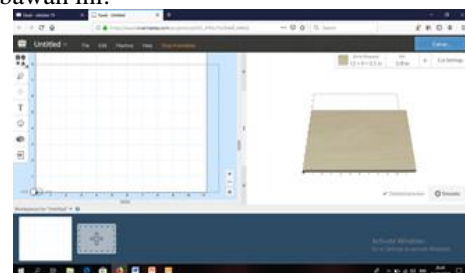
Gambar 18. Rangkaian Driver A4988

Perancangan Software

Software yang digunakan untuk mengoperasikan mesin mini CNC router 3 axis untuk membuat huruf dan gambar, menggunakan software Easel dan software GRBL 3.6.1

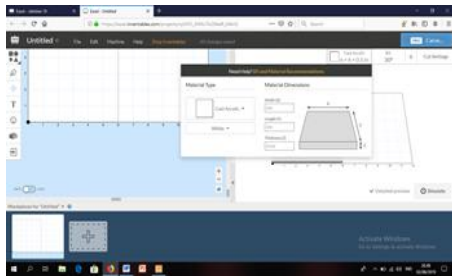
1. *Software Easel*

Software easel digunakan untuk membuat sebuah desain berupa gambar dan huruf. Sebelum menggunakan software easel terlebih dahulu membuat akun menggunakan e-mail, berikut ini adalah tampilan dari software easel pada gambar 19 dibawah ini.



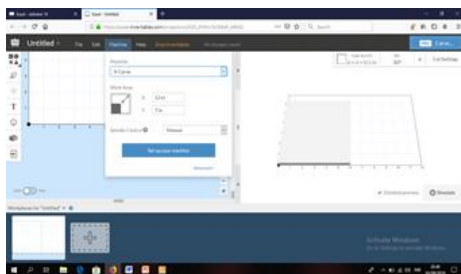
Gambar 19. Tampilan software easel

Setelah itu setting jenis bahan yang di ukir yaitu akrilik dan atur panjang, lebar, dan tebal akrilik yang digunakan. Akrilik yang digunakan memiliki ukuran panjang dan lebar 100 mm dan tebal 3 mm. Berikut adalah gambar settingan akrilik yang digunakan pada gambar 20 dibawah ini.



Gambar 20. Settingan ukuran akrilik pada easel

Setelah itu setting juga papan kerja yang digunakan, disesuaikan dengan luas papan kerja pada mesin mini CNC, seperti pada gambar 21 dibawah ini.



Gambar 21. Setting papan kerja pada easel

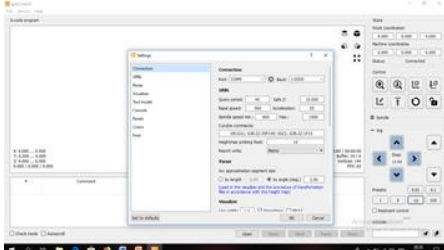
2. Software GRBL 3.6.1

Software GRBL 3.6.1 untuk mengontrol dan menjalankan mesin mini CNC, setelah desain dibuat pada software easel dan disimpan dalam bentuk g-code, maka baru di buka pada software GRBL 3.6.1, berikut adalah tampilan dari software GRBL 3.6.1 pada gambar 22 dibawah ini.



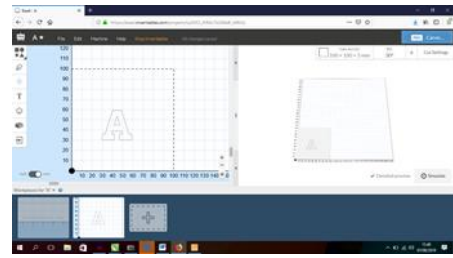
Gambar 22. Tampilan software GRBL 3.6.1

Setelah itu setting port yang digunakan dan baud, port berfungsi menstransfer dan menerima data dari arduino nano, pilih yang konek dengan arduino, dan baud yang digunakan yaitu 115200, seperti pada gambar 23 dibawah ini.



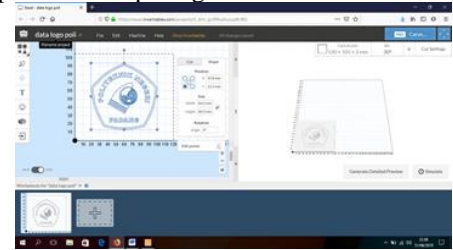
Gambar 23. Setting port pada software GRBL

Desain huruf “A” untuk pembuatan grafir huruf pada mesin mini CNC router 3 axis, seperti terlihat pada gambar 24.



Gambar 24. Desain Huruf “A” pada Software Easel

Desain gambar, berupa logo PNP pada mesin mini CNC router 3 axis, seperti terlihat pada gambar 25.

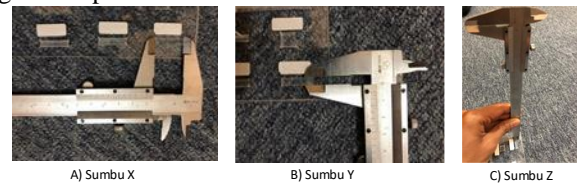


Gambar 25. Desain logo PNP pada Software Easel

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Akurasi dan Kepresisian Sumbu X, Y, dan Z

Setelah membuat desain untuk pengujian grafier masing sumbu (X,Y,Z), dapat dilihat pada gambar 26, sedangkan hasil pengukuran pada tabel 4.



Gambar 26. Hasil Pengujian Pergerakan Grafir Mini CNC Router 3 Axis

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN SUMBU X,Y,DAN Z

No	Desain (mm)			Realisasi (mm)			Kesalahan (%)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	20	5	0,5	20	5	0,6	0	0	20
2	20	5	1	20,5	5	1,1	2,5	0	10
3	20	5	2	19,5	4,9	2	2,5	2	0
4	10	10	2	10	9,8	2	0	2	0
5	50	5	2	49,5	4,9	2,1	1	2	5
6	80	5	2	79	4,9	2	1,25	2	0
Rata - Rata Kesalahan							1,2	1,3	5,8

Hasil pengujian pembuatan huruf, terlihat pada gambar 27.



Gambar 27. Hasil Pengujian Pembuatan Huruf “a” dan “A” Hasil pengujian pembuatan logo PNP. Dapat dilihat pada gambar 28.



Gambar 28. Hasil Pengujian Pembuatan Logo PNP Dari gambar 27 dan 28, kesalahan hasil terhadap desain mempunyai kesalahan rata – rata 2 %.

IV. KESIMPULAN

Pada pengujian akurasi dan kepresisian sumbu X, Y, dan Z mesin mini CNC router 3 axis, memiliki kesalahan rata – rata 1,2 % untuk sumbu X, sumbu Y memiliki kesalahan 1,3%, dan sumbu Z memiliki kesalahan 5,8 %. Sedangkan pada pengujian gambar/logo 2 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya pada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, khususnya kepada Direktur Politeknik Negeri Padang dan Ketua P3M - PNP yang telah memberikan kontribusi dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] R. Choudhary, Sambhav, S. D. Titus, P. Akshaya, J. A. Mathew, dan N. Balaji, “CNC PCB milling and wood engraving machine,” in *2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)*, 2017, hal. 1301–1306.
- [3] A. A. Perez dan F. J. A. Sanchez, “Prototype for the mechanical engraver of aluminum plates assisted by computer,” in *International Conference on Electronics, Communications and Computers, 2004. CONIELECOMP 2004.*, 2004.
- [4] S. Guvercin, R. Suliyev, dan G. Tolebi, “Design of automatic engraving machine controlled via computer,” in *2015 Twelfth International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO)*, 2015, hal. 1–3.
- [5] M. T. Shahid, M. A. Khan, dan M. Z. Khan, “Design and Development of a Computer Numeric Controlled 3D Printer, Laser Cutter and 2D Plotter all in one machine,” in *2019 16th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST)*, 2019, hal. 569–575.
- [6] Sudarno, Martono, dan S. Mauladin, “Rancang Bangun Mesin CNC Router Berbasis Arduino,” *POLITEKNOSAINS*, vol. Vol. XV, no. 2, hal. 51–55, 2016.
- [7] I. S. Harrizal, Syafri, dan A. Prayitno, “Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Cnc Milling 3 Axis menggunakan Close Loop System,” *JOM FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, hal. 1–8, 2017.
- [8] Sahrul, “Motor Stepper: Teknologi, Metoda Dan Rangkaian Kontrol,” *Univ. Komput. Indones. Bandung*, hal. 187–202, 2019.
- [9] K. Abdul, *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*, Andi. Yogyakarta: Andi, 2013.
- [10] A. A. Fuadzi, I. Santosa, dan G. R. Wilis, “Instrumen Kendali Mesin Cnc Portable Berbasis Microcontroller Arduino Dan Modul Cnc Shield,” in *Ist Mechanical Engineering National Convergence, 2018*, 2018, hal. 87–96.
- [11] Nn, “A4988 Stepper Motor Driver Carrier, Black Edition,” *Pololu Robotic & Electronics*, 2019. .