

Analisa Pembuatan Mesin Cnc Router Menggunakan Driver Tb6560 Dan Driver A4988 Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno Di Cv Barokah Mebel

Analysis Of Manufacturing Cnc Router Machine Using Driver TB6560 AND Driver A4988 Based On Arduino Uno Microcontroller In CV Barokah Mebel

Ahmad Fatoni

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Eksakta, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar

e-mail: af199802242@gmail.com

Correspondence author email: af199802242@gmail.com

Abstrak

Kebanyakan pengerajin ukiran di Indonesia dilakukan secara konvensional sehingga kualitas setiap orang tidak sama. 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 keakuratan 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.

Katakunci: Mesin CNC Router, Arduino, Driver TB6560

Abstrack

Most carving craftsmen in Indonesia are done conventionally so that the quality of each person is not the same. Making a cnc router machine can help engraving craftsmen in order to increase production and keep the quality good. The cnc router machine is still expensive, so the researchers chose to use the Arduino Uno microcontroller which is relatively cheap. Researchers made a cnc router machine based on an arduino microcontroller by comparing the results of using the TB6560 driver and the A4988 driver. Data retrieval using the approach and development method with accuracy test variables, test the number of objects at a certain time, and visually observe the results of objects. The series of operation of the cnc machine by uploading the firmware grbl 1.1 to arduino. Making the G-code design using the ventrix aspire 9.5 software with a "tap. Files are inputted in candle software to operate the machine. The results of this research test the accuracy of each driver is relatively the same. The cnc machine generates an object in 60 minutes with a TB6560 driver 2 objects and a 3rd object by 40%. While the use of the A988 driver at a time of 60 minutes produces 2 objects and the third object is 35%. Visually, object defects using the TB6560 and object defects in the A4988

Keyword: CNC Router Machine, Arduino, Driver TB6560

PENDAHULUAN

Seni ukir adalah kerajinan kayu yang ada sejak zaman dahulu. ukiran menjadikan peninggalan budaya dari leluhur kita. Sehingga kita semua bisa menikmati diberbagai daerah terdapat peninggalan bersejarah seperti relief candi yang diukir oleh orang zaman dahulu diantaranya yaitu: candi borubudur, candi prambanan, masjid agung demak, dan lain sebagainya. Oleh karena itu seni ukir menjadikan daya tarik tersendiri dari berbagai kalangan orang. CV. Barokah mebel merupakan tempat usaha kerajinan kayu yang terletak di desa Sawentar kecamatan Kanigoro kabupaten Blitar. Mebel yang memproduksi sebuah hasil kerajinan kayu meja, kursi, dll. Dimana untuk melayani pesanan ukiran kayu belum bisa

History of article:

Received: Februari, 2022 : Accepted: Maret, 2022

mengerjakan karena terkendala waktu dan tenaga ukir sehingga pesanan dialihkan kepada orang yang khusus ukiran.

Sebagian besar seni ukir dibuat dengan cara konvensional yaitu dengan cara dipahat menggunakan mata pahat ukir. Oleh karena itu pengerjaan ukiran membutuhkan waktu yang lama dan juga seni ukir tidak semua orang bisa melakukannya dengan hasil yang sama. Pada masa industri 4.0 ini dimana kemajuan teknologi semakin canggih untuk membantu pekerjaan manusia agar lebih mudah dan efisien. Mesin CNC Engraver dan cutting bisa menjadikan sebuah solusi tepat untuk membantu proses produksi ukiran kayu di cv barokah mebel sehingga mendapatkan hasil yang lebih efisien, hemat waktu dan menjaga kualitas ukiran. CNC (Computer Numerical control) adalah sebuah mesin yang bekerja dikendalikan oleh komputer menggunakan bahasa numerik (Angka dan Huruf). Pengoperasian cnc dengan menggunakan mikrokontroler arduino uno karena mikrokontroler ini lebih murah dan mudah pengoperasiannya. Dengan bahasa pemrograman G yang membuat programmer dapat mengontrol arah dan kecepatan di mesin CNC, sehingga motor dapat mengikuti jalur yang telah ditentukan dalam program. Konsep yang sama termasuk untuk mesin lain seperti untuk menggambar, mengebor, membentuk dan mencetak 3D. Andre Muklis, dkk (2021) "Mesin CNC mempunyai komputer yang bisa mengubah karakter G-Code ke Bahasa yang bisa dikenal oleh mesin kemudian di proses dan di kirim kepada masing-masing driver motor stepper, driver laser Avoid 15 watt, dalam bentuk sinyal digital ataupun analog. CNC Engraver menggunakan Closed Loop sistem. Apabila ada kesalahan (error) pada mesin CNC baik dari pengguna ataupun dari sistem elektroniknya mesin tersebut akan berhenti. Sistem kontrol numerik CNC dapat berjalan karena ada perangkat komponen sistem kontrol yang mendukung operasional mesin seperti motor stepper, driver motor, breakout board control, dan power supply, serta pengontrolan dari software. Semua komponen elektronik digabungkan dengan kabel-kabel sehingga membentuk perangkat CNC Engraver"

Aji brahma, dkk(2020) "Salah satu mikrokontroler yang bisa menjadi alternatif adalah Arduino, dengan menggunakan mikro kontrol Arduino akan sangat mempermudah dalam pembuatan mesin CNC secara mandiri dan semua aplikasi yang dibutuhkan bersifat open source dengan harga mikrokontrol Arduino terpatut jauh lebih murah jika dibandingkan dengan kontrol CNC menggunakan Mach3. Beberapa kekurangan penggunaan Mach3 untuk mengontrol mesin CNC yaitu komputer yang mempunyai port paralel umumnya memiliki spesifikasi rendah. Komputer dengan spesifikasi rendah hanya dapat dimanfaatkan menjadi Host/Sender tidak dapat digunakan untuk mendesain. Tentu hal ini akan menambah biaya untuk memenuhi kebutuhan awal dalam pembuatan mesin CNC". Peneliti pada perancangan mesin CNC kali ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dengan menggunakan driver TB6560 berkapasitas kuat arus 3A sehingga arus yang masuk pada motor stepper nanti bisa maksimal dan menghasilkan torsi yang besar dari pada CNC Shield memakai driver A4988 yang merupakan komponen diperuntukan dipakai di Arduino. "Pada driver motor stepper menggunakan A4988 dan terhubung dengan arduino. Pengaturan kebutuhan arus pada driver motor A4988 menggunakan trim resistor yang ada pada driver, sehingga dibutuhkan ketelitian dalam proses menyetel arus yang akan digunakan, karena jika arus terlalu besar maka motor akan menjadi cepat panas, dan jika arus terlalu kecil maka motor akan kehilangan torsi" Apriadi, M Leza(2017). Dari permasalahan diatas peneliti akan membandingkan keakuratan, waktu yang dibutuhkan, dan hasil visual dari penggunaan kedua driver tersebut.

Pengoperasian mesin cnc ini dengan mengupload firmware GRBL 1.1 ke Arduino uno

Sedangkan Pembuatan Desain G-Code menggunakan Ventrik Aspire 9.5 kemudian di Export dalam bentuk format tap. Dari hasil G-Code sebuah desain dimasukkan dalam pengoperasian mesin cnc menggunakan Universal G-Code Sender(UGS)/ Candle sinyal serial kemudian akan dikirimkan ke arduino uno.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan metode untuk penyelesaian sebuah permasalahan peneliti sebagai berikut:

Komponen Yang digunakan Arduino Uno

Mikrokontroler Arduino uno R3 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 komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.



Gambar 1. Board Arduino Uni R3

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber listrik dipilih secara otomatis. Eksternal (non- USB) daya dapat datang baik dari AC-DC adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan cara menghubungkannya plug pusat-positif 2.1mm ke dalam board colokan listrik. Lead dari baterai dapat dimasukkan ke dalam header pin Gnd dan Vin dari konektor Power. Board dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6 - 20 volt. Jika diberikan dengan kurang dari 7V, bagaimanapun, pin 5V dapat menyuplai kurang dari 5 volt dan board mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak board. Rentang yang dianjurkan adalah 7 - 12 volt [10].

Driver TB6560

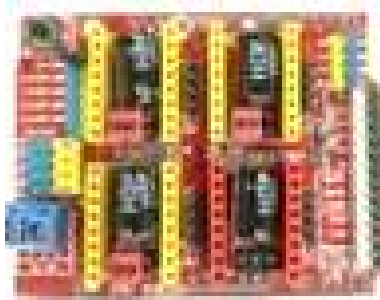
Driver Motor merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkomunikasikan *controller* dengan *aktuator* serta memperkuat sinyal keluaran dari *kontroler* sehingga dapat dibaca oleh *aktuator*. Dalam perancangan elemen kontrol ini motor *driver* yang akan digunakan adalah Board TB6560 untuk mesin CNC milling 3-axis, seperti ditunjukkan pada gambar 8. Seperti halnya BOB (*Breakout Board*), *driver* motor stepper juga memiliki beberapa Port yang nantinya terhubung ke masing-masing Port seperti BOB input signal, motor *stepper*, *driver* *switch setting*, DC *power supply* [10].



Gambar 2. Driver motorboard TB6560

CNC Shield V3

CNC *Shield* merupakan modul pengaman yang dikoneksikan dengan Arduino untuk membaca g-code. Agar CNC *Shield* bekerja perlu menginstal grbl pada Arduino.

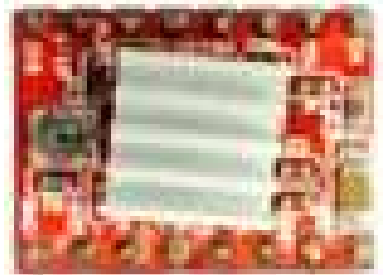


Gambar 3. CNC Shied

Pada Gambar 2 terdapat tempat driver motor *stepper* yang terdiri dari sumbu x, y, z dan a. namun yang akan digunakan hanya sumbu x, y, z. CNC *Shield* memerlukan tegangan 8-36 volt DC sebagai daya untuk motor *stepper* [10].

Driver Stepper A988

A4988 adalah driver mikro stepping untuk mengendalikan motor *stepper* bipolar. Pada Gambar 3 terdapat lima pilihan mikro *step* pada *driver* A4988 yaitu *full-step*, *half-step*, *quarter-step*, *eight-step* dan *sixteenth-step*. Terdapat potensio untuk mengatur arus keluaran dengan tegangan nominal 3 hingga 5.5 V DC. Untuk arus maksimum 2 ampere diperlukan *heat sink* (pendingin) dan tanpa *heat sink* untuk arus 1 ampere [10].



Gambar 4. Driver motor *stepper* A4988

Motor Stepper

Motor *stepper* adalah motor DC yang bergerak dalam langkah diskrit. Pada bagian stator pada motor memiliki banyak kumparan yang diatur dalam kelompok yang disebut "*fase*". Dengan memberi tegangan pada setiap *fase* secara berurutan, motor akan berputar, selangkah demi selangkah. Dengan langkah yang dapat diatur komputer untuk mencapai posisi yang tepat dan mengontrol kecepatan. Oleh sebab itu motor *stepper* cocok untuk pekerjaan yang membutuhkan presisi yang tinggi [10]. Pada Gambar 5, motor *stepper* yang digunakan yaitu NEMA23 dengan kriteria *step angle* 1.8 *degree* dengan nilai arus 3 ampere dan dapat menahan *torka* sebesar 40N.cm (*datasheet*).



Gambar 5. Motor *stepper*

Power supply

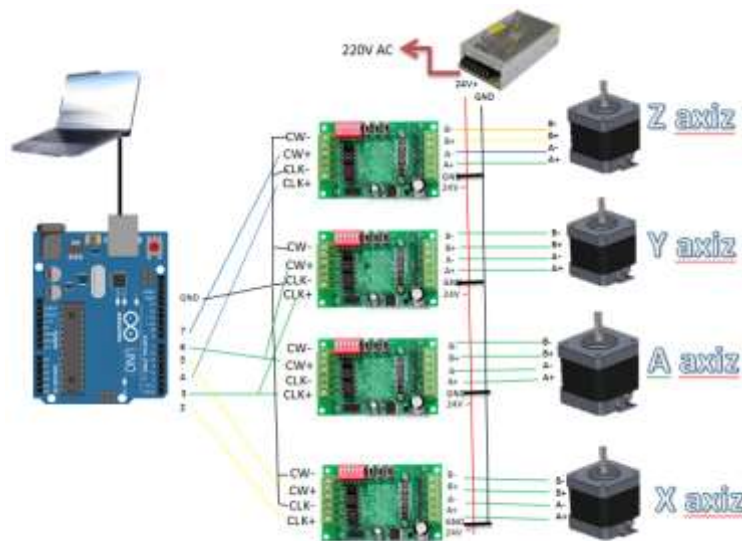
Dalam pengoperasian mesin CNC diperlukan tegangan searah. Dengan menggunakan *power supply* yang berfungsi untuk mengkonversikan tegangan dari tegangan bolak-balik (AC) 220 volt ke dalam tegangan searah (DC) 12 volt sebagai catu daya pada motor *stepper* [10].



Gambar 6. *Power supply*

Rangkaian Alat

Diagram Rangkaian elektronik mesin cnc router berbasis mikrokontroller arduino uno sebagai berikut.



Gambar 7. *Wiring diagram elektronik mesin CNC router menggunakan driver TB6560*

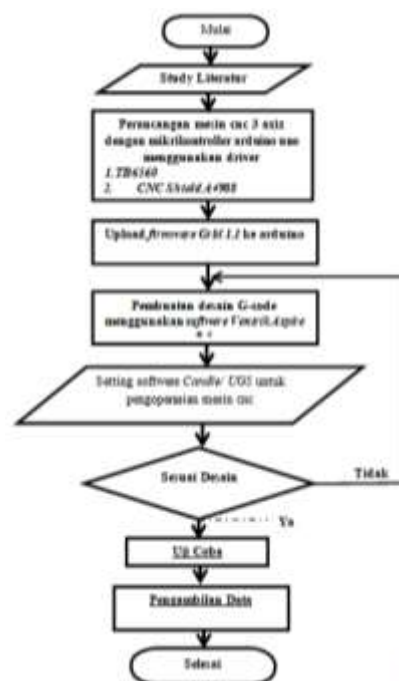
Rangkaian elektronik mesin cnc router dengan laptop disambungkan melalui konektor USB ke *Arduino uno*. *Arduino* keluar melalui pin 2 dan 5 ke driver X axis, pin 3 dan 6 ke driver Y axis beserta *copling* ke driver A axis, pin 4 dan 7 ke driver Z axis. *Output power supply* disambungkan ke setiap driver TB6560 dan *Output driver* kemudian disambungkan ke motor *stepper* setiap sumbu untuk memutar arah gerak motor.

Analisis Permasalahan

Dalam pembuatan cnc router terdapat berbagai macam mikrokontroller seperti *Mach3* yang memang digunakan khusus untuk cnc. Akan tetapi mikrokontroller *Mach3* lebih mahal harganya dari pada harga mikrokontroller *arduino*. Maka peneliti menggunakan mikrokontroller *Arduino uno* dan juga menggunakan kabel input USB sehingga lebih mudah dalam mengoperasikan menggunakan laptop. Dalam mesin cnc apabila driver motor *stepper* yang digunakan arus masuk ke motor *stepper* bisa mengakibatkan motor *stepper* mudah panas dan kehilangan torsi (kecil). Driver A4988 cnc shield adalah driver yang digunakan untuk *arduino*. Kemudian tujuan penelitian ini membandingkan penggunaan mesin cnc router dengan menggunakan driver TB6560 dengan kuat arus 3A dan driver A4988 pada cnc shield. Apakah ada perbedaan dan mana yang lebih efektif dari penggunaan kedua driver tersebut pada industri kecil/UMKM.

Diagram Pengambilan Data

Proses pengambilan data dengan metode pendekatan dan perbandingan efektifitas dari sebuah driver dengan variabel uji akurasi, jumlah hasil objek dalam waktu tertentu, Hasil objek secara visual. mengumpulkan berbagai referensi yang berkaitan dengan judul penelitian seperti jurnal, artikel, dll. Dari beberapa referensi kemudian diproses untuk sebagai bahan perancangan mesin *cnc router*. Perancangan mesin *cnc* ini menggunakan sumbu 3 Axis dan 4 motor *stepper*. *Arduino* dirangkai dengan beberapa komponen adalah *driver* *tb6560* dan *driver* *A4988*, *power supply* 24 v, Motor *stepper* *nema* 23. Upload *firmware* *grbl* 1.1 ke *arduino uno*. Selanjutnya peneliti mendesain gambar beserta pembuatan *G-code* di *software* *ventrik aspire* 9.5. pengoperasian mesin *cnc* dengan memasukan desain yang berbentuk format “*tap*” dalam pengoperasian ini menggunakan *software* *Candle* karena aplikasi ini lebih mudah dipelajari. Apabila desain sesuai apa yang diharapkan lanjut ke proses uji coba. Pada pengambilan data penelitian ini menggunakan penelitian pendekatan dan pengembangan dimana analisa dari efektifitas dari penggunaan *driver motor stepper* *TB6560* dan *driver* *A4988* dengan *mikrokontroler* *arduino uno*. Adapun langkah untuk mengambil data dengan metode pendekatan dan pengembangan yang disajikan dalam flow chat di bawah ini.



Gambar 8. Flow chat pengambilan data

Perancangan Objek uji

Objek yang digunakan pada penelitian ini berbahan kayu yang berkualitas sedang kekerasan dalam proses *milling* hasil lebih rapi daripada bahan yang lunak. Kertas berukuran F4 digunakan untuk proses pengambilan data keakurasian.

Tabel 1. Spesifikasi bahan uji

NO	Nama Bahan	Parameter (mm)	Keterangan
1	Kayu waru	Tebal= 20 mm Panjang = 500 mm Lebar = 40 mm	Diproses <i>milling</i> untuk membentuk huruf
2	Kertas	Panjang = 33 mm Lebar = 22 mm	Diproses untuk uji akurasi mesin <i>cnc</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN (heading 1, bold and 12pt)

Pengaturan Driver

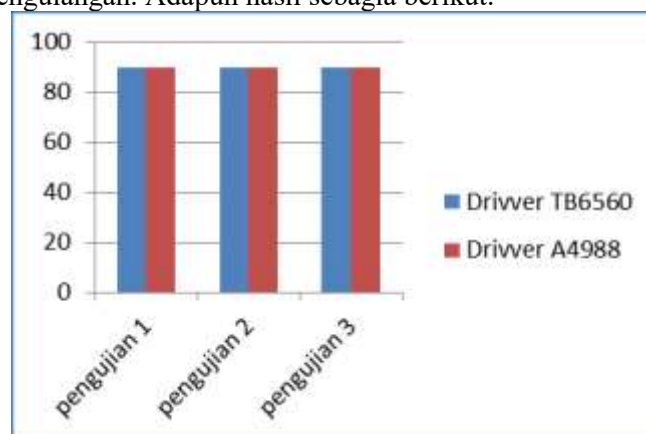
Adapun settingan sebelum mengoperasikan mesin cnc. Perlu penyettingan kalibrasi agar hasil dapat dapat akurat. Adapun dijelaskan ditabel dibawah ini.

Tabel 2. *Setting mesin cnc*

Setting	DRIVER TB6560	DRIVER A4988
Operating voltage	10 – 35 VDC, 24 VDC recommended	10 - 35 VDC
Max output current	3 A per phase, 3.5 A peak	2A
Microstep resolution	16 mm/s	16 mm/s
Feed Rate	1000 mm/s	1000 mm/s
Mata router	Endmill 3 mm	Endmill 3 mm
Plunge Rate	2 mm/s	2 mm/s
\$100	80	80
\$101	80	80
\$102	110	110
\$110	1000	1000
\$111	1000	1000
\$112	500	500
\$120	10	10
\$121	10	10
\$122	10	10

Pengujian Keakurasian

Pengujian keakurasian mesin *cnc router* dengan mengukur menggunakan mistar dari hasil yang dibuat mesin *cnc router* dengan driver TB6560 sebagai (A) dan driver A4988 sebagai (B) dengan 3 kali pengulangan. Adapun hasil sebagai berikut.



Gambar 9. Diagram hasil perbandingan uji akurasi mesin *cnc router* menggunakan *driver* TB6560 dan *driver* A4988

Pengujian Dalam Waktu Yang Sama

Proses pengambilan data dari berapa objek yang dihasilkan dengan waktu yang sama oleh *driver* TB6560 dan *driver* A4988. Dari penelitian ini diketahui dalam 60 menit kedua *driver* mampu membuat objek 2 dan objek ke 3 pada *driver* TB6560 sebesar 40%. Sedangkan pada *driver* A4988 mampu membuat objek 2 dan objek ke 3 proses sebesar 35%. Terdapat selisih sedikit waktu 20 s. Hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil pengukuran objek *driver* TB6560

No	Bentuk	Waktu	Dimensi desain(mm)		Hasil Dimensi(mm)		Keterangan(%)
			Panjang	Lebar	Panjang	Lebar	
1	Huruf	60 Menit	130	40	129,90	39,92	100%
2	Huruf		130	40	129,90	39,92	100%
3	Huruf		130	40	44,10	39,92	40%

Tabel 4. Hasil pengukuran Objek Driver A4988

No	Bentuk	Waktu	Dimensi desain(mm)		Hasil Dimensi(mm)		Keterangan(%)
			Panjang	Lebar	Panjang	Lebar	
1	Huruf	60 Menit	130	40	129,80	39,82	100%
2	Huruf		130	40	129,80	39,82	100%
3	Huruf		130	40	44,10	39,92	35%

Hasil Visual Objek

Adapun hasil objek dari proses mesin cnc router tersebut dapat dilihat secara visual dari penggunaa *driver* TB6560 dan *driver* A4988. Bahwa hampir tidak ada perbedaan pada proses *milling* menggunakan *driver* TB6560 lebih stbail yang dihasilkan pada proses *milling* pada *driver* A4988 sedikit terjadi *error* pada akhir objek yang kedua.

**Gambar 10.** Hasil visual mesin cnc menggunakan *driver* TB6560**Gambar 11.** Hasil visual mesin cnc menggunakan *driver* A4988

KESIMPULAN

Proses pengoperasian mesin cnc router dengan mengupload grbl 1.1 ke *arduino uno*. Kemudian pembuatan desain di *software ventrik aspire* dan dibuat *G-code* dari sebuah desain yang diinginkan. Proses pengoperasian mesin cnc router dengan menggunakan *software Candle* dan meinput file desain yang sudah berisi *G code*. Sebelum merunning desain tentukan terlebih dahulu titik *zero point* pada setiap sumbu. Penggunaan *driver* TB6560 dengan kapasitas 3A lebih menghasilkan *output torsi* yang besar oleh motor *stepper*. Ketika sudah dinyalakan motor *stepper* mengunci otomatis agar sumbu xyz tidak mudah berubah posisi. Dan penggunaan *driver* A4988 dengan kapasitas arus 2A lebih menghasilkan output torsi yang kecil ke motor *stepper*. sehingga rangkain elektronik mesin cnc router dinyalakan motor *stepper* tidak mengunci sehingga sumbu xyz lebih mudah untuk bergeser. Perbandingan penggunaan *driver* TB6560 dan *driver* A4988 menghasilkan objek yang sama dalam batas waktu 60 menit dengan obbjek yang Menggunakan *driver* TB6560 menghasilkan 2 objek dan objek ke 3 sebesar 40%. Untuk penggunaan *driver* A4988 menghasilkan 2 objek dan objek ke 3 berjalan sebesar 35%. Dalam dilihat seacara visual penggunaan *driver* lebih stabil dalam waktu yang lama Sedangkan penggunaan *driver* A4988 tidak stabil diakhir proses objek yang ke 2 dengan Dengan demikian peneliti lebih merekomendasikan pembuatan mesin cnc berbasis *mikrokontroller arduino* menggunakan *driver* TB6560 ataupun sejenisnya lebih mampu untuk digunakan secara industry kecil.

SARAN

Pembuatan mesin cnc router sebaiknya *braket* dibuat sekokoh mungkin karena apabila goyang akan mempengaruhi hasil finishing produk yang dibuat. Kebutuhan mesin cnc router ukir kayu lebih mengalami beban gesek yang besar ketimbang dari mesin cnc 2D lainnya. Penggunaan mesin cnc sebaiknya terus dikembangkan agar dalam segi pemanfaatan untuk membantu pekerjaan manusia sehingga lebih mudah dan efesian dari segi waktu dan kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zulfikar, Z., Produksi, L. T., Mesin, J. T., Teknik, F., & Riau, U. (2017). Proses Produksi Prototipe Mesin CNC Router 3-axis. 4(2), 2–7.
- [2] Vokasi, F. (2017). RANCANG BANGUN WOODWORKING CNC MACHINE (WCM) 3 AXIS (X , Y , DAN Z) MENGGUNAKAN MOTOR STEPPER MACH3 PC BASE.
- [3] Nugroho, A. B., Auliy, M. A., & Alrasyid, M. Z. (2020). Analisa Perbandingan Performansi Akurasi Mesin CNC (Computer Numerical Control) Router Berbasis Mach3 dan Arduino Uno Menggunakan Metode SQC. 1814.
- [4] Setianto, S. T. (2019). ANALISA SOFTWARE GRBL CONTROLLER UNTUK MESIN MINI CNC PLOTTER 3 - AXIS DENGAN MENGGUNAKAN MIKRO KONTROLER ATMEGA 328. 2(1), 57–64.
- [5] Salam, A., Rasyid, S., Ta, F., & Fahrishal, R. (2020). Rancang Bangun Mesin CNC Laser Cutting Untuk Pembelajaran Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin. 18(1), 1–7.
- [6] Qurahman, M. T., Harapan, P., & Tegal, B. (2021). No Title. 10(1), 2–6.
- [7] Fendri, A. (2019). Implementasi Mini CNC Router 3 Axis untuk Pembuatan Huruf dan Gambar Berbasis. 3(1), 95–102.
- [8] Saputra, N. (n.d.). Making CNC Milling Router For Wood Material. 1–12.
- [9] Nugroho, A. A., Pratomo, L. H., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., Soegijapranata, U. K., ... Iv, L. (2020). Mesin Gambar berbasis Arduino Uno R3 pada desain grafis Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Volume 5 Tahun 2020. 5.
- [10] Mulkan, Y., Hakimah, H. F., Lazuardi, M. R., Vega, R., Basjaruddin, N. C., Rakhman, E., & Kunci, K. (2020). Mesin Gambar Otomatis Berbasis Mikrokontroler. 26–27.

- [11] Sucahyono, A. E., & Sumarto, H. (2019). PEMANFAATAN CNC UNTUK PRODUK KERAJINAN PADA LIMBAH KAYU PERKEBUNAN Utilization Of CNC On Craft Products At Wood Plantation Waste. 1–13.
- [12] Choirony, I. V., Hariyanto, M. S., Ulum, M., Ubaidillah, A., Elektro, T., Teknik, F., ... Timur, J. (2021). Rancang Bangun Acrylic Engraver and Cutting Machine Menggunakan CNC Milling 3 Axis Berbasis Mikrokontroler. 13–21.
- [13] Gumelar, A. (2020). Rancang Bangun Cnc (Computer Numerically Controlled) PCB Layout Berbasis Mikrokontroler P- ISSN : 2302-3295. 8(3).
- [14] Riyadi, A. A., Teknik, F., & Tegal, U. P. (2020). Efektifitas Kinerja Mesin Cnc Port U Shield 3 Axis Dengan Mesin Cnc 5 Axis Port U Mach 3 Breakout Board Untuk Pembuatan Casing Hp.