

Rancang Bangun Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) Laser dengan Metode *Design for Assembly*

Andre Muchlis
Prodi Teknik elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
andremuchlis1@gmail.com

Wrastawa Ridwan
Prodi Teknik elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
wridwan@ung.ac.id

Iskandar Z. Nasibu
Prodi Teknik elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
zul.nasibu@ung.ac.id

Diterima : Januari 2021
Disetujui : Januari 2021
Dipublikasi : Januari 2021

Abstrak— CNC Laser (*Computer Numerical Control*) adalah alat yang memiliki fungsi untuk mengukir/mencetak berbagai tulisan dan kaligrafi secara otomatis berdasarkan media yang digunakan seperti Acrylic, Fiber, Almunium, dan kayu. Perancangan CNC laser menggunakan metode *Design For Assembly Boothroyd (DFA)*, *G-Code*, dan *Closed Loop System (Loop Tertutup)*. Kelebihan metode DFA yaitu mengestimasi pengurangan waktu perakitan. Metode *G-Code* lebih ke menyatukan gerakan yang akan di lakukan mesin, seperti bergeser ke titik A, titik B. Kemudian pada metode *Closed Loop System (Loop Tertutup)* bekerja mengirim sinyal umpan balik ke pengendali untuk mengecilkan kesalahan sistem. Hasil pengujian dari komponen pada masing-masing alat secara keseluruhan berupa input dan output menjadi kesatuan alat mesin CNC laser cutting dan engraver. Software GRBL dihubungkan pada CNC shield. GRBL mengirim *G-Code* ke arduino dan menerjemahkan isi dari *G-Code* satu persatu untuk menghasilkan pergerakan motor stepper dan cahaya laser. Telah didapatkan sistem pengontrolan mesin laser engraver yang bisa menggerakkan mesin kearah dua sumbu X dan Y, yang tersusun dari beberapa komponen yaitu komputer, kontroler arduino nano, motor stepper, laser module, power supply dan emergency stop. Pengujian laser engraver dilakukan dengan medium plywood dan berbagai pola gambar. Hasil pengujian menunjukkan alat dapat bekerja sesuai dengan pola gambar yang ada.

Kata Kunci— CNC laser, *Design For Assembly*, Arduino.

Abstract – CNC Laser (*Computer Numerical Control*) tools that have a function to automatically engrave / print various writings and kaligrafi based on the media used such as Acrylic, Fiber, Aluminum, and wood. CNC laser design uses the *Design For Assembly Boothroyd (DFA)*, *G-Code*, and *Closed Loop System (Closed Loop)* method. The advantage of the DFA method is that it estimates the reduced assembly time. The *G-Code* method is more about unifying the movements that the machine will do, such as moving from point A to point B. Then the *Closed Loop System* method works to send a feedback signal to the controller to minimize system errors. The test results of the components on each tool as a whole are in the form of input and output into a

unity of the CNC laser cutting and engraver machine tool. GRBL software is linked to the CNC shield. The GRBL sends the *G-Code* to the Arduino and translates the contents of the *G-Code* one by one to produce stepper motor movement and laser light. A schematic of a laser engraving machine control system that is able to move the machine towards two axes X and Y, which is composed of several components, namely a computer, Arduino nano controller, stepper motor, laser module, power supply and emergency stop. Laser engraver testing was carried out using plywood and various image patterns. The test results show that the tool can work in accordance with existing image patterns.

Keywords – CNC laser, *Design For Assembly*, Arduino

I. PENDAHULUAN

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.

Dalam rangka menghindari atau mengurangi tingkat kesalahan tersebut, penelitian ini akan merancang sebuah alat CNC Laser (*Computer Numerical Control*) yang memiliki fungsi mengukir/mencetak berbagai tulisan dan kaligrafi secara otomatis berdasarkan media yang digunakan seperti acrylic, fiber, almunium, dan kayu. Alat ini berbasis aplikasi GRBL dan LASER ENGRAVER yang berfungsi untuk mengontrol CNC dengan kontrol 2 axis X dan Y untuk mengatasi segala kesulitan yang terjadi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk merealisasikan rancangan model pengontrolan driver *motor stepper* dengan *laser diode* dari arduino untuk karakter *G-Code*; mengetahui perancangan *chasis CNC Laser* dengan metode *Desain For Assembly* (DFA); dan untuk mengetahui gerak *motor stepper* yang akurat ke arah X dan Y pada mesin *CNC laser*.

II. KAJIAN PUSTAKA

Proses mesin *CNC* untuk pembelajaran simulasi software adalah penelitian dalam [1]. Proses mesin *CNC* diawali dari mendesainnya sampai dengan menghasilkan sebuah benda kerja dalam bentuk *CNC*, *software* simulasi *CNC* yang digunakan, baik itu *software* yang mampu berdiri sendiri untuk proses kombinasi berbagai *software* lain sehingga mesin *CNC* dapat berjalan menggunakan perangkat atau *software* komputer. Rancangan mesin *CNC Engraver* mini yaitu sebagai alat untuk membantu para pelajar dilakukan oleh [2]. Penelitian ini bertujuan mendesain, membuat dan menguji prototipe mesin *CNC Engraver* mini yang mampu digunakan untuk mengukir sirkuit di PCB dan ukiran artistik di kayu, akrilik dan lain sebagainya. Fokus penelitian ini pada penggunaannya untuk menguji keakuratan hasil pengerjaan *milling* bentuk persegi berukuran X = 20 mm, Y = 15 mm dan Z = 2 mm. Pengaturan perangkat keras dengan menggabungkan *G-Code* ini memberikan akurasi yang baik dan mengurangi beban kerja. *G-Code* mempermudah mencari informasi lokasi semua langkah *motor stepper*, karena status motor yang bergerak secara langsung terlihat di komputer sehingga operator dapat memulai atau menghentikan mesin kapan pun dibutuhkan.

Perancangan Sistem Multi *Computer Numerical Control* (*CNC*) untuk *plotter* dan *laser engraving* adalah penelitian yang dilakukan oleh Diki Muhammad Sobirin [8]. Pembuatan alat ini dibuthkan 2 buah *motor stepper* sebagai penggerak, Axis X, dan Axis Y, *motor stepper* yang digunakan adalah *motor stepper* jenis bipolar. *Motor Stepper* dihubungkan pada *CNC Shield* yang sudah dibuat sebelumnya menggunakan Arduino uno, memiliki *driver* motor dan *driver laser*. Arduino nano digunakan untuk menkonvrensi sinyal pengontrolan *laser* dan *motor stepper* menjadi sinyal PWM untuk dapat menggerakkan *servo*. Perancangan dan analisis rangka mesin *desktop CNC milling* adalah penelitian yang dilakukan pada. Optimasi parameter *CNC laser cutting* pada kekasaran dan laju memotong menggunakan Taguchi *Grey Relational Analysis Method* adalah penelitian yang dilakukan oleh [10]. Jumlah percobaan yaitu Sembilan kali dan dilakukan tiga kali replikasi untuk bisa dapat memproses penelitian berdasarkan metode *Taguchi*. Kemudian pada proses optimasi dilakukan multi respon dengan menggunakan metode *Grey relational analysis*. Dalam proses pengambilan data yang dilakukan yaitu dapat mengukur waktu actual dengan *stopwatch* untuk mengetahui hasil dimensi penelitian, selanjutnya dibuat sebagai penginputan data pada laju pemotongan benda/material. Dilakukan pengujian kekasaran permukaan material dan untuk melihat hasil pemotongan sehingga nilai yang ada bisa dilihat pada permukaan benda, hasil kualitas pemotongan kekerasan permukaan bisa dipakai untuk menginput data pada nilai kekerasan. Karakter yang ada pada masing-masing nilai

kekasaran, maka semakin kecil nilai yang di dapat semakin baik untuk merespon laju pemotongan benda.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Design For Assembly (DFA)

Design For Assembly (DFA) adalah desain yang memiliki pertimbangan sebuah produk untuk bisa memastikan anggaran biaya yang akan digunakan [3]. *Design For Assembly* (DFA) adalah sebuah rangkaian proses untuk memberikan desain produk sehingga memudahkan kita dalam aspek fungsional, dan untuk memudahkan perakitan komponen secara bersamaan. *Design For Assembly* (DFA) merupakan desain dari *assembling* yang nantinya akan menganalisis sebuah desain produk yang akan digunakan, desain produk pertama akan di proses sehingga kesulitan-kesulitan yang dialami oleh perakitan dapat diketahui bersama. Ini adalah prinsip yang dimiliki DFA dasar menurut Corbett, dan Dooner[4].

1. Desain produk pertama meminimal komponen variasi desain, gerakan perakitan yang dialami bisa terarah dengan sepenuhnya.
2. Desain produk kedua memiliki urutan komponen yang dapat di mengerti, mengakses untuk setiap komponen dengan mudah, komponen tetap simetris agar dapat berjalan dengan transportasi yang diinginkan.
3. Desain produk ketiga memiliki komponen-komponen yang dapat menghalangi pandangan atau tersembunyi, dan juga komponen yang sulit di jangkau oleh perakitan komponen.
4. Kemudian akan mempengaruhi bagian-bagian sebelumnya yang sudah di rakit.
5. Memungkinkan sebuah kesalahan yang akan terjadi pada perakitan.

Penjelasan lanjutan dari metode *design for assembly* (DFA) ini adalah tambahan peraturan dari metode DFA[5].

1. Menghilangkan jumlah komponen yang akan dirakit apabila tidak perlu digunakan.
2. Mengembangkan komponen-komponen dari atas permukaan pada bagian bawah dengan menggunakan komponen yang dirakit.
3. Produk yang sudah selesai perakitan terlebih dahulu akan di filter apabila telah memenuhi syarat, pada permukaan benda harus terlihat dan kelihatan stabil.
4. Menggunakan persyaratan metode DFA untuk memudahkan dalam pencocokan desain dan bagian-bagian komponen.
5. Menggunakan *snap-fit* dan pengikat cepat lainnya, gunakan sekrup dan lem sebagai pengerat.

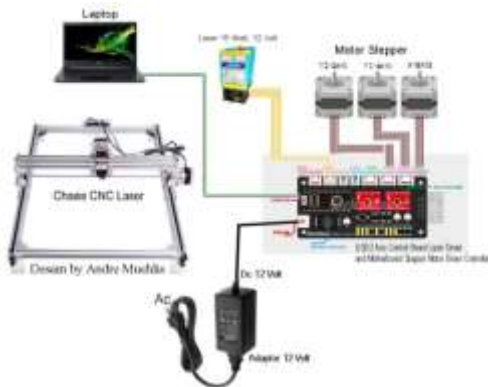
3.2 Closed Loop System (Sistem Loop Tertutup)

Sistem loop tertutup adalah sistem pengontrolan yang memiliki sifat sinyal pengeluaran dan mempunyai pengaruh pada reaksi pengontrolan komponen, sistem pengontrolan loop tertutup ini memiliki umpan balik yang sangat efisien, akan tetapi memiliki kesalahan penggerak, terbentuk perselisihan antara dua sinyal yaitu sinyal masukan dan sinyal umpan balik, perubahan sinyal pengeluaran atau fungsi sinyal turunan, diberikan controller untuk digunakan agar bisa memperkecil kesalahan (*error*) untuk menghasilkan sinyal pengeluaran yang diinginkan. Seperti istilah Loop Tertutup, menggunakan reaksi umpan balik agar dapat

memperkecil suatu kesalahan. Memberitahukan hubungan antara sinyal masukan dan sinyal keluaran dari metode sistem loop tertutup. Apabila dalam hal ini manusia bekerja sebagai server atau operator maka manusia memegang *software*, jadi manusia akan memiliki sistem pengontrolan sinyal keluaran, agar sistem dalam keadaan yang stabil, seperti yang diinginkan, apabila terjadi perubahan dalam sistem loop tertutup maka manusia bertanggung jawab melakukan langkah-langkah pertama peraturan loop tertutup, agar dapat kembali pada keadaan sistem yang diinginkan oleh pengguna [6, 7].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat ini nantinya akan menghasilkan cahaya *laser* yang dapat memberikan output seperti kaligrafi, ukiran, gambar, *cutting*. Mesin *CNC Laser* ini akan di rancang sesuai dengan apa yang ada pada skema wiring Gambar 1 dengan bantuan *motor stepper* maka *laser* akan bergerak dengan objek yang telah ditentukan sebelumnya melalui *software*, modul *driver laser* dan *motor stepper* dibuat dengan bantuan arduino nano yang digabungkan dengan modul *motor stepper*, penggerak *motor stepper* menggunakan *servo driver* [9].

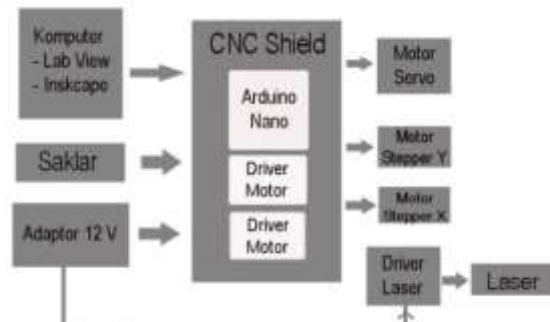


Gambar 1. Skema Wiring

Bagian-bagian pada Gambar 1 dapat dijelaskan sebagai berikut.

- Laptop sebagai perangkat *hardware* dalam mesin *CNC*, yang memberikan pengontrolan pada output mesin *CNC*.
- *Chasis CNC*, merupakan kerangka internal yang menjadi penyangga bagian-bagian alat elektronik.
- *Laser Radiation Avoid 15 Watt* sebagai penghasil cahaya yang menghasilkan *engraver* dan *cutting*.
- *Motor stepper*, sebagai penggerak *laser* ke arah X dan Y.
- *CNC Shield* sebagai pusat pengontrolan dari *driver motor stepper* dan *laser*.
- *Adaptor 12V*, memberikan tegangan DC ke *CNC shield* agar dapat di On/Off.

Diagram blok alat dapat dilihat pada Gambar 2.



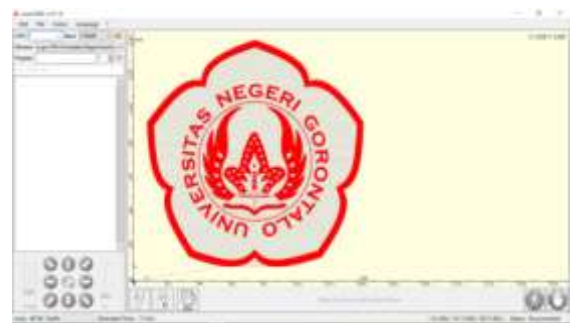
Gambar 2. Diagram Blok

Penjelasan masing-masing bagian pada Gambar 2 adalah sebagai berikut.

- Komputer digunakan untuk memberikan pengontrolan pada arduino
- Saklar sebagai On/Off dari *CNC Shield*.
- Adaptor 12V digunakan sebagai input DC dari AC.
- CNC Shield* sebagai pusat pengontrolan *motor stepper* dan *laser*.
- Motor stepper* sebagai roda penggerak *laser*.
- Laser* memancarkan sinar pada media yang ditentukan.

4.1 PERANGKAT Lunak LASER GRBL

Laser GRBL adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengontrol komponen dan menguji kinerja mesin *CNC Engraver*, cara penggunaannya membutuhkan komputer untuk memasukan perintah-perintah yang mengatur pergerakan axis X dan axis Y dengan cara mengatur putaran servo dan arah putaran *motor stepper* setiap axis X dan Y pada mesin *laser Engraver* pada perintah *G-Code*, *Software GRBL* yaitu sebuah aplikasi yang dapat mengunggah file *G-Code* ke Arduino, agar arduino dapat membaca perintah dalam bentuk *G-Code*. *Software GRBL* tersebut memudahkan para pengguna untuk memproses pemrograman mesin *laser Engraver* pada sistem *microcontroller* yang digunakan pengguna. Tampilan *Software Laser GRBL* di perlihatkan pada gambar 3. Pada *software* ini bisa memberikan perintah secara langsung dari pengguna *software* [12].

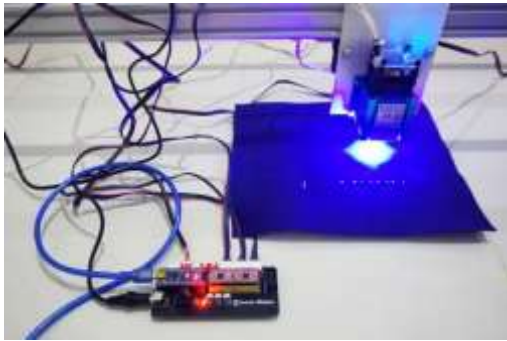


Gambar 3. Tampilan Software Laser GRBL

4.2 PENGUJIAN LASER

Pengujian *laser* menggunakan *laser diode 15 watt* yang di sambungkan dengan arduino nano dalam bantu *CNC shield*, kemudian *software GRBL* mengirim *G-Code* ke arduino nano, arduino nano menerjemahkan hasil *G-Code*

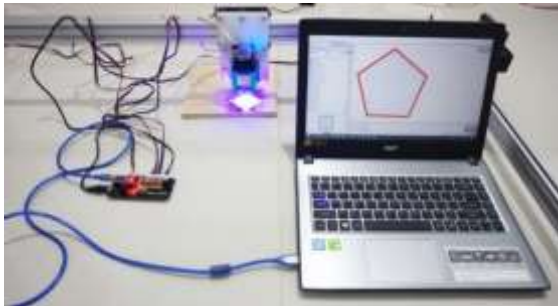
agar laser tersebut dapat memancarkan sinar sesuai yang diinginkan oleh pengguna. Pengujian laser dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pengujian Laser Diode 15 Watt

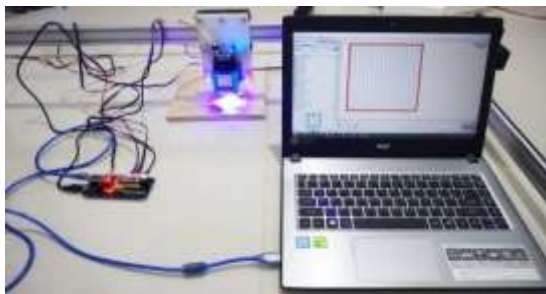
4.3 HASIL PENGUJIAN ENGRAVER DAN CUTTING

Pengujian laser engraver dengan software GRBL, pengujian dengan laser 15W solid Wood engraver 100% daya laser, speed 3000 mm/min. ketebalan solid wood 2 mm. Hasil pengujian engraver dapat dilihat pada gambar 5.

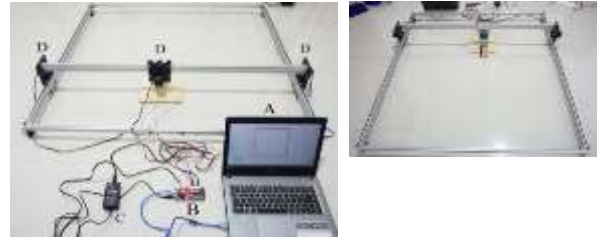


Gambar 5. Pengujian Solid Wood Engraver

Pengujian laser cutting dengan software GRBL, pengujian dengan laser 15W Ply Wood engraver 100% daya laser, speed 100 mm/min. ketebalan solid wood 3 mm. Hasil pengujian cutting dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Ply Wood Cutting








Gambar 7. Bentuk Keseluruhan Mesin CNC

Gambar 7 menunjukkan keseluruhan dari alat CNC. Secara keseluruhan terdapat 5 bagian yang dijelaskan sebagai berikut [11].

1. Bagian A, laptop yang berisikan software GRBL dimana sebuah data G-Code muncul dan dikirimkan ke arduino nano.
2. Bagian B, CNC Shild memiliki arduino nano, driver motor stepper, dan saklar, sebagai modul untuk CNC laser.
3. Bagian C, power supplay untuk menghidupkan modul/CNC Shild.
4. Bagian D, motor stepper, roda penggerak, dan pabel, sebagai penggerak X dan Y.
5. Bagian E, laser diode 15 watt sebagai cutting / engraver.

Tabel 1 memperlihatkan hasil pengujian mesin CNC yang telah dirancbangun. Pengujian cutting dan engraving dilakukan pada material plywood.

Tabel I. Hasil Pengujian CNC Laser

Material	Power/Speed	Size/Time	Pola
Plywood 3 mm, cutting	Power laser 100% Speed 100 mm/min	Size 100.3 x 100.3 mm Time 5 hours, 51 min	
Plywood 3 mm, engrave	Power laser 100% Speed 3000 mm/min	Size 100.3 x 71.4 mm Time 1 hours, 33 min	
Plywood 3 mm, engrave	Power laser 100% Speed 3000 mm/min	Size 122.6 x 100.4 mm Time 11 hours, 38 min	
Plywood 1 mm, engrave	Power laser 40% Speed 3000 mm/min	Size 100.6 x 27.8 mm Time 1 hours, 8 min	
Material Plywood 1 mm, cutting	Power laser 100% Speed 200 mm/min	Size 100.6 x 100.6 mm Time 1 hours, 58 min	

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, Rancang bangun mesin *CNC cutting/engraver* telah berhasil diselesaikan. *Software GRBL* digunakan untuk mengirim *G-Code* ke Arduino Nano, selanjutnya Arduino menerjemahkan satu-persatu *G-Code* agar bisa mengontrol *motor stepper* dan *laser 15w*. Mesin *laser engraving* dilengkapi dengan *emergency stop*, perangkat elektronika ini memiliki berfungsi untuk mengurangi kerusakan pada mesin *CNC*, apabila sistem mengalami kendali (*error*) dari pergerakan mesin yang membahayakan. Pengujian dilakukan pada material plywood 3 mm untuk *cutting* dan *engraving* dengan berbagai ukuran dan pola gambar. Dari hasil pengujian yang saya dapatkan bahwa mesin *CNC Laser Engraver/Cutting* dapat bekerja dengan hasil yang sangat baik dan sudah di uji pada lab elektronika jurusan teknik elektro.

REFERENSI

- [1] Eko Prianto, Herlambang Sigit Pramono. Proses Permesinan *CNC* Dalam Pembelajaran Simulasi *CNC*. Mei 2017, Jurnal Edukatif Elektro, Vol.1, No.1.
- [2] Irawan Malik, Sairul Effendi, Soengeng Witjahjo, Rancang Bangun Mesin *CNC Engraver* Mini Sebagai Alat Bantu Pembelajaran, Juni 2019, Jurnal Teknik Vol. 13, No. 01.
- [3] Arief Irfan Syah Tjaja, Perancangan Memperbaiki Produk *Smart Light* Dengan Menggunakan Metode *Design For Assembly* Boothroyd-Dewhurst, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional.
- [4] Corbett, Dooner, Meleba dan Pym. Pembuatan *assembling* dan menganalisa desain yang ada pada komponen produk secara bersamaan.
- [5] Rifki Ilyandi, Dodi Sofyan Arief, Tekad Indra Pradana Abidin. Menganalisis metode DFA untuk prototype pada mesin pemisah. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau.
- [6] Ikhlah Syukran Harrizal1, Syafri, Adhy Prayitno. Perancangan sistem pengontrolan mesin *CNC* dengan menggunakan metode *Closed Loop System*. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau.
- [7] Marfanri Lamatenggo, Ifan Wiranto Prodi, Wrastawa Ridwan, Perancangan Balancing Robot Beroda Dua Dengan Metode Pengendali PID Berbasis Arduino Nano. Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering Vol. 2 No. 2, Juli 2020.
- [8] Diki Muhamad Sobirin, Pembuatan Sistem Multi *Computer Numerical Control (CNC)* Pada *Plotter* Dan *Laser CNC Engraving*, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia. Volume 9, Nomor 1, April 2020.
- [9] Didi Widya Utama, Perancangan Dan Analisis Rangka Mesin *Desktop Cnc Milling*, Program Studi Teknik Mesin Universitas Tarumanagara Jakarta, Volume 16 Nomor 1, Mei 2018.
- [10] Karuniawan B. W, Anda Iviana Juniani. Optimasi Parameter Mesin Laser *Cutting* Terhadap Kekasaran Dan Laju Pematangan Menggunakan Taguchi *Grey Relational Analysis Method*. Mei 2016. Rakasita R.
- [11] Harist Fauzi. Rancang bangun sistem kontrol mesin laser dengan Arduino, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, *President University*.
- [12] Muhammad Jufrizaldy, Ilyas, Marzuki. Rancang Bangun Mesin *CNC Milling* Menggunakan Sistem Kontrol *GRBL* Untuk Pembuatan Layout PCB. Februari 2020. Jurnal mesin sains terapan vol. 4 no. 1.