

Rancang Bangun Mesin Pemotong Pelat Menggunakan Mikrokontroler ATmega 328 Dengan Pengontrolan GRBL

Afdhal Alfaizt¹, Muh.Alfian Nauval², Andi Fitriati³, Ishak⁴

^{1,2,3,4}Teknik Mekatronika, Politeknik Bosowa

^{1,2,3}JL. Kapasa raya 23, Kota Makassar, Sulawesi Selatan

E-mail : afdhalalfaizt@gmail.com, alfiannauval0510@gmail.com

Abstrak

Abstract — Metal plate cutting machine is design and build using oxy and acetyline welding which can work automatically so as to simplify the process of cutting metal plates and avoid risk of work accidents. Controlling plate cutting machine using GRBL sends data to g-code on the plate cutting machine so that it can move according to the g-code input which contains the X and Z coordinates as instructed. This machine has the maximum ability to cut plates with a maximum thickness of 10 mm and a length of 80 mm in 1:13 seconds.

Keywords — Las Oxy-Acetyline, ATmega 328, GRBL, G-Code, Stepper Motor

Intisari — Mesin pemotong pelat logam yang di rancang bangun dengan menggunakan las oxy dan acetyline dapat bekerja secara otomatis sehingga mempermudah proses pemotongan pelat logam dan menghindari resiko kecelakaan kerja. Pengontrolan mesin pemotong pelat digerakkan oleh stepper motor yang dikontrol melalui ATmega 328 kemudian GRBL yang mengirim data ke G-code sehingga dapat bergerak sesuai dengan inputan G-code yang berisikan titik koordinat Axiz X dan Z. Mesin ini memiliki kemampuan untuk memotong pelat logam dengan ketebalan maksimal 10 mm dengan panjang 80 mm dalam waktu 1 menit 13 detik.

Kata Kunci— Las Oxy-Acetyline, ATmega 328, GRBL, G-Code, Stepper Motor

I. PENDAHULUAN

Proses pemotongan suatu material dapat menggunakan bebrbagai cara namun tergantung pada kebutuhan, misalnya jenis material yang dipotong, ketebalan material yang digunakan, efisiensi waktu yang digunakan, dan tingkat keselamatan dalam proses pemotongan benda kerja. Pemotongan benda kerja dapat dilakukan dengan pilihan tenaga mekanis seperti pemotongan secara manual, semi otomatis dan otomatis [1].

Secara umum alat pemotong logam khususnya pelat yang ada saat ini bersifat manual dan semi otomatis contohnya gergaji besi dan gerinda tangan, penggunaan alat ini biasa digunakan di industri kecil. Pemotongan pelat secara manual menggunakan gergaji besi dan gerinda tangan menghasilkan pemotongan yang tidak presisi dan waktu pemotongan yang cukup lama. [2].

Alat pemotong pelat dengan menggunakan oxy-acetylene serta menggunakan penggerak berupa power window serta switch manual untuk

mengarahkan torch ke sumbu X dan Y bersifat semiotomatis. Alat tersebut memiliki kekurangan yaitu ketelitian dan kepresisiannya rendah serta penggunaanya yang rumit dan pergerakannya tidak sesuai sumbu perintah [3]. Perancangan pemotong plat dengan menggunakan alat las *oxy-acetylene* dengan prinsip kerjanya menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerak. Putaran dari motor listrik membuat *pulley* yang terpasang dimotor listrik akan bekerja dengan cara berputar dan menggerakkan maju benda kerja [4].

CNC pemotong pelat menggunakan alat potong gerinda tangan yang dikontrol dengan komputer yang bersifat otomatis sehingga gerakan akan berjalan sesuai dengan perintah yang dimasukkan. Program dimasukkan secara berulang sehingga proses pemotongan memiliki tingkat presisi yang sama saat memotong benda kerja berupa pelat besi dan multipleks [5].

Penelitian ini merancang bangun mesin pemotong pelat dengan menggunakan las *oxy-acetylene* dapat menghasilkan pemotongan yang efisien dan

menghindari resiko kecelakaan kerja. Mesin pemotong pelat ini dirancang dapat memotong benda kerja dengan ketebalan maksimal 10mm dan panjang 1250mm yang bekerja secara otomatis menggunakan sistem pengontrolan GRBL. Sistem kontrol mesin pemotong pelat ini menggunakan 2 mikrokontroler yang dihubungkan secara komunikasi serial. Mikrokontroler ATmega328 (*controller 1*) berfungsi sebagai GRBL *controller* yang menerjemahkan *G-code* yang dikirim oleh Arduino. Sedangkan Mikrokontroler ATmega 328 (*controller 2*) berfungsi menyimpan data pada HMI (*Human Machine Interface*) dan sebagai serial *g-code sender*

II. LANDASAN TEORI

2.1 ATmega328

ATmega328p adalah sebuah IC Mikrokontroler CMOS 8-bit berdaya rendah berdasarkan AVR arsitektur RISC yang disempurnakan. ATmega328p dirancang agar dapat mengoptimalkan konsumsi daya dengan kecepatan pemrosesan. ATmega328p adalah salah satu *chip IC* Mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pembuatan sismin (sistem minimum) dapat *chip IC* ini mudah ditemukan di pasaran komponen elektronika. Berikut spesifikasi yang di miliki ATmega328p [6].

Tabel 1. Datasheet IC

NO	Microcontroller	ATmega328
1	Operating voltage	1.8 – 5.5 V
2	Pin I/O	28 pin
3	Analog I/O pins	6 pin channel 10 bit ADC
4	Temperature Range	-40°C to 85°C
5	Flash Memory	32K bytes in system self-programmable flash program memory
6	SRAM	2K bytes
7	EEPROM	1K bytes
8	Clock speed	0-20 MHz



Gambar 1. IC ATmega328

Pemilihan Mikrokontroler ini dilakukan karena pembuatan sistem minimumnya sangat mudah dibanding dengan Mikrokontroler lainnya. ATmega328p digunakan untuk menerima data dari sensor *IMU* melalui pin *I2C* dan juga melakukan program kontrol *PID*.

2.2 Motor Pengarah

Stepper motor adalah seperangkat alat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis. Stepper motor sering digunakan sebagai aktuator atau penggerak, pemilihan stepper motor sebagai aktuator atau penggerak karena motor tersebut dapat dikendalikan dengan cukup mudah dan memiliki ketelitian yang tinggi. Stepper motor bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Oleh karena itu, untuk menggerakkan stepper motor diperlukan pengendali stepper motor yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik seperti driver motor. Driver motor merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkomunikasikan kontroler dengan aktuator serta memperkuat sinyal keluaran dari kontroler sehingga dapat dibaca oleh aktuator. *Driver* motor stepper TB6600 memiliki 6 buah *switch* yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Adapun yang dapat diubah berupa kecepatan setiap putaran per revolusi tipe stepnya, semakin besar resolusi yang diperoleh maka semakin kecil nilai torsi yang di hasilkan.

2.3 Las Oxy-Acetylene

Pemotong plat dengan Las *Oxy-Acetylene* adalah memotong plat dengan menggunakan panas yang dihasilkan dari pembakaran reaksi kimia berupa gas. Proses memotong plat besi dengan gas adalah dengan cara memanaskan logam sampai mendekati titik cair. Perangkat perbengkelan las karbit digunakan untuk memotong dan menyambung benda kerja yang terbuat dari logam (plat besi, pipa dan poros) [7].



Gambar 2. Las Oxy

Las *Oxy-Acetyline* memiliki 2 tabung yang terdiri dari tabung gas oksigen dan tabung *acetyline*.

Tabung Oksigen berisi gas oksigen (O₂). Gas oksigen ini digunakan untuk campuran gas karbit pada proses penyalaaan api las. Bannyak sedikit penggunaan gas oksigen ini akan berpengaruh pada suhu pembakaran. Bila gas oksigen ini lebih sedikit dari pada gas karbit maka akan berakibat suhu pembakarannya rendah. Tabung gas *Acetyline* atau karbit berisi gas asetelin (C₂H₂). Gas *Acetyline* atau karbit banyak digunakan dalam pengelasan busur gas daripada bahan bakar lainnya. Hal ini disebabkan karena gas karbit memiliki banyak kelebihan dibandingkan gas lainnya [8].

2.4 Brander Las *Oxy- Acetyline*

Brander las ini berfungsi sebagai tempat bercampurnya gas oksigen (O₂) dengan gas karbit atau asetelin (C₂H₂) dan kemudian campuran ini dinyalakan dengan api yang nantinya akan digunakan untuk melakukan proses pengelasan

Pada brander las terdapat pemegang brander yang berfungsi untuk memegang brander las saat proses pengelasan. Pada brander las juga dilengkapi dengan keran pengatur keluarnya gas, baik gas oksigen maupun gas karbit dan pengatur tekanan potong.

Pada ujung brander las dilengkapi dengan *torch* yang berfungsi untuk mengatur besarnya nyala api las. Pemilihan *torch* disesuaikan dengan tebal pelat yang akan dilas. Pada *torch* terdapat ukuran lubang yang diameternya bervariasi, mulai diameter kecil hingga diameter lebar.



Gambar 3. Brander las *Oxy- Acetyline*

2.5 *G-Code*

G-code adalah sebuah fungsi yang digunakan dalam bahasa pemrograman numerical control yang mengandung informasi posisi sebuah alat untuk melakukan suatu pekerjaan pada mesin. *G-Code* juga biasa disebut dengan bahas program G atau COM. Adapun tindakan-tindakan yang umumnya memakai *G-code* seperti gerakan cepat, menghasilkan potongan barang, mengatur informasi alat. Komputerisasi mesin dalam membuat sesuatu biasa di sebut dengan *G-code* yang dapat di defenisikan sebagai petunjuk arah bergerak, kemana harus bergerak dan jalur yang harus diikuti. Contoh kode *G-code* :

- G00 : Gerakan bebas
- G01 : Gerakan linear sesuai feed rate(kecepatan)
- G02 : Interpolasi melingkar (searah jarum jam)
- G03 : Interpolasi melingkar CCW (berlawanan arah jarum jam)
- G04 : Berhenti pada waktu tertentu
- G05 : Kecepatan Maksimal
- G07 : Imanaginary Axis Designation
- G09 : Exact Stop Check
- G10 : Koodinat sistem
- G11 : Peramater Input Cancel
- G12 : Circle Cutting CW
- G13 : Circle Cutting CCW
- G17 : X – Y Plane
- G18 : X – Z Plane
- G19 : Y – Z Plane
- G20 : Input satuan Inch
- G21 : Input satuan Millimeter
- G22 : Limit ON

2.6 *GBRL Controller*

GBRL controller adalah *software library* yang terdapat pada sistem CNC untuk mengartikan *G-code* yang dikirim ke sebuah arduino sebagai perintah untuk menggerakkan sebuah mesin CNC [9]. Adapun rumus persamaan kalibrasi untuk mengatur settingan step/mm, sebagai berikut :

$$\text{step/mm} = 250.000 \frac{\text{Input code}}{\text{Output actual}}$$

Keterangan:

Grbl step/mm = 250.000

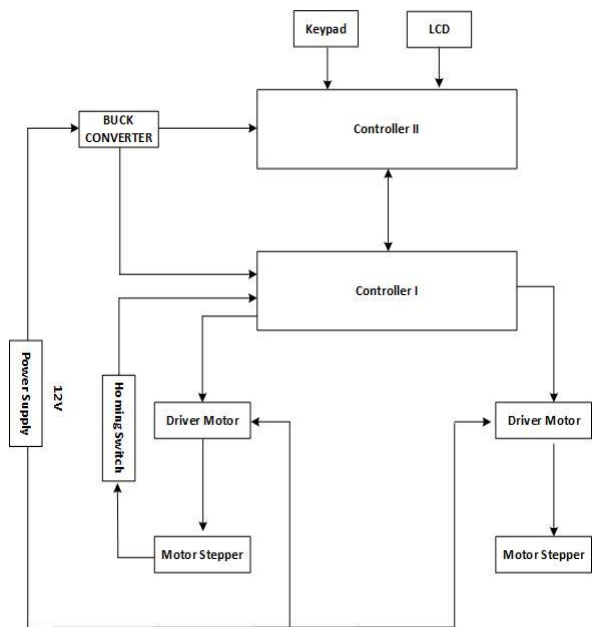
Input code = Nilai inputan pergerakan (mm)

Output code = Hasil pergerakan (mm)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok merupakan salah satu bagian terpenting dalam perencanaan dan pembuatan penelitian, oleh kerna itu diagram blok dapat diketahui dengan prinsip kerjanya:



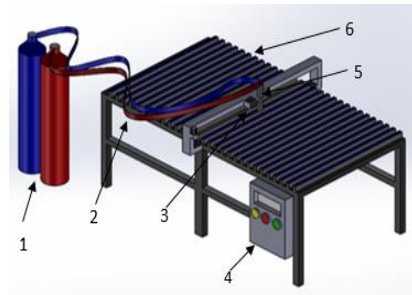
Gambar 4. Diagram blok sistem

Prinsip kerja dari diagram blok yaitu:

1. Mikrokontroler ATmega 328 (*controller 1*) 328 berfungsi untuk GRBL *Controller*.
2. Mikrokontroler ATmega 328 (*controller 2*) berfungsi untuk menyimpan data pada HMI (*Human Machine Interface*) yang mengatur nilai parameter pemotongan dan menjenerit perintah *G-code*.
3. *Driver motor* axiz X dan axiz Z berfungsi untuk menggerakkan motor *stepper* sesuai dengan perintah yang diberikan.
4. *Power Supply* berfungsi sebagai catu daya/sumber tegangan.
5. *Buck Converter* berfungsi sebagai penurun tegangan yang berasal dari catu daya.
6. *Homing/switch* berfungsi untuk mengembalikan *stepper motor* ke posisi titik koordinat awal.
7. *Keypad* berfungsi untuk mengetik data berupa angka atau perintah.
8. LCD berfungsi sebagai penampil data berupa karakter, huruf dan angka.

3.2 Rancangan Mekanik

Rancangan Mekanik menggunakan *software Solid work* untuk pembuatan rancangan mekanik.



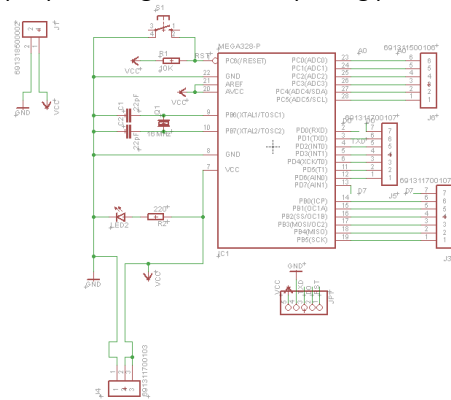
Gambar 5. Rancangan Mekanik

Keterangan :

1. Tabung Oksigen dan *acetyline*, Tabung oksigen dan *acetyline* berfungsi untuk menampung gas oksigen dan *acetyline*.
2. Selang Oksigen dan *acetylene*, Selang Oksigen dan *acetyline* merupakan penghubung antara gas oksigen yang keluar dari tekanankerja regulator dengan brander las. Selang, dibuat spesial mampu manahan tekanan tinggi, dibuat dalam ukuran $\frac{1}{4}$ ".
3. Motor *Stepper*, Motor *Stepper* berfungsi sebagai penggerak axis yang dikontrol oleh driver motor.
4. Panel Kontrol, Di dalam panel kontrol terdapat rangkaian elektrikal yang telah dirangkai.
5. Brande Las, Brande merupakan tempat bercampurnya gas asitelin dan oksigen setelah melalui proses pembukaan katup-katup penyetelan gas asetilene dan oksigen pada brander.
6. Meja Kerja, Meja kerja merupakan tempat atau dudukan benda kerja yang akan dipotong.

3.3 Rancangan Elektrikal

Perancangan ini terdiri dari pembuatan rangkaian sistem minimum ATmega328 serta *buck converter* (penurun tegangan) dan semua komponen yang terdapat pada rangan ini akan dipasang pada PCB.



Gambar 6. Skematik Mikrokontroler

3.4 Perancangan Pemrograman

Perancangan *software* menggunakan aplikasi Arduino IDE dan *Universal G-code Sender*. Perancangan dilakukan dengan tujuan untuk membuat mesin pemotong pelat bergerak sesuai dengan standart kode numerik *G-code*. Pergerakan sumbu X dan sumbu Z akan bergerak secara otomatis menuju kordinat program yang di tentukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Mekanik

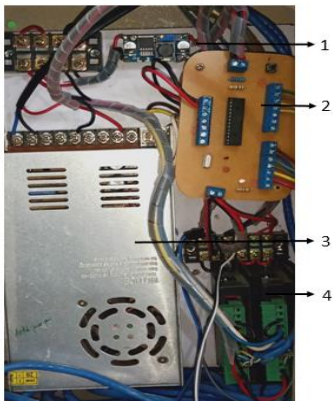
Mekanik penggerak pada mesin CNC pemotong pelat menggunakan 2 motor *stepper* yang terdapat pada asix X dan asix Z. Selain itu menggunakan *timing belt* dan *timing pulley* sebagai mekanisme penggerak utama pada asix X, leadscrew yang berfungsi sebagai mekanisme penggerak utama pada asix Z, dan masing-masing penggerak pada setiap mekanisme asix X dan asix Z menggunakan *bearing* yang berfungsi sebagai bantalan atau pengaman sehingga gerakan pada setiap asix X dan Z dapat bergerak presisi.



Gambar 7. Hasil Perancangan Mekanik

4.2 Hasil Perancangan Elektrikal

Berikut adalah gambar panel kontrol dari mesin pemotong plat.



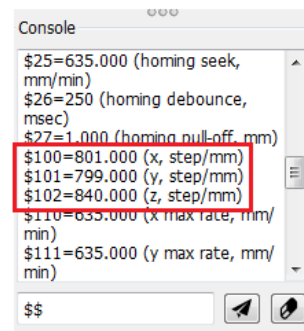
Gambar 8. Panel

Keterangan :

1. Buck Converter
2. Arduino
3. Power Supply
4. Driver Motor

4.3 GRBL Controller

Setiap pergerakan atau step pada axis X dan Z tidak bergerak sesuai dengan perintah yang kita inginkan. Contoh jika seharusnya step berjalan 10cm ternyata pada pergerakannya kurang lebih 5cm. Maka harus dilakukan kalibrasi setiap step atau pergerakan pada *software* GRBL. Langkah-langkah kalibrasi :

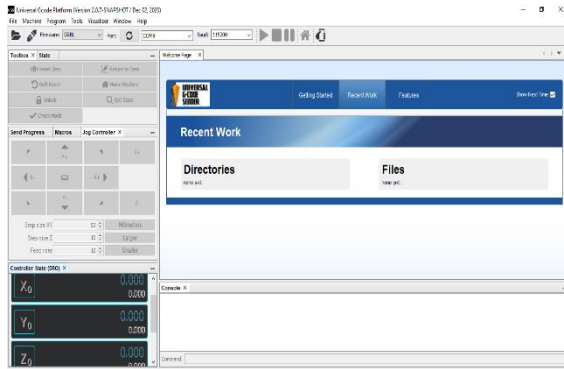


Terdapat 2 settingan utama yaitu :

- **\$100=xxx** (x, step/mm), merupakan settingan Step untuk Axis X per mm.
- **\$102=xxx** (z, step/mm), merupakan settingan Step untuk Axis Z per mm.
- Kalibrasi jarak pergerakan axis. Untuk mengatur step pergerakan axis anda perlu menyiapkan penggaris dan tes beberapa kali dengan memasukkan perintah **\$100=xx** untuk axis X dan **\$102=xx** untuk axis Z, dengan xx adalah nilai parameter dengan satuan step/mm (untuk menempuh jarak linear 1 mm membutuhkan berapa step)
- Apabila telah didapatkan nilai pergerakan per step/mm maka input nilai tersebut pada *software* GRBL.

4.4 G-code

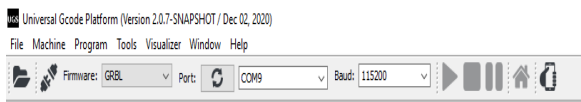
Platform G-code berfitur lengkap yang digunakan untuk berinteraksi dengan pengontrolan CNC, salah satunya adalah GRBL. *Universal G-code sender* merupakan salah satu *software Java* yang berperan penting dalam membuat mesin CNC. Berikut tampilan fitur dari *software Universal G-code sender* :



Gambar 9. Menu utama G-code sender

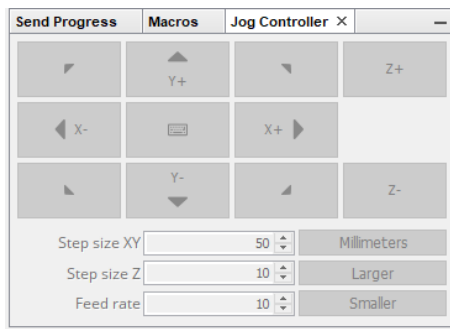
Berikut beberapa fitur yang terdapat pada software universal G-code sender seperti :

- **Tool Bar**



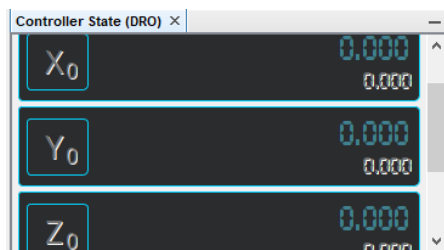
Pada fitur ini terdapat perintah *running software*, mendeteksi vesi GRBL yang sedang mendukung dan perintah stop untuk menghentikan pergerakan mesin yang sedang berjalan.

- **Jog Controller**



Pada fitur ini terdapat *control* untuk menggerakkan Axis X, Y dan Z dengan pergerakan step/mm dan parameter kecepatan (*feed rate*).

- **Controller State**



Pada fitur terdapat tampilan nilai parameter dari pergerakan Axis X, Y dan Z.

4.5 Pengujian Alat

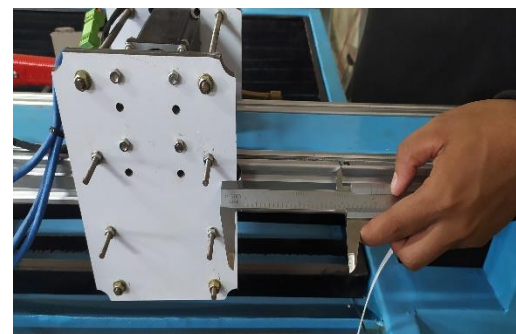
Pengujian pada mesin pemotong pelat logam ini bertujuan untuk menguji ketelitian pergerakan dan ketetapan pola mesin pemotong pelat pada saat memotong benda kerja, dengan memperoleh data settingan parameter dan mengetahui jarak pergerakan posisi mesin saat bekerja.

Berikut hasil data kalibrasi pergerakan yang diperoleh dari percobaan pengujian ketelitian pergerakan Axis X yang diberi nilai *input code* 5mm, dihasilkan *output* pergerakan 10mm. Dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{step/mm} &= 250.000 \frac{\text{Input code}}{\text{Output actual}} \\ \text{step/mm} &= 250.000 \frac{5}{10} \\ &= 125.000 \text{ step/mm} \end{aligned}$$

Tabel 2. Koordinat posisi Axis X

Input code(mm)	Kordinat Awal(mm)	Output code (mm)
0	0	0
150	0	150.040
200	0	200.000
250	0	250.040
300	0	300.000



Gambar 9. Kalibrasi koordinat Axis X dengan jarak 100mm

Berikut hasil data kalibrasi pergerakan yang diperoleh dari percobaan pengujian ketelitian pergerakan Axis Z yang diberi nilai *input code* 2mm, dihasilkan nilai *output* pergerakan 5mm. Persamaan berikut:

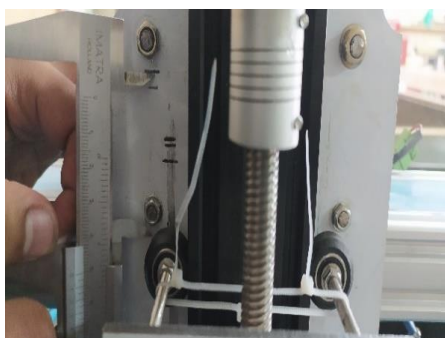
$$\begin{aligned} \text{step/mm} &= 250.000 \frac{\text{Input code}}{\text{Output actual}} \\ \text{step/mm} &= 250.000 \frac{2}{5} \\ &= 100.000 \end{aligned}$$

Tabel 3. Koordinat posisi Axiz Z

Input code(mm)	Kordinat Awal(mm)	Output code (mm)
0	0	0
5	0	5.040
10	0	10.00
15	0	15.040
20	0	20.00



Gambar 11. Proses pemotongan



Gambar 10. Kalibrasi Koordinat Axiz Z jarak 5mm

Tabel 4. Hasil pengujian alat

Ketebalan (mm)	Panjang (mm)	Waktu (s)	Feed rate (mm/rev)	Debit Oksigen & acetyline (kg/cm ²)
1	220	36	10	10
2	320	53	10	10
3	170	57	10	10
4	120	42	10	10
5	200	01:10	10	10
6	130	01:27	5	10
7	125	01:33	5	10
8	85	01:09	5	10
9	100	01:20	5	10
10	80	01:13	5	10

Dari hasil data tabel di atas dimana pemotongan pelat 1mm, panjang 220mm, dengan kecepatan potong 10 mm/rev memerlukan waktu 36 detik. Pemotongan pelat 5 mm, panjang 200 mm dengan kecepatan potong 10 mm/rev memerlukan waktu 1 menit 10 detik dan apabila pemotongan pelat 10mm, panjang 80mm dengan kecepatan potong 5 mm/rev memerlukan waktu 1 menit 13 detik.

Pada proses pemotongan pelat dilakukan beberapa tahap, yaitu mengatur tekanan udara dan tekanan kerja pada regulator sesuai dengan ketebalan pelat yang akan dipotong. Kemudian nyalakan api pada *torch* dan atur keluaran oksigen dan *acetyline* hingga menghasilkan nyala api karburasi. Masukan nilai parameter pemotongan sesuai dengan yang diinginkan pada HMI (*Human Machine Interface*) kemudian tekan tombol *Run* untuk melakukan pemotongan.

4.6 Nyala Api Karburasi Brander Las

Nyala karburasi merupakan jenis nyala api yang mempunyai tekanan gas asetilen lebih besar dibandingkan dengan tekanan gas oksigen. Bentuk nyala api ini terdapat tiga daerah dimana antara kerucut nyala dan selubung luar akan terdapat kerucut antara yang berwarna keputih-putihan. Jenis nyala api ini yang digunakan pada saat akan melakukan pemotongan.

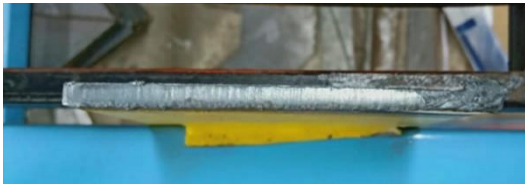


Gambar 12. Nyala api karburasi



Gambar 13. Hasil pemotongan pelat 1mm dengan panjang 120mm

Pemotongan pelat 1mm, panjang 120mm menggunakan kecepatan potong 10 mm/rev dengan tekanan oksigen dan *acetyline* 10 kg/cm² memerlukan waktu 36 detik.



Gambar 14. Hasil pemotongan pelat 5mm dengan panjang 200mm

Pemotongan pelat 5mm, panjang 200mm menggunakan kecepatan potong 10 mm/rev dengan tekanan oksigen dan *acetyline* 10 kg/cm² memerlukan waktu 1 menit 10 detik.



Gambar 15. Hasil pemotongan pelat 10mm dengan panjang 80mm

Pemotongan pelat 10mm, panjang 80mm menggunakan kecepatan potong 10 mm/rev dengan tekanan oksigen dan *acetyline* 10 kg/cm² memerlukan waktu 1 menit 13 detik.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari rancang bangun dan pengujian mesin pemotong pelat, maka penulis dapat menyimpulkan bahwa:

1. Mesin pemotong pelat ini mampu memotong pelat logam dengan maksimal ketebalan 10mm dengan panjang maksimal 1250mm.
2. Pengontrolan mesin pemotong pelat menggunakan 2 mikrokontroler yang dihubungkan

secara komunikasi serial. Mikrokontroler ATmega 328 (*controller 1*) berfungsi sebagai GRBL *controller* yang menerjemahkan *G-code* yang dikirim oleh Arduino. Sedangkan Mikrokontroler ATmega 328 (*controller 2*) menyimpan data pada HMI (*Human Machine Interface*) yang mengatur nilai parameter pemotongan dan sebagai serial *G-code sender*.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini, masih terdapat kekurangan di beberapa aspek dan perlu pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, berikut beberapa saran yang diharapkan dapat dikembangkan kedepannya yaitu:

1. Menambahkan katub atau servo pada pengatur tekanan *oxygen* dan *acetyline* agar dapat diatur secara otomatis.
2. Menggunakan brander las yang lebih berkualitas dan *torch* sesuai dengan ketebalan pelat.

Daftar pustaka

- [1] G.S. Pratama, Hersiswanto, D.R.P Cupu, "Perancangan Alat Pemotong Plat Menggunakan Lax Oxy-Acetylene," JOM FTEKNIK, Vol. 7, Pp. 1-5, 2017.
- [2] M. Zulfikar, A Waskito, A.N Afifah, Nurbaiti, A. Sumpena, "Rancang Bangun Mesin Gerinda Pemotong Material Baja Karbon Dengan Ukuran Maksimum 30 Milimeter," Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin, Pp. 359-366, 2019.
- [3] A.R Hasbi, P.S Eka, Basuki, H.S Fajar, "Rancang Bangun Las (OAW) Oxy Acetylinwelding Berbahan Bakar Gas Acetylin" Reaktom, Vol. 04, Pp. 17-20, 2019.
- [4] M.G. Darmawan, "Pembuatan Rangka Alat Pemotong Pelat Manual Dengan Ketebalan Maksimal 1 mm Dan Panjang Pemotongan Maksimal 200," Politeknik Negeri Bandung, Pp. 17-19, 2017.
- [5] A. Wiranata, M. Muazzam "Rancang Bangun Mesin CNC Pemotong Pelat Logam Dengan Lebar Pemotongan Maksimum 1250 Mm Dan Tebal 5 Mm," Program Studi Teknik Mekatronika Politeknik Bosowa, Pp. 5-10, 2020.
- [6] Suroso, "Rancang Bangun Sistem Mekanik Dua Axis Berbasis Kendali Arduino Untuk Peraga Praktikum.," Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, 2015.
- [7] G. S. Pratama, "Perancangan Alat Pemotong Plat Otomatis Dengan Las Oxy-Acetylene," LOM

FTEKNIK, Vol. 7, Pp. 1-5, 2020.

- [8] Widodo, A. I. Tauvana, "Analisis Pemotongan Logam ST-37 Dengan Mesin Potong Menggunakan Gas Oxy-LPG," Jurnal Program Studi Teknik Mesin, Vol. 9, No. 1, Pp. 58-62, 2020.

- [9] A. Wanggara, Moris, P. G. Simatupang, F. Azmi, "Rancang Bangun Mesin CNC Engraving 3 Axis Berbasis Arduino Uno Dengan Software Grbl" Universitas Medan Area, Vol. 5, No. 3, Pp. 4219-4226, 2018.