

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Beberapa penelitian telah melakukan studi mengenai Pengembangan Mesin CNC rangkuman literature yang telah dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi kemajuan penelitian yang telah ada dapat ditemukan dibawah ini :

Tabel berikut membandingkan beberapa penelitian sejenis yang telah dilakukan dengan penelitian ini untuk menunjukkan inovasi dan kontribusi penelitian terhadap pengembangan teknologi CNC berbasis Arduino :

Aspek yang Dibandingkan	Pramuji et al. (2020)	Azmi et al. (2020)	Penelitian Ini (Raga, 2025)
Sistem Kontrol	Arduino Mega + FlatCAM + GUI Python + GRBL	Arduino Uno + GRBL firmware	Arduino Uno + EasyEDA + FlatCAM + Candle
Bahan PCB yang diuji	Tidak disebutkan secara spesifik	Tidak spesifik ke jalur PCB	FR1, FR4, Semi-Fiber
Presisi Jalur PCB	X: 0.8687%, Y: 0.0841%, Z: 0.07243%	Tidak dijelaskan kuantitatif	<i>engraving depth</i> ±0.06 mm
Fitur Tambahan	GUI Python + Spindle 6000 RPM	Dasar engraving 3-axis	Kalibrasi Zero Otomatis, multi-bahan
Tujuan Utama	Efisiensi pembuatan PCB bebas bahan kimia	Rancang mesin engraving murah	Pembuatan jalur PCB otomatis dan perancangan mesin yang murah
Software Desain Jalur	Python + GRBL	GRBL (tanpa GUI tambahan)	EasyEDA + FlatCAM
Mekanisme Kalibrasi	Manual (GUI)	Manual, tidak dijelaskan	Otomatis (Z-Probe)
Target Pengguna	Pendidikan & laboratorium	Hobbyist & maker lokal	Mahasiswa praktikum, industri kecil
Jenis Motor Stepper	Nema 17	Nema 17	Nema 17

Evaluasi Kecepatan Produksi	Tidak tersedia	Tidak disebutkan	±12–15 menit per diameter PCB Uk 10x5cm
-----------------------------	----------------	------------------	---

Dengan Judul : RANCANG BANGUN MESIN CNC PCB BERBASIS ARDUINO UNTUK MENDUKUNG TEFA JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA Politeknik Negeri Banyuwangi dalam RENSTRA 2020-2024 mempunyai target kerja Peningkatan Kualitas Kurikulum dan Pembelajaran. Untuk mewujudkan kedua tujuan diatas salah satunya adalah membentuk Teaching Factory (TeFa). Industri yang berkembang pesat saat ini salah satunya adalah industri pembuatan PCB (Printed Circuit Board). Terbukti dengan adanya website pencetakan PCB seperti Indomaker dan marketplace seperti Tokopedia dan Bukalapak yang menyediakan jasa pencetakan PCB sesuai keinginan dengan waktu yang cepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendukung perkembangan Teaching Factory Jurusan Teknik Informatika program studi Teknologi Rekayasa Komputer. Dengan memperbanyak jumlah Mesin CNC PCB supaya dapat menciptakan sistem kerja yang menyerupai keadaan industri yang sesungguhnya. Metode yang digunakan adalah metode Research and Development (R&D), metode R&D adalah metode untuk membuat suatu produk dan menguji keefektifannya. Pada pengujian gerak sumbu X, Y dan Z didapatkan hasil mesin CNC PCB bergerak sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh Perangkat Lunak Candle. Pada pengujian konfigurasi pencetakan jalur PCB menggunakan mata bor router tipe V 30° didapatkan hasil terbaik menggunakan Cut Z 0.15 mm dan Feed Rate 20 mm/menit. Dengan adanya Mesin CNC PCB dapat mempermudah TEFA Jurusan Teknik Informatika untuk membuat prototipe dari sebuah produk sebelum produk tersebut masuk ke tahap produksi.(Hermawanto and Habibi 2025)

Dengan judul : RANCANG BANGUN MESIN CNC ROUTER Tujuan yang dilakukan Menghasilkan produk dengan nilai jual yang kompetitif dan kualitas yang dapat diterima untuk kegunaan produksi produk. Pekerjaan penelitian ini melibatkan rekayasa balik lengan robot Fanuc Cartesian dan membuat desain menggunakan perangkat lunak desain berbantuan komputer. Selanjutnya

mempersiapkan alat-alat berupa perangkat keras sistem kendali dan perangkat lunak sistem kendali, pemilihan bahan, pengecekan fungsi dan kesesuaian komponen yang dikumpulkan, pembuatan dan perakitan mesin CNC milling, pengumpulan data, Uji coba alat menggunakan 3- mode operasi sumbu, seperti tabel. Kalibrasi, MDI, dan 3 sumbu otomatis. Waktu pemrosesan adalah 28 menit. Untuk papan nama berbahan dasar ACP (aluminium Composite Panel), dimensi pengerjaan 310 mm x 35 mm, kedalaman pemotongan 5 mm dan waktu 8,51. Dimensi pemrosesan 89,4 mm x 64,1 mm dan waktu pemrosesan 3,35 menit. (Ma'arif et al. 2021)

Dengan judul : ANALISA PERBANDINGAN PERFORMANSI AKURASI MESIN CNC (COMPUTER NUMERICAL CONTROL) ROUTER BERBASIS MACH3 DAN ARDUINO UNO MENGGUNAKAN METODE SQC bstrak – Mesin CNC salah satu teknologi yang masih dikembangkan untuk peningkatan kegiatan produksi salah satunya mesin CNC 3 axis dengan fungsi milling. Pada umumnya kontrol utama mesin CNC menggunakan salah satu board dari platform resmi yaitu Mach3 dengan fitur yang sangat mendukung untuk fungsi sebuah mesin CNC salah satunya komunikasi paralel untuk menunjang kinerja mesin CNC tetap stabil, akan tetapi komputer dengan fitur komunikasi paralel umumnya tipe lama dengan spesifikasi rendah yang hanya bisa dijadikan sender dan tidak bisa digunakan untuk mendesain. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan peningkatan efisiensi dalam memanfaatkan teknologi CNC yaitu dengan menggunakan platform yang bersifat open source dan menggunakan komunikasi serial untuk menjadikan teknologi CNC lebih fleksibel dalam hal pengoperasian dengan satu komputer dapat digunakan untuk mendesain dan sender. Arduino Uno salah satu platform yang bersifat open source yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi kontrol utama mesin CNC. Hasil penelitian mesin CNC berbasis Arduino menunjukkan bahwa penerapan komunikasi serial untuk pengoperasian mesin CNC memiliki perfomansi dan akurasi yang tidak jauh berbeda dengan mesin CNC yang menggunakan komunikasi serial. Dalam parameter jumlah objek yang dikerjakan sama Mach3 30 detik lebih cepat dengan akurasi kesalahan 0,02 mm (0,05%) dan

Arduino 0,04 mm (0,1%). Dalam parameter jumlah waktu yang sama yaitu 30 menit Mach3 menyelesaikan 8 objek dan objek ke - 9 hanya dikerjakan 25,6%, Arduino menyelesaikan 8 objek dan objek ke – 9 hanya 14,5% (Fathoni 2022)

Dengan Judul : RANCANG BANGUN CNC (COMPUTER NUMERICAL CONTROL) UNTUK PEMBUATAN PCB BERBASIS ARDUINO Tujuan n Cetak PCB menggunakan proses yang sangat efisien dan mengurangi penggunaan bahan kimia saat mencetak PCB. Alat ini didasarkan pada sistem yang diproses melalui Arduino Uno dan menggunakan perangkat lunak Flatcame dan Candle sebagai antarmuka pengguna . Perangkat lunak ini dirancang untuk mengonversi file format Gerber perangkat lunak Proteus menjadi file kode-G yang dapat dibaca oleh prosesor. Pengujian dilakukan untuk memeriksa keakuratan gerakan mesin CNC. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, perangkat lunak dapat mengirimkan file GCode dengan tepat. Akurasi gerakan dengan tingkat kesalahan rata-rata 0,86% untuk sumbu X, 0,95% untuk sumbu Y, dan 1,3% untuk sumbu Z. (Pramuji, Saputro, and Hidayati 2023)

Dengan judul : RANCANG BANGUN MESIN CNC ENGRAVER MINI SEBAGAI ALAT BANTU PEMBELAJARAN Tujuan Kuliah di Politeknik berkaitan dengan sistem Computer Numerical Control (CNC). Ini adalah mesin yang dikendalikan komputer yang dapat digunakan untuk pengukiran, seperti , serta operasi penggilingan dan pemotongan pada berbagai bahan non-logam. Proses pemesinan dan presisi menjadi salah satu keunggulan utama mesin ukiran mini CNC ini. Perangkat lunak Solidworks digunakan untuk simulasi desain dan konstruksi. Untuk , bahan utama rangka perkakas adalah profil aluminium. Tergantung pada kepentingannya, berbagai komponen digunakan dalam infrastruktur mekanis, seperti komponen rangka, pemandu , dan penggerak. Sistem poros transmisi yang menggunakan sekrup bola menghilangkan kehilangan gesekan dan menghemat energi. Terbuat dari bahan besi cor dengan kekakuan. Batang pemandu dianalisis dan ditemukan memiliki defleksi yang rendah, ekspansi termal yang baik dalam kondisi servis jangka panjang, dan kekuatan yang cukup untuk menahan getaran. Sistem kelistrikan memerlukan pengontrol, komputer, dan

komponen kelistrikan. Alat ini dapat digunakan dalam proses kursus CAD/CAM , termasuk kemampuan mencetak sirkuit pada papan sirkuit cetak (PCB), melakukan ukiran kayu, dan melakukan desain estetika dan akrilik .(Malik, Effendi, and Witjahjo 2019a)

Dengan Judul : *Design And Fabrication Of Arduino Controlled Cnc Foam Cutting Machine* Tujuan Penelitian Mesin Pemotong Busa Digunakan Untuk Mengembangkan Prototipe Untuk Penglihatan Yang Jelas Dalam Model Mereka Peningkatan Ini Dilakukan Melalui Perangkat Lunak CAD/CAM, Jadi Akan Terjadi Peningkatan Permintaan Personalisasi Telah Membuat Perusahaan Prototyping Cepat Berkembang Dalam Beberapa Dekade Terakhir. Teknologi Rapid Prototyping Bertekad Untuk Meningkatkan Kecepatan Dan Akurasi, Potensi Batas Untuk Menghasilkan > 1 M. Pemotongan Busa Proses Menggunakan Uji Coba Pemotongan Eksperimental Dan Analisis Elemen Hingga. Kecepatan Tekanan Pemotongan, Suhu Kawat, dan Lebar Kerf Diukur. Studi Ini Dieksekusi Untuk Menemukan Perbedaan Dan Ketergantungan Pemotongan Batas. Pemotongan Busa, Cepat Mesin Prototipe Dan Produksi Cukup Digunakan Karena Kecepatannya Yang Berlebihan, Volume Operasi Yang Besar Dan Harga Investasi Awal Yang Rendah. Efeknya Sumber Studi Ini Untuk Meningkatkan Pengurangan Busa Benang Terbaru Melalui Perbaikan Kendala Dan Kerugian Dalam Memilih Parameter Pereduksi Berkualitas Tinggi Gadget Komputer yang Dikendalikan Secara Numerik. Hal Penting Untuk Studi Aerodinamis Untuk Memotong Busa Untuk Ketebalan Beberapa Mm. Disarankan Penelitian Dengan Memilih Kurva Fungsi Parameter Pemotongan Berbagai Jenis Busa (Dhinesh et al. 2021)

Dengan judul : *Analisa Pembuatan Mesin Cnc Router Menggunakan Driver Tb6560 Dan DriverA4988 Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno Di Cv Barokah Mebel* Tujuan : Pembuatan mesin cnc router bisa membantu pengerajin ukiran supaya bisa meningkatkan produksi dan kualitas tetap bagus. Mesin cnc router masih mahal oleh sebab itu peneliti memilih menggunakan mikrokontroller arduino uno yang harganya relatif murah. Peneliti membuat Mesin cnc router berbasis mikrokontroller arduino dengan membandingkan hasil penggunaan

driver TB6560 dan driver A4988. Pengambilan data dengan menggunakan Metode pendekatan dan pengembangan dengan variabel uji akurasi, uji jumlah objek pada waktu tertentu, dan pengamatan hasil objek secara visual. Rangkaian pengoperasian mesin cnc dengan mengupload firmware grbl 1.1 ke arduino. Pembuatan desain G-code menggunakan software ventrik aspire 9.5 dengan format fil berbentuk “.tap. File diinput di software candle untuk mengoperasikan mesin. Hasil penelitian ini uji keakurasian setiap driver relatif sama. Mesin cnc menghasilkan objek pada waktu 60 menit dengan driver TB6560 2 objek dan objek ke 3 sebesar 40%. Sedangkan pada penggunaan driver A988 pada waktu 60 menit menghasilkan 2 objek dan objek yang ke 3 sebesar 35%. Secara penelitian visual cacat objek menggunakan driver TB6560 lebih rendah dibandingkan cacat objek pada driver A4988 (Fathoni 2022).

Dengan Judul : RANCANG BANGUN MESIN CNC ENGRAVING 3 AXIS BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN GRBL SOFTWARE Di Indonesia perangkat Industri masih banyak didatangkan dari luar negeri. Hal ini tentunya membuat Industri di Indonesia sulit berkembang karena harga dari perangkat industri yang mahal. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan riset mengenai perancangan perangkat Industri produksi dalam negeri. Pada artikel ini, dirancang suatu alat CNC (Computer Numerical Control) yang dapat digunakan engraving atau dengan istilah lain untuk menggambar suatu pola pada bidang tertentu secara otomatis. Desain yang telah digambar melalui personal computer akan dikonversi dalam bentuk G-Code. Selanjutnya mikrokontroler akan menerima masukan data digital dari personal computer melalui komunikasi serial. Mikrokontroler akan membaca data yang telah ditransferkan oleh personal computer, data yang dibaca merupakan perintah untuk saklar elektronik untuk laser dan memberi logika pada driver motor stepper. Dari data yang diterima oleh driver motor stepper, data digunakan sebagai penggerak kedua motor stepper(Wanggara, Simatupang, and Azmi, n.d. 2020)

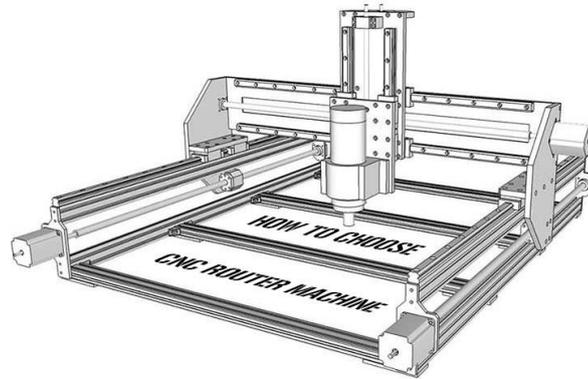
Dengan Judul : Design and Construction of CNC (*Computer Numerical Control*) *Machines Based on Microcontrollers The development of technology in the*

manufacturing sector has driven innovation in the development of microcontroller-based CNC (Computer Numerical Control) machines. This study aims to design and build a CNC machine with an Arduino Uno microcontroller that is capable of carrying out the engraving process on materials with a high level of precision. This machine uses components such as stepper motors, limit switches, and motor drivers to drive the X, Y, and Z axes. The design process includes hardware development, such as mechanical and electronic systems, as well as software for control using Grbl and the FlatCAM application for converting design files to G-Code. The test results show that the resolution of the X-axis movement is 375,000 steps/mm with an average error of 0.86%, while the Y-axis has a resolution of 395,153 steps/mm with an average error of 0.95%. The Z-axis shows a higher error due to the limitations of direct measurement of spindle movement. In addition, the machine is capable of producing precise engraving paths with a path thickness of T10 to T50, using a 10-degree router bit with a 0.1 mm tip at a DC motor speed of 6000 RPM. This microcontroller-based CNC machine successfully meets the needs of efficient and precise production processes, especially in the manufacture of complex designs such as PCB paths. The application of this technology offers an affordable solution for the needs of small and medium industries. (“Husnul-Design+and+Construction,” n.d.)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Mesin CNC

Mesin CNC (*Computer Numeric Control*) adalah Mesin terkomputerisasi yang dapat untuk mengukir (engraving) seperti layaknya dalam pengerjaan milling dan perpotongan bahan non logam. (Malik, Effendi, and Witjahjo 2019b).



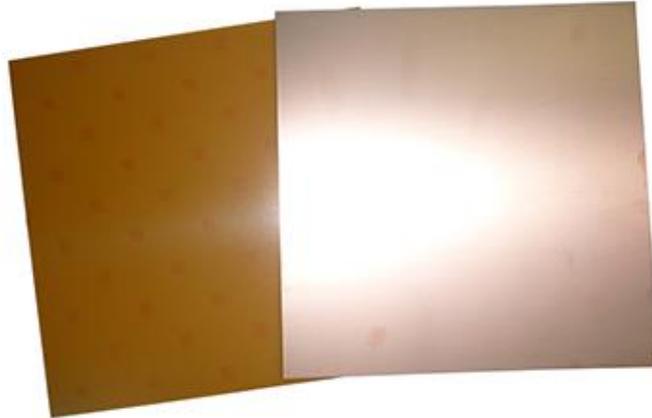
Gambar 2. 1 Bentuk Sistem CNC Router

Router CNC adalah mesin CNC yang banyak digunakan di industri manufaktur, pengerjaan kayu, pembuatan prototipe, seni, dan desain. Mesin milling CNC didasarkan pada prinsip kontrol numerik menggunakan instruksi kode-G (G-code) yang diterjemahkan oleh perangkat lunak dari desain CAD (computer-aided design) atau CAM (computer-aided manufacturing) untuk menghasilkan alat pemotong yang bergerak secara otomatis mengikuti pola atau bentuk yang diinginkan.

2.3 Perangkat Keras yang Digunakan

2.2.2 PCB (*Printed Circuit Board*)

PCB (*Printed Circuit Board*) adalah papan sirkuit yang digunakan untuk mendukung dan menghubungkan komponen elektronik melalui jalur listrik yang terhubung dengan cara yang sistematis. PCB merupakan komponen krusial dalam hampir semua perangkat elektronik modern, seperti komputer, ponsel, televisi, dan berbagai perangkat lainnya bahan PCB yang digunakan antara lain PCB Fr1, PCB Semi Fiber, PCB Fr4 rt(Darmawan 2020)



Gambar 2. 2 PCB Polos

2.2.3 ARDUINO Uno R3

Mikrokontroler Arduino Uno R3 merupakan salah satu papan pengembangan (development board) yang berbasis mikrokontroler ATmega328P dari Atmel (sekarang bagian dari Microchip Technology). Papan ini dirancang dengan komponen-komponen yang memungkinkan pengguna untuk mengembangkan berbagai proyek elektronik dan sistem embedded dengan mudah. Arduino Uno R3 memiliki 14 pin input/output digital, di mana 6 pin di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation), yang memungkinkan pengguna



Gambar 2. 3 Arduino Uno R3

untuk mengontrol perangkat yang membutuhkan sinyal analog dengan cara

mengubah lebar pulsa. Selain pin digital, papan ini juga dilengkapi dengan 6 pin input analog yang dapat digunakan untuk membaca sinyal dari sensor atau perangkat lain yang mengeluarkan data analog. Papan Arduino Uno R3 dilengkapi dengan osilator kristal 16 MHz, yang memastikan mikrokontroler dapat berjalan dengan kecepatan yang stabil dan konsisten, memungkinkan aplikasi yang memerlukan waktu dan presisi dalam pengolahan data. Untuk mendukung komunikasi dan pemrograman, papan ini memiliki port USB yang digunakan untuk menghubungkan Arduino ke komputer atau perangkat lain, sehingga pengguna dapat meng-upload kode program (sketsa) ke dalam mikrokontroler dan juga melakukan komunikasi data serial antara Arduino dan komputer. Selain itu, port daya juga tersedia pada papan ini, yang memungkinkan pengguna untuk memberi daya pada Arduino menggunakan sumber daya eksternal seperti adaptor AC-DC atau bahkan baterai, jika diperlukan untuk aplikasi yang lebih portabel.

Arduino Uno R3 juga dilengkapi dengan tombol reset, yang memungkinkan pengguna untuk memulai ulang mikrokontroler dengan mudah tanpa harus mencabut sumber daya atau mematikan papan. Dengan konfigurasi pin dan komponen ini, Arduino Uno R3 dapat menangani berbagai aplikasi elektronik, mulai dari proyek sederhana hingga sistem yang lebih kompleks. Semua komponen ini dirancang untuk bekerja bersama-sama dengan sistem operasi dan software Arduino yang open-source, memungkinkan pengguna dari berbagai latar belakang untuk membuat dan mengembangkan proyek-proyek kreatif mereka dengan mudah. Secara keseluruhan, papan Arduino Uno R3 adalah platform yang sangat fleksibel dan terjangkau, yang telah menjadi pilihan populer di kalangan hobiis, pengembang, dan pendidik untuk belajar dan mengembangkan aplikasi mikrokontroler. Papan ini sangat ideal untuk berbagai eksperimen elektronik dan prototyping, serta memberikan kemudahan bagi para pengguna yang ingin mempelajari dasar-dasar pemrograman mikrokontroler dan sistem embedded. Anda dapat menemukan papan Arduino Uno R3 (Fathoni 2022). Data Sheet dapat dilihat dibawah ini :

Deskripsi Arduino® UNO R3 adalah papan yang sempurna untuk membiasakan diri dengan elektronik dan pengkodean. Papan pengembangan serbaguna ini dilengkapi dengan ATmega328P dan Prosesor ATmega 16U2 yang terkenal. Papan ini akan memberi Anda pengalaman pertama yang luar biasa dalam dunia Arduino.

Fitur :

1. ATmega328P

2. Processor Memory

- AVR CPU at up to 16 MHz
- 32 kB Flash
- 2 kB SRAM
- 1 kB EEPROM

3. Security

- Power On Reset (POR)
- Brown Out Detection (BOD)

4. Peripherals

- 2x 8-bit Timer/Counter with a dedicated period register and compare channels
- 1x 16-bit Timer/Counter with a dedicated period register, input capture and compare channels
- 1x USART with fractional baud rate generator and start-of-frame detection
- 1x controller/peripheral Serial Peripheral Interface (SPI)
- 1x Dual mode controller/peripheral I2C
- 1x Analog Comparator (AC) with a scalable reference input
- Watchdog Timer with separate on-chip oscillator
- Six PWM channels
- Interrupt and wake-up on pin change

1. ATmega16U2 Processor

- 8-bit AVR® RISC-based microcontroller

2. Memory

- 16 kB ISP Flash
- 512B EEPROM
- 512B SRAM
- debugWIRE interface for on-chip debugging and programming Power 2.7-5.5 volts

1. The Board

Contoh Aplikasi Papan UNO adalah produk unggulan Arduino. Terlepas dari apakah Anda baru mengenal dunia elektronik atau akan menggunakan UNO R3 sebagai alat untuk tujuan pendidikan atau tugas yang berhubungan dengan industri, UNO R3 kemungkinan akan memenuhi kebutuhan Anda. Entri pertama ke elektronik: Jika ini adalah proyek pertama Anda dalam pengkodean dan elektronik, mulailah dengan papan kami yang paling banyak digunakan dan terdokumentasi; UNO. Dilengkapi dengan prosesor ATmega328P yang terkenal, 14 pin input/output digital, 6 input analog, koneksi USB, header ICSP, dan tombol reset. Papan ini mencakup semua yang Anda perlukan untuk pengalaman pertama yang luar biasa dengan Arduino. Papan pengembangan standar industri: Menggunakan papan UNO R3 di industri, ada berbagai perusahaan yang menggunakan papan UNO R3 sebagai otak untuk PLC mereka. Tujuan pendidikan: Meskipun dewan R3 UNO telah bersama kami selama sekitar sepuluh tahun, dewan ini masih banyak digunakan untuk berbagai tujuan pendidikan dan proyek ilmiah. Standar papan yang tinggi dan kualitas terbaik .

2. Related Products

- Arduino Starter Kit
- Arduino UNO R4
- Minima Arduino UNO
- R4 WiFi Tinkerkit Braccio Robot

3. Kondisi Pengoperasian yang Direkomendasikan

Tabel 2. 1 Pengoperasian yang Direkomendasikan

Description	Min	Max
Batas termal konservatif untuk seluruh papan:	-40 °C (-40 °F)	85 °C (185 °F)

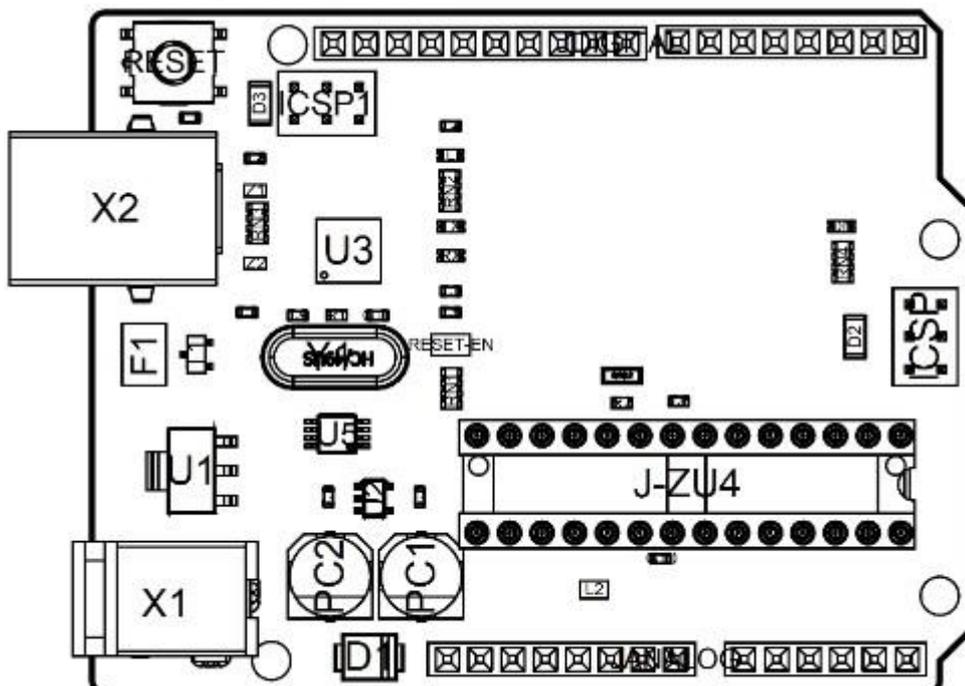
CATATAN: Dalam suhu ekstrem, EEPROM, voltage regulator, dan osilator kristal, mungkin tidak berfungsi seperti yang diharapkan.

4. Konsumsi daya

Tabel 2. 2 Konsumsi daya Arduino uno R3

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector		-	5.5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA

5. Board Topology



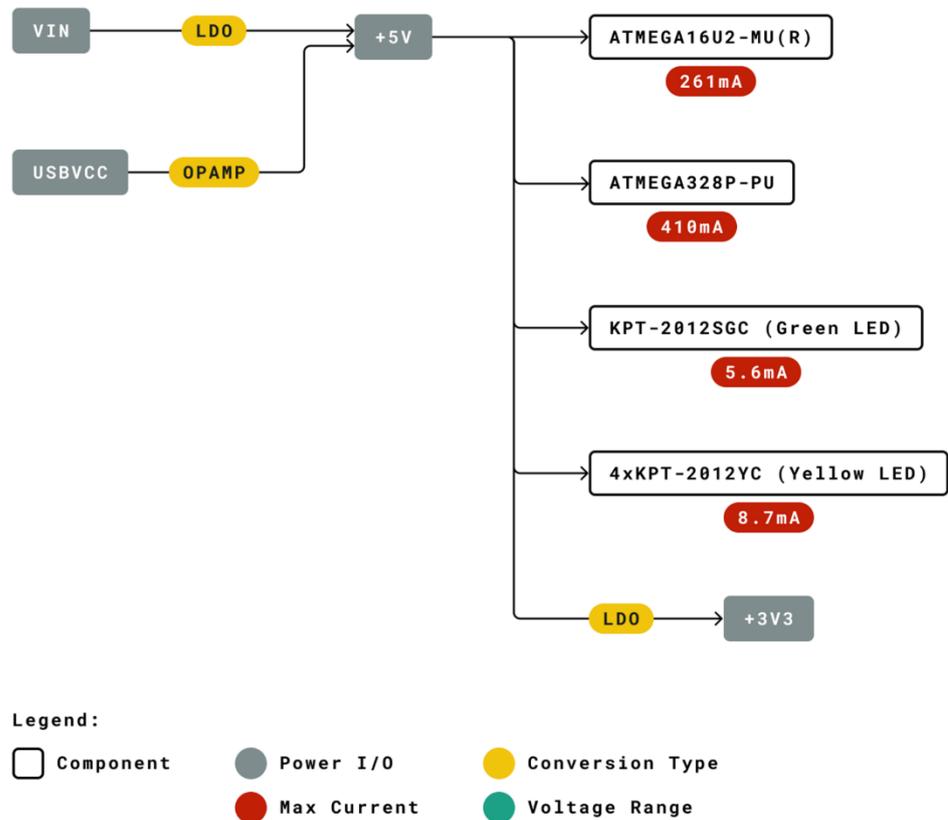
Gambar 2. 4 Board Topology Arduino uno

Ref.	Description	Ref.	Description
X1	Power jack 2.1x5.5mm	U1	SPX1117M3-L-5 Regulator
X2	USB B Connector	U3	ATMEGA16U2 Module
PC1	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	U5	LMV358LIST-A.9 IC
PC2	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	F1	Chip Capacitor, High Density
D1	CGRA4007-G Rectifier	ICSP	Pin header connector (through hole 6)
J-ZU4	ATMEGA328P Module	ICSP1	Pin header connector (through hole 6)
Y1	ECS-160-20-4X-DU Oscillator		

6. Processor

Prosesor Utama adalah ATmega328P yang berjalan hingga 20 MHz. Sebagian besar pinnya terhubung ke header eksternal, namun beberapa disediakan untuk komunikasi internal dengan koprosesor USB Bridge.

7. Power Tree



Gambar 2. 5 Power Tree

8. Memulai - IDE

If you want to program your UNO R3 while offline you need to install the Arduino Desktop IDE [1] To connect the UNO R3 to your computer, you'll need a USB-B cable. This also provides power to the board, as indicated by the LED.

9. Memulai - Arduino Cloud Editor

Semua papan Arduino, termasuk yang satu ini, bekerja di luar kotak di Arduino Cloud Editor [2], hanya dengan menginstal plugin sederhana.

Arduino Cloud Editor dihosting secara online, oleh karena itu akan selalu diperbarui dengan fitur dan dukungan terbaru untuk semua papan. Ikuti [3] untuk mulai membuat kode di browser dan mengunggah sketsa Anda ke papan Anda.

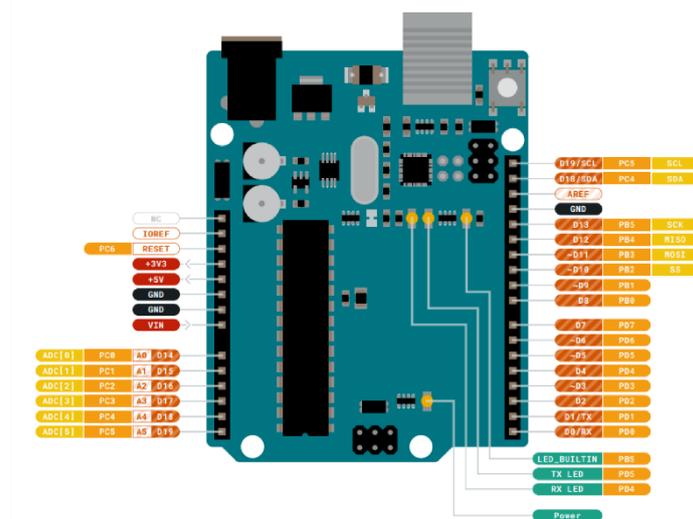
10. Contoh Sketsa

Sample sketches for the UNO R3 can be found either in the “Examples” menu in the Arduino IDE or in the “Documentation” section of the Arduino website [4].

11. Online Resources

Sekarang setelah Anda membahas dasar-dasar apa yang dapat Anda lakukan dengan papan, Anda dapat menjelajahi kemungkinan tak terbatas yang diberikannya dengan memeriksa proyek menarik di Arduino Project Hub [5], Referensi Perpustakaan Arduino [6] dan toko Arduino online [7] di mana Anda akan dapat melengkapi papan Anda dengan sensor, aktuator, dan banyak lagi.

12. Connector Pinouts



Gambar 2. 6 Connector Pinouts

11. ANALOG

Tabel 2. 3 Pin Analog

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog/GPIO	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog/GPIO	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog/GPIO	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog/GPIO	Analog input 3 /GPIO
13	A4/SDA	Analog input/I2C	Analog input 4/I2C Data line
14	A5/SCL	Analog input/I2C	Analog input 5/I2C Clock line

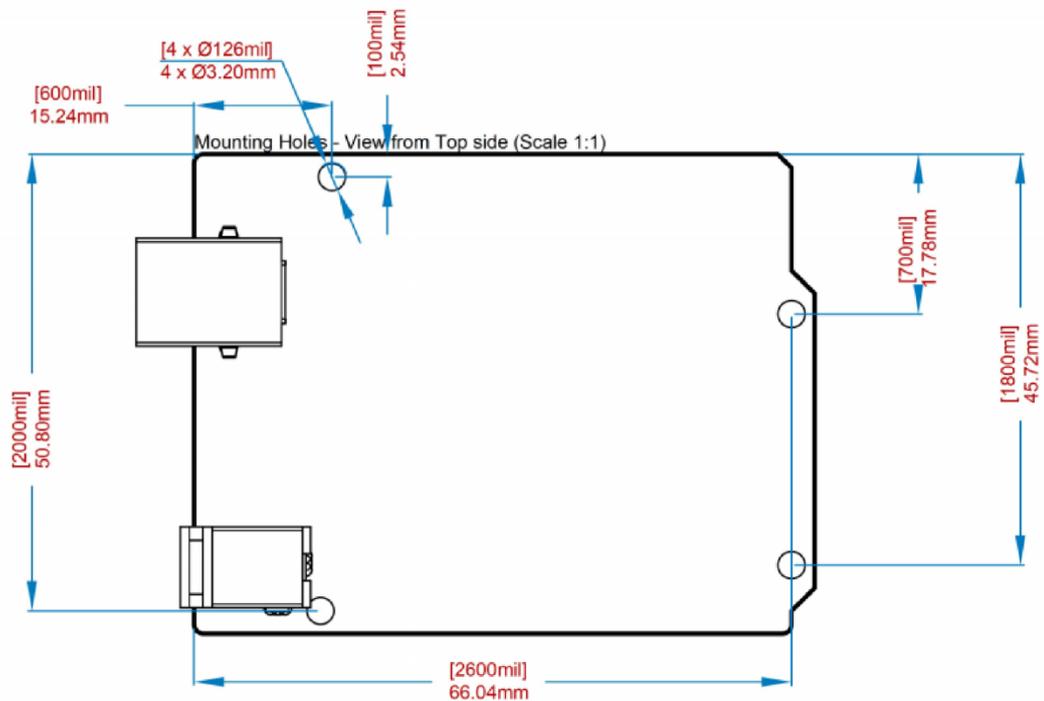
12. DIGITAL

Tabel 2. 4 Pin Digital

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO

11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)

13. Garis Besar Papan & Lubang Pemasangan



14. Deklarasi Kesesuaian dengan RoHS & REACH UE 211 19/01/2021

Papan Arduino mematuhi RoHS 2 Directive 2011/65/EU dari Parlemen Eropa dan RoHS 3 Directive 2015/863/EU dari Dewan tanggal 4 Juni 2015

tentang pembatasan penggunaan zat berbahaya tertentu dalam peralatan listrik dan elektronik.

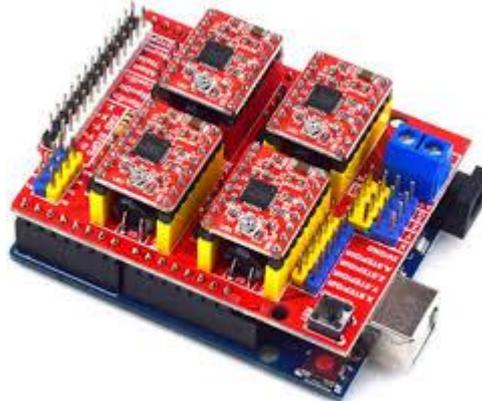
Substance	Maximum limit (ppm)
Lead (Pb)	1000
Cadmium (Cd)	100
Mercury (Hg)	1000
Hexavalent Chromium (Cr6+)	1000
Poly Brominated Biphenyls (PBB)	1000
Poly Brominated Diphenyl ethers (PBDE)	1000
Bis(2-Ethylhexyl} phthalate (DEHP)	1000
Benzyl butyl phthalate (BBP)	1000
Dibutyl phthalate (DBP)	1000
Diisobutyl phthalate (DIBP)	1000

15. Deklarasi Konflik Mineral

Sebagai pemasok global komponen elektronik dan listrik, Arduino menyadari kewajiban kami sehubungan dengan undang-undang dan peraturan mengenai Mineral Konflik, khususnya Undang-Undang Reformasi dan Perlindungan Konsumen Wall Street Dodd-Frank, Bagian 1502. Arduino tidak secara langsung sumber atau memproses mineral konflik seperti Timah, Tantalum, Tungsten, atau Emas. Mineral konflik terkandung dalam produk kami dalam bentuk solder, atau sebagai komponen dalam paduan logam. Sebagai bagian dari uji tuntas kami yang wajar, Arduino telah menghubungi pemasok komponen dalam rantai pasokan kami untuk memverifikasi kepatuhan mereka terhadap peraturan yang berkelanjutan. Berdasarkan informasi yang diterima sejauh ini, kami menyatakan bahwa produk kami mengandung Mineral Konflik yang bersumber dari daerah bebas konflik.

2.2.4 CNC Shield

Driver motor stepper adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengontrol motor stepper. Motor stepper adalah jenis motor listrik yang bergerak sedikit demi sedikit (langkah), memberikan kontrol posisi yang sangat akurat tanpa memerlukan sensor posisi eksternal.



Gambar 2. 7 CNC Shield

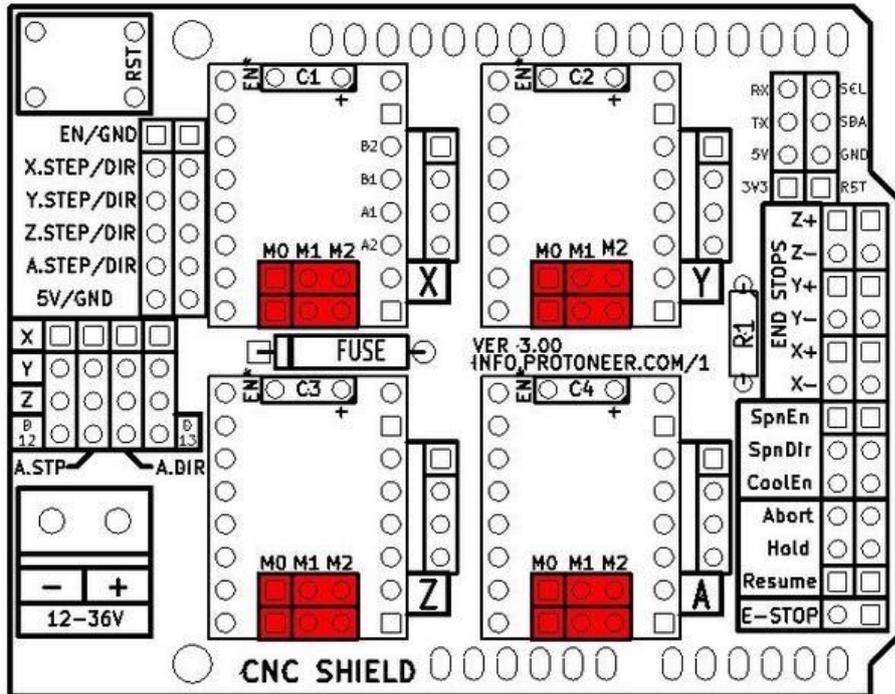
Fungsi driver motor stepper adalah menerima sinyal kendali dari mikrokontroler atau pengontrol lainnya (seperti Arduino atau PLC) dan mengubahnya menjadi perintah yang dapat menggerakkan motor stepper sesuai dengan itu. (Dhinesh et al. 2021). DataSheet dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 2. 5 DataSheet CNC Shield

NO	DESKRIPSI	DATA
1.	<i>Computer Numeric Control Shield</i>	<ul style="list-style-type: none">a. Kompatibel dengan GRBL 0.9. (Firmware sumber terbuka yang berjalan pada Arduino UNO yang mengubah perintah G-code menjadi sinyal stepper)b. Dukungan 4-Axis (X, Y, Z, A - Dapat menduplikasi X, Y, Z atau membuat

		<p>sumbu ke-4 penuh dengan firmware khusus menggunakan pin D12 dan D13)</p> <ul style="list-style-type: none"> c. 2 x End stop untuk setiap sumbu (total 6) d. Pengaktifan pendingin e. Menggunakan driver stepper kompatibel A4988 yang dapat dilepas. (A4988, DRV8825, dan lainnya) (Tidak Termasuk) f. Jumper untuk mengatur Micro-Stepping untuk driver stepper. (Beberapa driver seperti DRV8825 dapat melakukan hingga 1/32 micro-stepping) g. Desain yang ringkas. h. Motor Stepper dapat dihubungkan dengan konektor Molex 4-pin atau disolder di tempatnya. i. Berjalan pada 12-36VDC. (Saat ini hanya driver DRV8825 yang dapat menangani hingga 36V, jadi harap pertimbangkan tegangan operasi saat menyalakan papan.)
--	--	--

1. Mengonfigurasi Micro Stepping untuk Setiap Sumbu

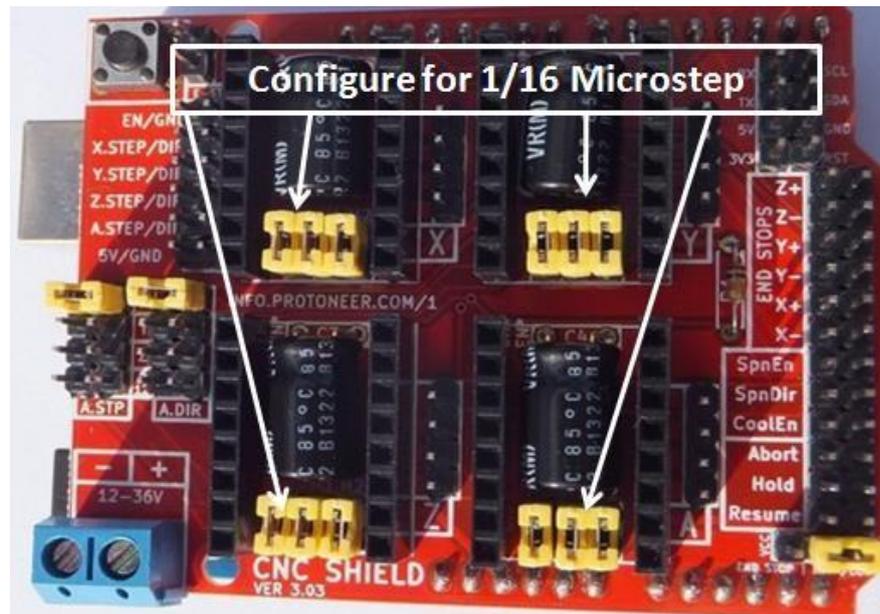


Gambar 2. 8 Sumbu CNC Shield

Pada tabel di bawah ini, "Tinggi" mengindikasikan bahwa jumper dimasukkan dan "Rendah" mengindikasikan bahwa tidak ada jumper yang dimasukkan.

MS0	MS1	MS2	Microstep Resolution
Low	Low	Low	Full Step
High	Low	Low	1/2 Step
Low	High	Low	1/4 Step
High	High	Low	1/8 Step
High	High	High	1/16 Step

Setelah mengatur jumper microstep, Anda dapat memasang papan driver A4988 seperti yang ditunjukkan pada foto di bawah ini. Foto tersebut juga menunjukkan



Gambar 2. 9 Configurasi Microstep

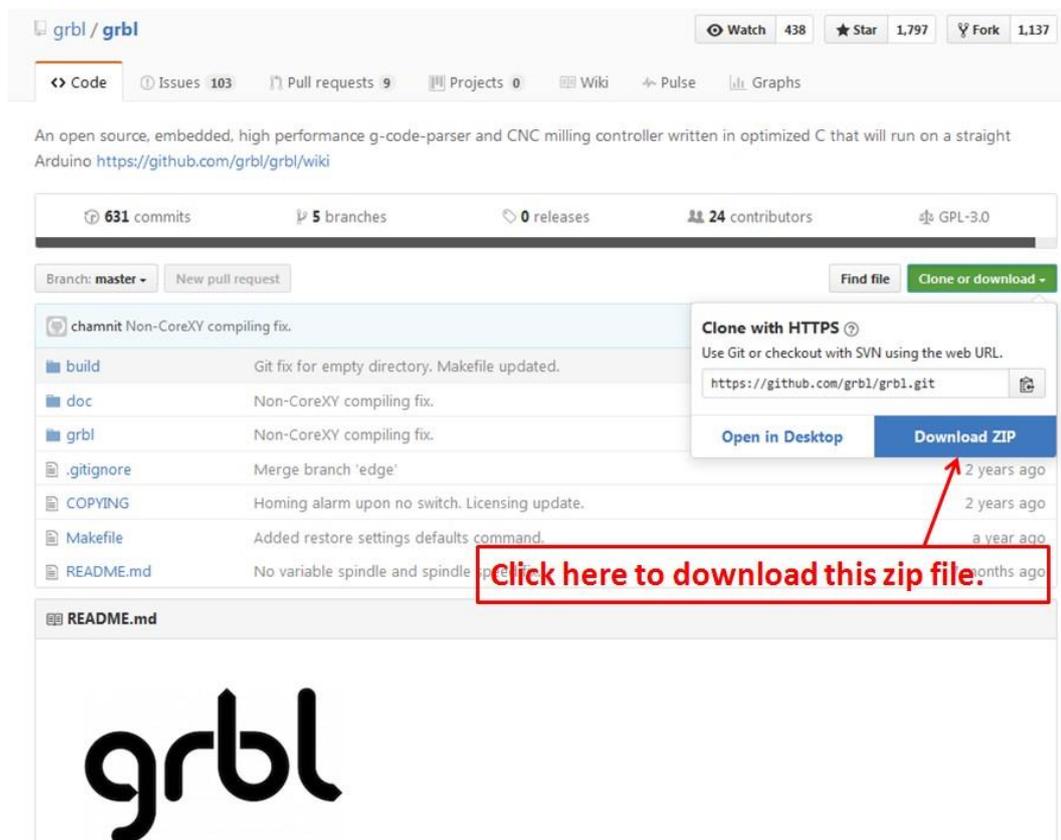
CNC ini terpasang dengan baik di atas papan Arduino Uno, tanpa kabel jumper eksternal.

2. Perangkat Lunak/Firmware Kontrol GRBL untuk Arduino

Sebelum dapat menggunakan pelindung CNC ini dengan Arduino, firmware kontrol perlu diunduh ke papan Arduino. Kita akan menggunakan "GRBL" untuk menyelesaikan pekerjaan kita. GRBL adalah perangkat lunak sumber terbuka yang berjalan pada Arduino Uno yang mengambil perintah G-Code melalui Serial dan mengubah perintah tersebut menjadi sinyal motor. Grbl adalah alternatif yang tanpa kompromi, berkinerja tinggi, dan berbiaya rendah untuk kontrol gerakan berbasis port paralel untuk mesin CNC. Ia menerima g-code yang sesuai standar dan telah diuji dengan output beberapa alat CAM tanpa masalah. Lengkungan, lingkaran, dan gerakan heliks didukung sepenuhnya, begitu pula semua perintah g-code utama lainnya. Fungsi makro, variabel, dan sebagian besar siklus kalengan tidak didukung, tetapi kami pikir GUI dapat melakukan pekerjaan yang jauh lebih baik dalam menerjemahkannya ke dalam g-code langsung. Salinan firmware sumber terbuka ini dapat diunduh dari tautan di bawah ini: Ikuti langkah-langkah di

bawah ini untuk menyiapkan papan Pelindung CNC ini agar berfungsi dengan baik :

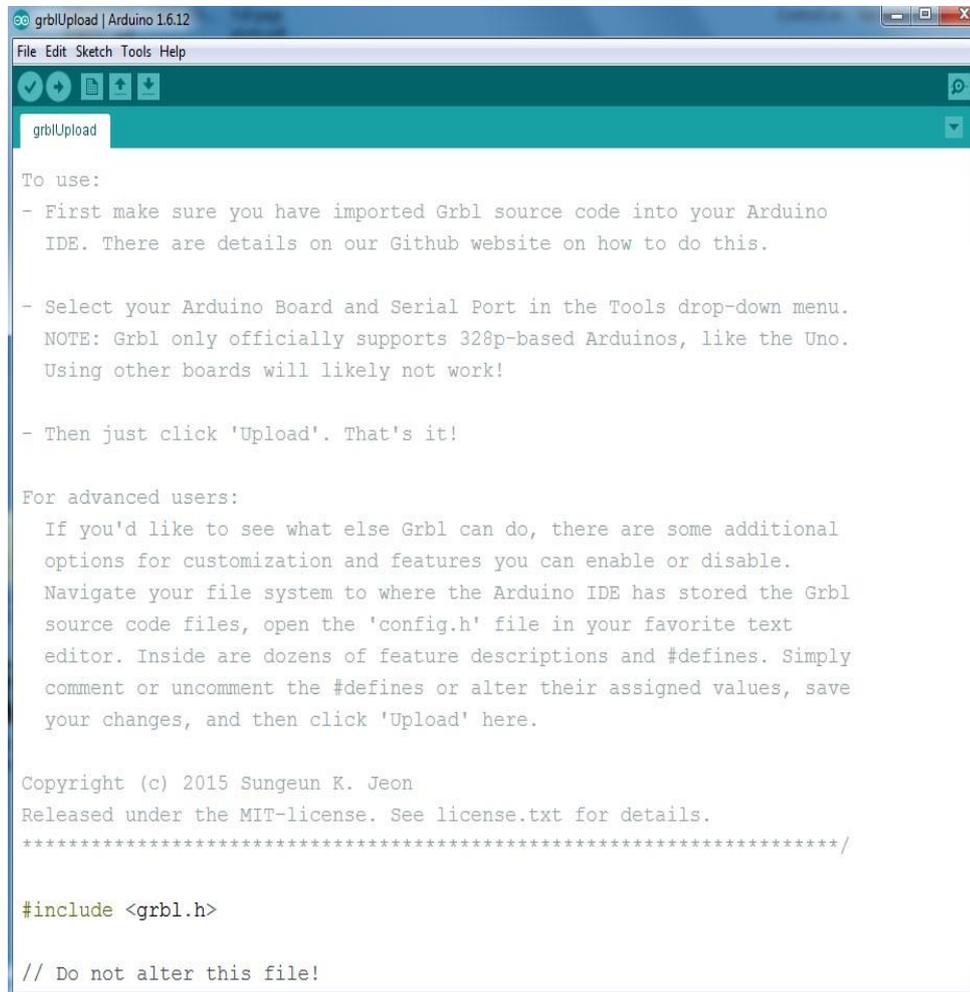
1. Download GRBL di : <https://github.com/grbl/grbl>



Gambar 2. 10 Download GRBL

Ekstrak file ini ke lokasi hardisk lokal, mungkin ingin membuat folder baru khusus untuk tujuan ini agar mudah menemukan semua file yang dibutuhkan dalam proyek. Temukan sketsa Arduino „grblUpload.ino“ di folder ini tempat mengekstrak file.

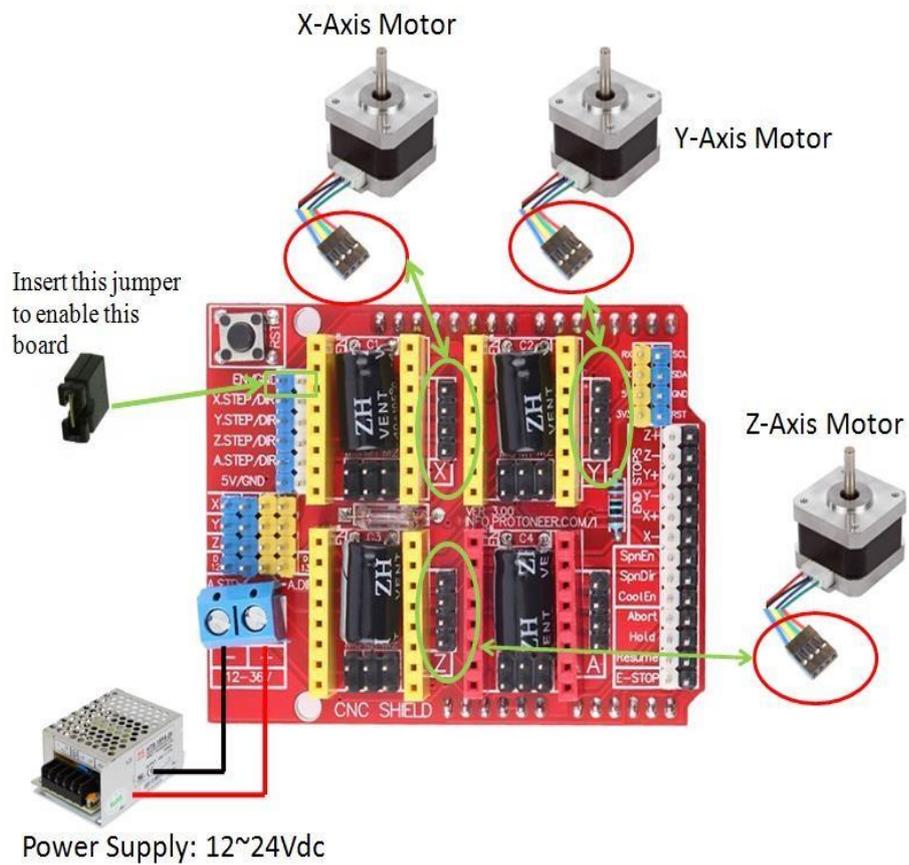
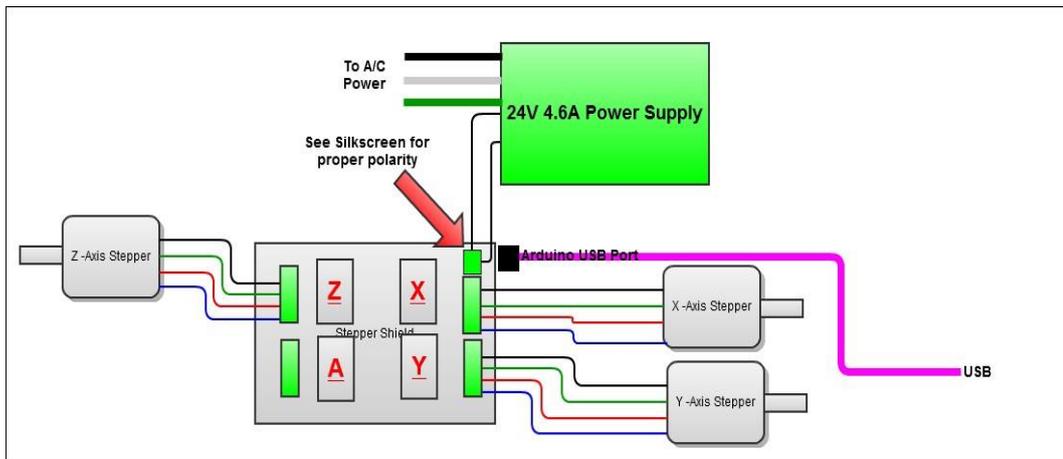
Buka sketsa ini „grblUpload.ino“ dan Anda akan melihat layar seperti di bawah ini: Klik ikon unggah seperti biasa untuk "mengkompilasi/mengunggah" seperti yang biasanya unggah sketsa Arduino. Saat Anda melihat "selesai mengunggah", klik "Serial Monitor" pada Arduino IDE seperti yang ditunjukkan di bawah ini:



Gambar 2. 11 GRBL.H Upload

Jika dapat menerima pesan respons " Grbl 0.9j ['\$' untuk bantuan] " dari Serial Monitor Anda, selamat! Anda telah berhasil mengunggah firmware "GRBL" ke papan Arduino.

2. Hubungkan motor stepper ke papan Perisai CNC seperti diagram blok di bawah ini. dari Perisai CNC yang terhubung ke motor 3-stepper:

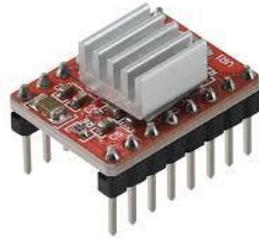


Gambar 2. 12 Skema Dasar rangkaian CNC Shield

Papan Perisai CNC sekarang siap untuk uji coba, mari kita coba putar motor sesuai instruksi.

2.2.5 Driver Motor A4988

Driver motor A4988 adalah salah satu komponen yang sering digunakan dalam proyek-proyek yang melibatkan motor stepper, terutama pada aplikasi seperti mesin CNC, 3D printer, dan robotika.



Gambar 2. 13 Driver Motor A4988

Driver ini berfungsi untuk mengontrol motor stepper dengan cara mengatur aliran arus listrik ke motor, sehingga motor dapat bergerak dengan presisi sesuai perintah yang diberikan oleh mikrokontroler seperti Arduino. Driver Motor A4988 dapat ditemukan pada Gambar 2.3. Data Sheet dapat dilihat dibawah ini :

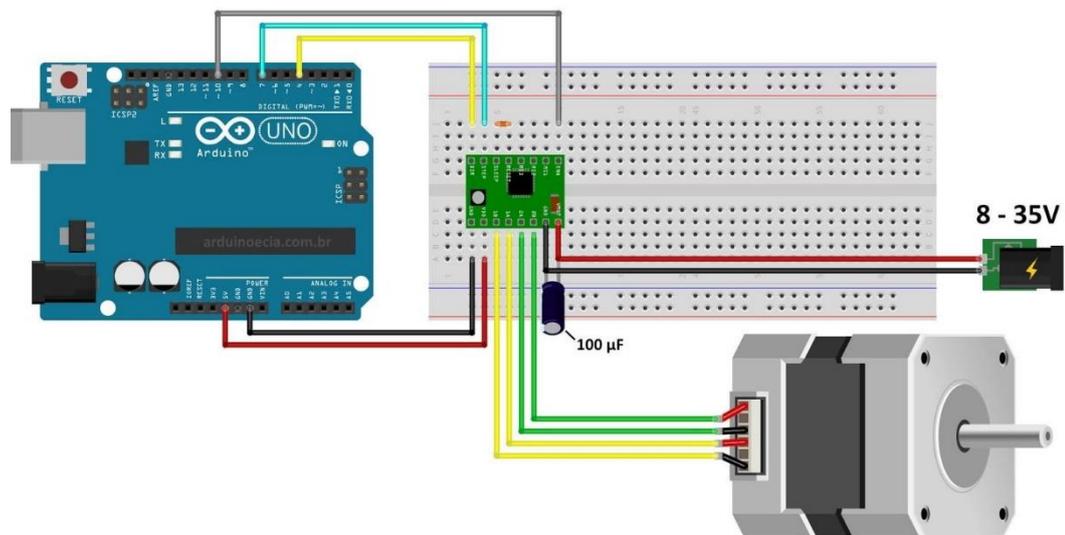
Brief Data:

- Tegangan operasi minimum: 8V.
- Tegangan operasi maksimum: 35V.
- Arus kontinu per fase: 1A.
- Arus maksimum per fase: 2A (dengan heatsink).
- Tegangan logika minimum: 3V.
- Tegangan logika maksimum: 5.5V
- Resolusi langkah mikro: 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16.
- Ukuran : 0.6" × 0.8".
- Berat: 1.3g

Functional Diagram:



Gambar 2. 15 Diagram Fungsi Driver Motor



Gambar 2. 14 Skema Rangkaian Driver Motor A4988

A4988 with Arduino Application :

Pelindung Motor CNC / Stepper 3-sumbu untuk Arduino

Arduino CNC Shield memudahkan untuk menyiapkan proyek CNC Anda dan berjalan dalam beberapa jam. Ini menggunakan firmware opensource pada Arduino untuk mengontrol 4 motor stepper menggunakan 4 buah papan breakout driver A4988 Stepper Motor, dengan perisai ini dan ArduinoUno / Mega, Anda dapat

membangun semua jenis robotika, proyek gerak linier atau proyek termasuk router CNC, pemotong laser, dan bahkan mesin pick & place.

2.2.6 Motor Stepper Nema 17

Mesin milling CNC ini menggunakan motor stepper sebagai aktuator atau penggerak sumbu X, Y, dan Z. Keputusan motor stepper dibuat berdasarkan beban yang ditempatkan motor stepper pada sumbu X, Y, dan Z, sehingga motor stepper sangat mudah dikendalikan dan sangat akurat.



Gambar 2. 16 Motor Stepper Nema 17

Motor yang digunakan pada mesin milling CNC ini merupakan motor stepper tipe NEMA 17 dengan torsi sebesar 178.5 oz-in (1.26 Nm), menjadikan cocok digunakan sebagai penggerak pada sumbu X, Y, dan Z. cocok. (Hasibuan and Hardi 2019) Motor Stepper dapat ditemukan pada gambar 2.4. Data Sheet dapat dilihat dibawah ini :

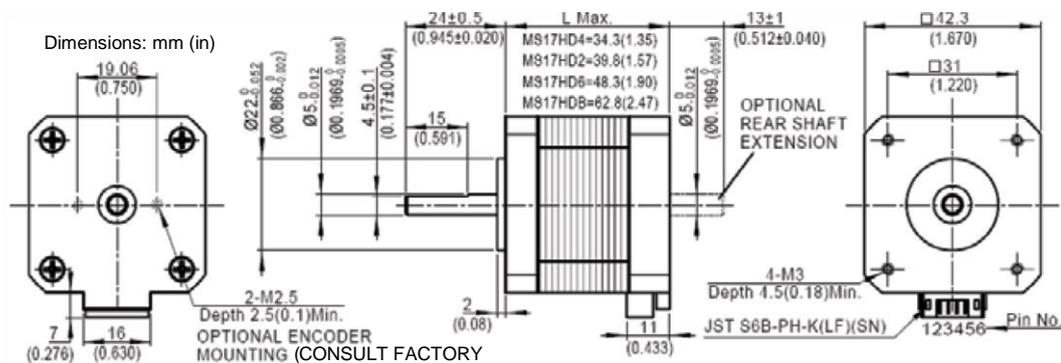
Motor poros standar ditampilkan:

Tabel 2. 6 Deskripsi Poros Motor

Deskripsi	Panjangnya	Arus Terukur Terpasang	Torsi Penahan Terpasang		Ohm Berliku mH	Torsi Penahan		Inersia Rotor		Berat Motor
			Nm Typ.	oz-in Typ.		mNm	oz-in	g cm ² oz-in ²	kg lbs	
(Stack)	"L" Max	Amps			±10% @ 20°C Typ.					
Single	39.8 mm (1.57 in)	2	0.48	68	1.04 2.2	15	2.1	57 0.31	0.28 0.62	
Double	48.3 mm (1.90 in)	2	0.63	89	1.3 2.9	25	3.5	82 0.45	0.36 0.79	
Triple	62.8 mm (2.47 in)	2	0.83	120	1.49 3.8	30	4.2	123 0.67	0.6 1.3	

Semua motor standar memiliki konektor steker. Konsultasikan dengan pabrik untuk opsi lain

Tabel 2. 7 Skema Motor Stepper Nema 17

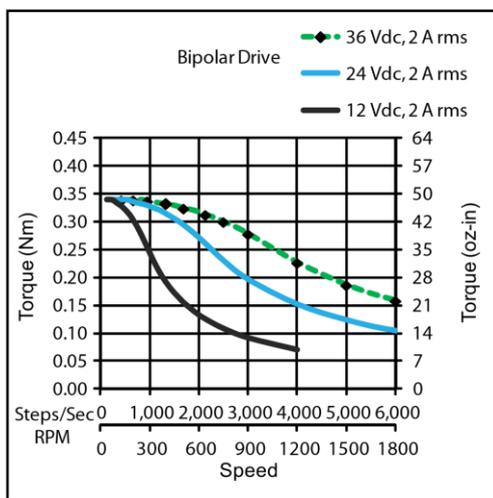
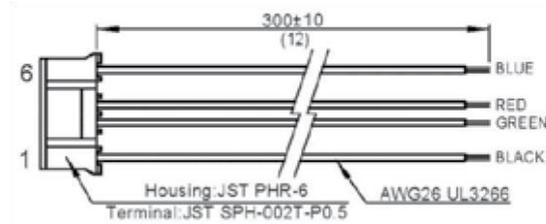


Gambar 2. 17 Skema Motor Stepper Nema 17

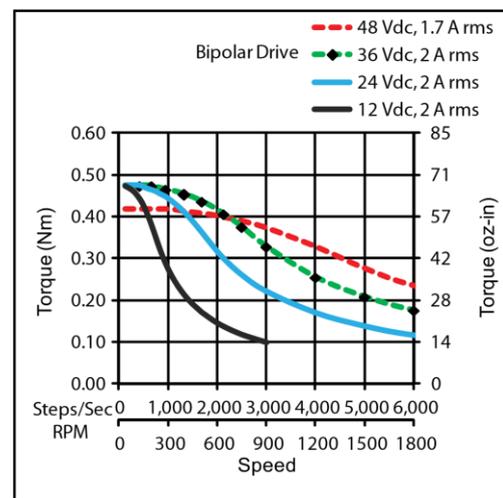
Dimensi poros standar ditampilkan. Semua dimensi lainnya berlaku untuk opsi poros berongga dan diperpanjang.

Dimensions: mm (in)
 4 Lead Connector, PBC Part#6200490
 (Consult factory for optional motor connectors)

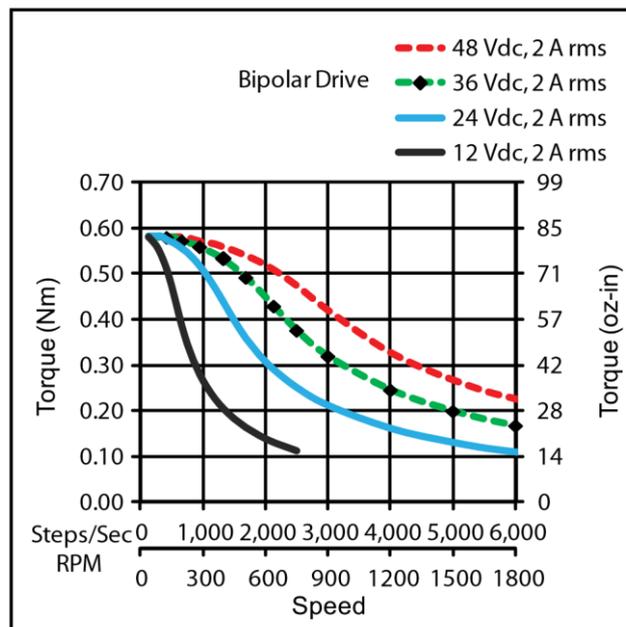
*Kurva kinerja berlaku untuk siklus kerja berkelanjutan. Konsultasikan dengan pabrik untuk siklus intermiten atau tegangan lainnyatages.



Single Stack



Double Stack



Triple Stack

2.2.7 PSU (Power Suplay)

Catu daya adalah suatu perangkat yang berfungsi sebagai sumber utama daya DC untuk CNC Milling , seperti motor stepper atau catu daya spindel.



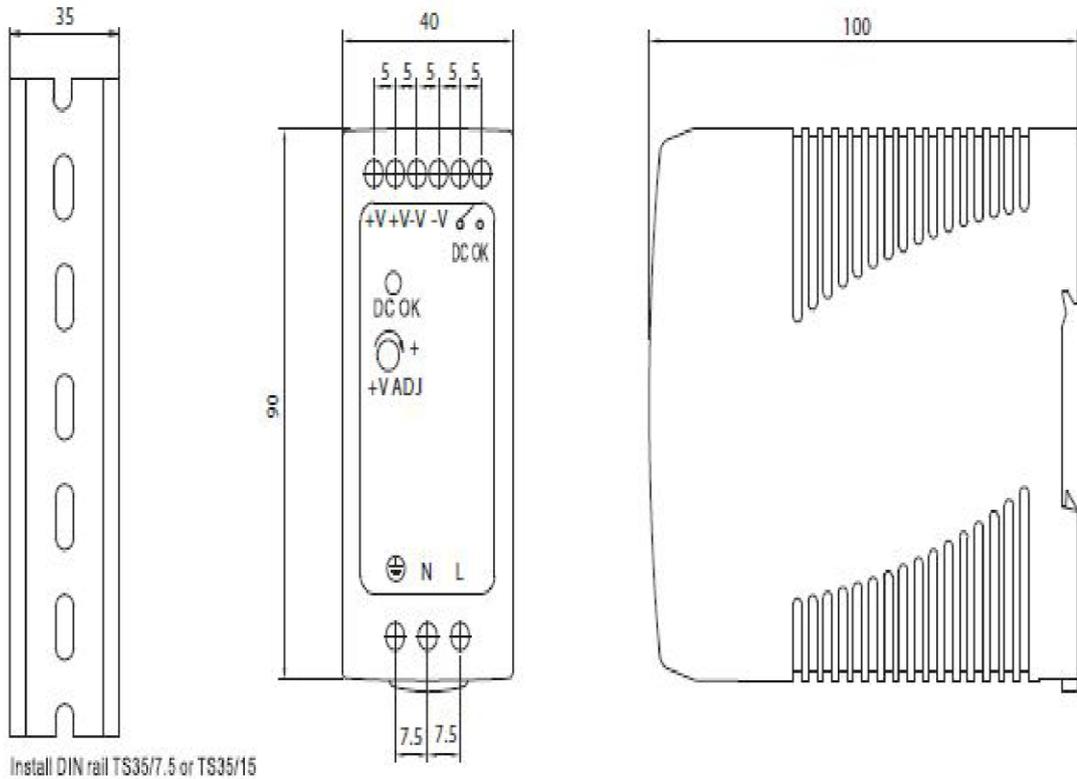
Gambar 2. 18 Power Suplay

Fungsi dasar catu daya adalah mengubah tegangan AC menjadi arus DC. Daya yang dihasilkan oleh catu daya tetap konstan, memastikan pasokan optimal ke motor dan spindel. Kekuatan tegangan pada terminal daya DC adalah 12 volt DC, 10 amp.(Hasibuan and Hardi 2019) Data Sheet dapat dilihat sebagai berikut dan PSU bisa ditemukan pada Gambar 2.5.

Tabel 2. 9 Data Sheet Power Suplay

Technical Data	
Output	
DC Voltage	12V
Rated Current	3.33A
Current Ragne	0 ~ 3.33A
Rated Power	40W
Ripple & Noise (max)	120mVp-p
Voltage Adj. Range	12 ~ 15V
Voltage Tolerance	±1.0%
Line Regulation	±1.0%
Load Regulation	±1.0%

Setup, Rise Time	500ms, 30ms/230VAC 500ms, 30ms/115VAC at full load
Hold Up Time	50ms/230VAC 20ms/115VAC at full load
Input	
Voltage Range	85 ~ 264VAC 120 ~ 370VDC
Frequency Range	47 ~ 63Hz
Efficiency (typ)	86%
AC Current (typ)	1.1A/115VAC 0.7A/230VAC
Safety	
Safety Standards	UL508, EN60950-1 Approved, NEC class 2 /LPS Compliant
Dimensions	
Dimensions	40 mm W x 90 mm H x 100 mm D



2.2.8 Spindle

Spindel merupakan bagian mesin yang menjadi rumah pemotong. Spindel ini mengontrol putaran dan pergerakan pemotong pada sumbu Z. Poros utama selanjutnya digerakkan oleh motor dengan sistem transmisi sabuk atau kopling.



Gambar 2. 19 Motor Spindel/ Motor DC 12v

Geometri spindel yang digunakan pada mesin milling CNC Spindel merupakan bagian yang sangat penting pada mesin milling CNC karena bersentuhan langsung dengan benda kerja. Dalam hal ini perancangan mesin CNC menggunakan motor spindel Spesifikasi Motor DC 12/24v kecepatan 3.000 hingga 10.000 rpm. Data Sheet dapat dilihat dibawah ini :

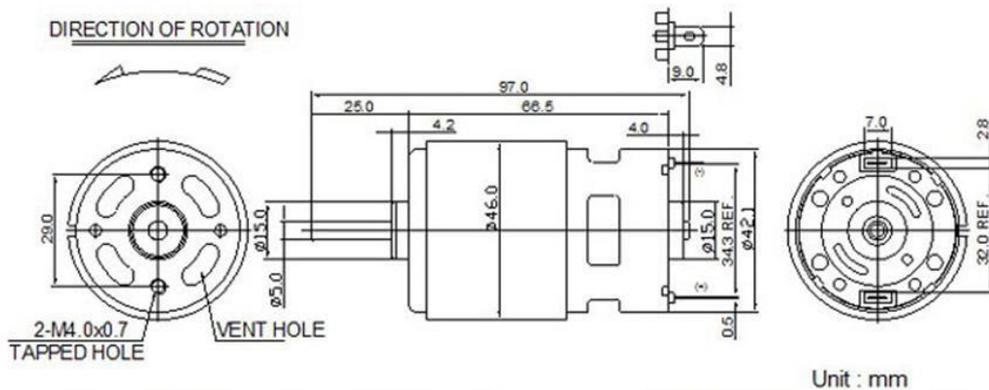
1. Bearing DC Motor

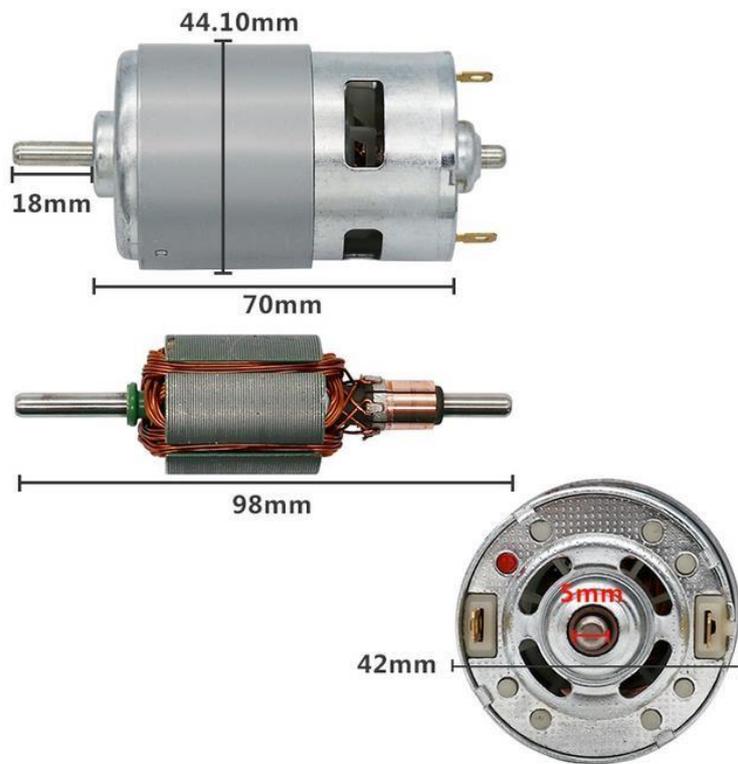
Motor DC bantalan bola dengan kipas pendingin built-in. Torsi tinggi dengan tegangan operasi lebar 6 ~ 20Vdc. Cocok untuk aplikasi alat motor dan proyek DIY.

Tabel 2. 10 Spesifikasi Motor DC

Spesifikasi
<ul style="list-style-type: none"> • Motor Type: 775. • Operating Voltage: 6~20Vdc. (Nominal 12Vdc) □ No Load Speed: 12,000 RPM @ 12V. • Rated current: 1.2A @ 12V. • Stall Torque: 79Ncm @ 14.4V. □ Cooling Fan: Internal • Overall Size: 98x42mm. • Shaft: Full Round Type Ø5mm. • Mounting Screw Size: M4. • Weight: 350g.

2. Mechanical Dimension:





Gambar 2. 20 Dimensi Motor DC



3. Application Note: Useful Motor/Torque Equations

Force (Newtons) $F = m \times a$ $m = \text{mass (kg)}$

$a = \text{acceleration (m/s}^2\text{)}$

Motor Torque (Newton-meters)

$T = F \times d$ $F = \text{force (Newtons)}$

$d = \text{moment arm (meters)}$

Power (Watts)

$P = I \times V$

$I = \text{current (amps)}$

$V = \text{voltage (volts)}$

$P = T \times \omega$

$T = \text{torque (Newton-meters)}$

$\omega = \text{angular velocity (radian/second)}$

Unit Conversions

Length (1 in = 0.0254 m)

Velocity (1 RPM = 0.105 rad/sec)

Torque (1 in-lb = 0.112985 N-m)

Power (1 HP = 745.7 W)

2.2.9 EXTENSION ER11A

ER11A adalah alat yang digunakan untuk mengkonektor antara bor dengan mata bor atau yang paling umum sebagai pegangan untuk mata bor yang ukurannya 5mm



Gambar 2. 21 ER11A 5mm

2.2.10 Mata Bor/Endmill

Mata bora tau endmill adalah alat potong yang dirancang untuk digunakan pada mesin CNC router. Alat ini digunakan untuk membentuk, memotong atau mengukir material sesuai desain yang telah diatur dalam program CNC. Pemilihan jenis mata bor yang tepat sangat penting untuk memastikan hasil pengerjaan yang akurat, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan.

Jenis-jenis Mata Bora tau Endmill pada CNC Router dan Kegunaanya :

1. Flat Endmill

Ciri-ciri Flat Endmill Memiliki ujung datar, kegunaannya Membuat permukaan rata, digunakan untuk pocketing(menggali kantong) dan pemotongan material dalam bentuk persegi panjang atau lurus, cocok untuk bahan kayu, akrilik, plastik, dan logam ringan.

2. Ball Nose Endmill

Ciri-cirinya ujung mata bor berbentuk setengah bola, kegunaannya yaitu membuat permukaan melengkung atau berlekuk, ideal untuk pengerjaan 3D seperti ukiran, relief atau mold (cetakan)

3. V-Bit Endmill

Ciri-cirinya yaitu Mata bor berbentuk kerucut dengan sudut tertentu biasanya sudut kemiringan 30°, 60°, dan 90° kegunaannya membuat ukran

atau tulisan detail pada permukaan material, cocok untuk proyek dekoratif seperti pembuatan papan nama atau desain ornamen.

4. Single Flute Endmill

Ciri-cirinya memiliki satu mata pisau kegunaannya pada material yang lebih lunak seperti kayu, plastik, atau akrilik dan lebih cocok untuk proses pemotongan cepat karena memungkinkan chip material keluar lebih mudah.

5. Double Flute Endmill

Ciri-cirinya yaitu memiliki dua mata pisau(flute), kegunaannya digunakan untuk pemotongan lebih halus pada berbagai material, termasuk kayu plastik, dan logam ringan, memberikan hasil akhir yang lebih bersih dibandingkan single flute.

6. Up-cut Endmill

Ciri-ciri yaitu mata bor yang menarik material ke atas selama proses pemotongan. Digunakan untuk menghindari material terjebak di lubang potong, idealnya untuk bahan kayu lunak dan plastik.

7. Down-cut endmill

Ciri-cirinya yaitu mata bor yang mendorong material ke bawah selama pemotongan, digunakan mengurangi robekan pada permukaan atas material, cocok untuk kayu lapis dan bahan dengan lapisan tipis.

8. Compression Endmill

Ciri-ciri yaitu Gabungan antara up-cut dan down-cut pada bagian pisau, kegunaannya memastikan kedua sisi material tetap bersih tanpa robekan, ideal untuk kayu berlapis atau material komposit.

9. Spesial coated endmill

Ciri-ciri dilengkapi lapisan perlindungan khusus (seperti titanium atau diamond-coated) kegunaan untuk material keras seperti aluminium, baja atau bahan komposit berat, memiliki umur pakai lebih lama dan tahan aus.

Faktor pemilihan mata bor/ Endmill Pemilihan mata bor pada CNC router dipengaruhi oleh material yang dikerjakan, jenis operasi, kecepatan putar spindle dan ukuran mata bor.⁷



2.2.11 Rangka/ Frame (aluminium)

Rangka merupakan komponen dasar yang menopang seluruh bagian mesin CNC,

Gambar 2. 22 Mata Bor

antara lain sistem gerak, motor, spindel, dan meja kerja. Rangka ini harus cukup kuat dan stabil untuk menjamin keakuratan dalam proses pemotongan atau pengukiran.



Gambar 2. 23 Rangka/ Frame

Salah satu bahan yang biasa digunakan untuk pembuatan rangka mesin milling CNC adalah aluminium. Aluminium dipilih karena memiliki sejumlah keunggulan dan sangat cocok untuk aplikasi ini, bisa dilihat pada gambar 2.7.

2.2.12 Kabel USB Printer(USB Type A –USB Type B)

Kabel printer USB yang paling umum memiliki port USB Tipe B di satu sisi dan port USB Tipe A di sisi lainnya. Port USB Tipe B biasanya digunakan pada perangkat seperti printer, pemindai, dan perangkat keras lain yang memerlukan koneksi USB ke komputer.

- USB Type-B (biasanya terdapat di samping printer atau perangkat Anda) adalah konektor persegi dengan sudut tumpul. Digunakan oleh perangkat keras seperti printer dan pemindai untuk menerima sinyal data.
- USB Type-A adalah konektor standar yang biasanya dihubungkan ke port USB di komputer atau papan Arduino (melalui kabel USB ke komputer).



Gambar 2. 24 Kabel USB Type A - USB Type B

2.2.13 Arduino IDE Software

Arduino Software (IDE) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan meng-upload program (yang disebut "sketsa") ke papan **Arduino**. Arduino IDE (Integrated Development Environment) dirancang agar mudah digunakan, bahkan oleh pemula, dan menyediakan semua alat yang diperlukan untuk membuat dan menjalankan proyek berbasis mikrokontroler Arduino. IDE ini berfungsi sebagai lingkungan pengembangan yang menyatukan berbagai proses, mulai dari penulisan kode hingga pengiriman program ke papan Arduino.

1. Antarmuka Pengguna (UI)

Arduino IDE menawarkan antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami, terdiri dari beberapa komponen utama:

- **Editor Kode:** Di sini, pengguna dapat menulis kode dalam bahasa pemrograman Arduino, yang merupakan variasi dari bahasa C/C++. Editor ini dilengkapi dengan fitur **penyorotan sintaks** untuk mempermudah identifikasi elemen kode seperti variabel, fungsi, dan komentar.
- **Menu:** Bagian ini menyediakan berbagai opsi, seperti membuka file, menyimpan, meng-upload sketsa ke papan Arduino, dan pengaturan lainnya.
- **Serial Monitor:** Alat ini memungkinkan komunikasi antara Arduino dan komputer, memberikan output atau informasi yang dikirim dari papan Arduino untuk keperluan debugging atau pemantauan data.
- **Pengaturan Board dan Port:** Di bagian atas, pengguna dapat memilih jenis papan Arduino yang digunakan serta port yang terhubung ke papan untuk memastikan komunikasi yang benar.

2. Fungsi Utama Arduino IDE

- **Penulisan dan Penyuntingan Program:** Pengguna menulis program dalam C++ yang disesuaikan untuk Arduino. Program yang dibuat disebut "sketsa", dan setelah selesai, sketsa tersebut dapat di-upload ke papan Arduino.
- **Kompilasi Kode:** Setelah sketsa ditulis, IDE mengkompilasi kode tersebut menjadi file biner yang dapat dipahami oleh mikrokontroler Arduino. Jika terdapat kesalahan dalam penulisan kode, IDE akan memberikan peringatan.
- **Pengiriman Kode ke Papan Arduino:** Setelah kode berhasil dikompilasi, Arduino IDE meng-upload kode ke papan Arduino melalui port USB, memungkinkan papan tersebut menjalankan perintah yang ada dalam sketsa.

3. Bahasa Pemrograman Arduino

Arduino menggunakan bahasa pemrograman yang merupakan subset dari C/C++, namun dengan tambahan fungsi dan pustaka yang disesuaikan untuk mikrokontroler. Program Arduino terdiri dari dua bagian utama:

- **Setup()**: Fungsi ini dieksekusi satu kali saat papan Arduino pertama kali dinyalakan atau di-reset. Biasanya, di sini dilakukan konfigurasi awal, seperti menetapkan pin sebagai input atau output.
- **Loop()**: Fungsi ini berulang kali dijalankan setelah **setup()** selesai. Semua proses utama program seperti membaca sensor atau mengendalikan perangkatberlangsung di bagian ini.

4. Library Arduino

Arduino IDE dilengkapi dengan berbagai **library** yang memudahkan pemrograman dan integrasi dengan perangkat eksternal. Library ini menyediakan fungsi-fungsi tambahan untuk bekerja dengan berbagai perangkat keras, seperti sensor, motor, atau tampilan LCD. Pengguna dapat mengunduh dan menginstal library yang diperlukan melalui **Library Manager** yang ada di dalam IDE, tanpa harus menulis kode dari awal.

5. Keunggulan dan Fitur Arduino IDE

- **Mudah Digunakan**: Dengan antarmuka yang sederhana dan intuitif, Arduino IDE sangat cocok untuk pemula yang ingin belajar tentang mikrokontroler dan elektronik.
- **Cross-Platform**: IDE ini tersedia untuk berbagai sistem operasi, seperti **Windows**, **macOS**, dan **Linux**, memungkinkan fleksibilitas bagi pengguna.
- **Open Source**: Arduino IDE bersifat **open-source**, yang berarti siapa pun dapat mengunduh, memodifikasi, atau mengembangkan perangkat lunak ini lebih lanjut, serta menggunakannya tanpa biaya.
- **Komunitas Besar**: Arduino memiliki komunitas global yang aktif, memungkinkan pengguna untuk berbagi pengalaman, proyek, serta solusi terhadap berbagai masalah yang dihadapi.
- **Pembaruan Berkala**: Arduino IDE mendapatkan pembaruan secara rutin, baik untuk memperbaiki bug maupun menambahkan fitur baru.

6. Fitur Tambahan di Arduino IDE

- **Pengaturan Board:** Pengguna dapat memilih jenis papan Arduino yang digunakan (seperti **Arduino Uno**, **Arduino Mega**, dll.), karena setiap papan memiliki konfigurasi yang berbeda-beda.
- **Pengaturan Port:** Selain memilih jenis board, pengguna juga perlu memilih port yang terhubung dengan papan Arduino untuk memastikan proses upload kode berjalan dengan lancar.
- **Pemeriksaan Kesalahan:** Arduino IDE memberikan **pemberitahuan kesalahan** jika ada masalah dalam kode yang ditulis, seperti kesalahan sintaks atau pengaturan yang salah.

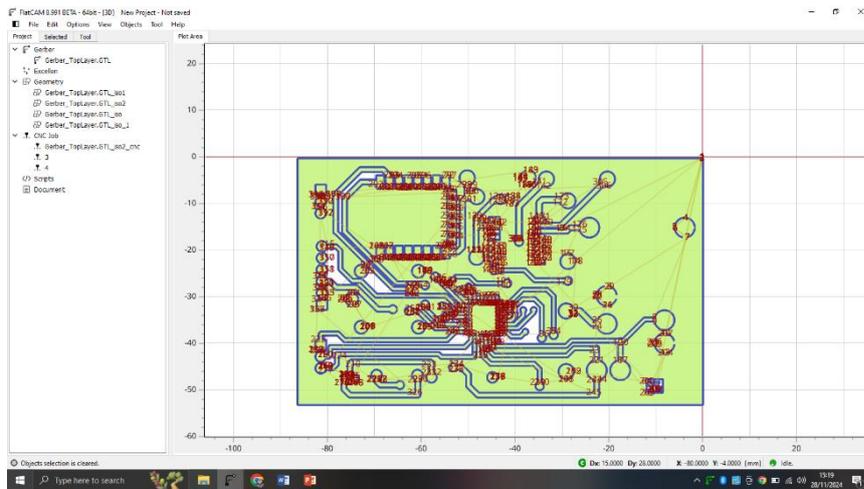


Gambar 2. 25 Arduino IDE Software

2.2.14 Software FlatCam

FlatCAM adalah perangkat lunak sumber terbuka untuk mengubah desain PCB (papan sirkuit tercetak) dari file bor Gerber dan NC ke format yang dapat digunakan pada mesin CNC (kontrol numerik komputer).

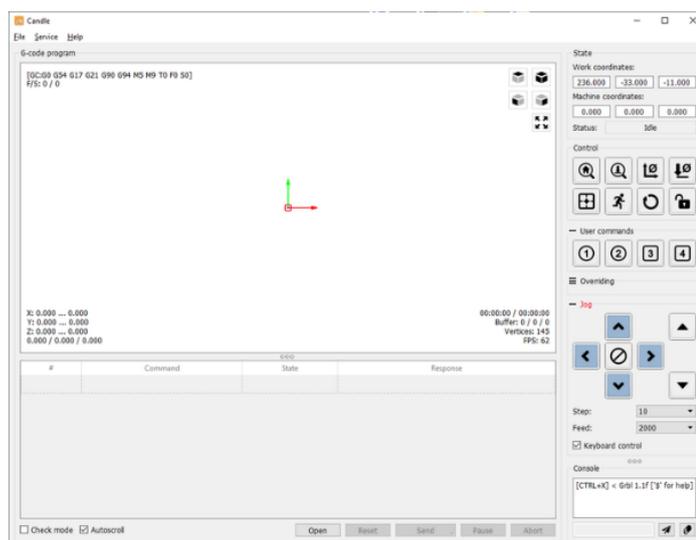
Perangkat lunak ini dirancang khusus untuk membuat proses pembuatan PCB lebih efisien dengan memungkinkan pengguna mengonfigurasi dan menghasilkan kode-G yang diperlukan untuk mengontrol mesin CNC untuk pembuatan PCB.



Gambar 2. 26 Software FlatCAM

2.2.15 Candle CNC Software

Candle merupakan software open source untuk mengendalikan mesin CNC pada manufaktur PCB (printed Circuit board), khususnya mesin CNC kecil seperti router dan mesin milling. Candle bertindak sebagai antarmuka pengguna (GUI) yang menghubungkan pengguna ke mesin CNC dan mengirimkan instruksi kode-G ke mesin untuk melakukan pemotongan dan pelubangan pada PCB. sering digunakan oleh para penggemar dan produsen elektronik untuk membuat papan sirkuit DIY (Do It Yourself) di rumah. Candle dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 2. 27 Candle Software CNC