

# PENGEMBANGAN SISTEM KONTROL PENGGERAK STANG LAS PADA SLIDING ADAPTIVE TWO AXIS MESIN PENGELASAN SMAW BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO

Surya Dita Prasetya<sup>[1]</sup>, Yohannes<sup>[2]</sup>

Laboratorium Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

<sup>[1]</sup>Suryapradita05@gmail.com, <sup>[2]</sup>Yohanes@lecturer.unri.ac.id

## Abstract

*SMAW (Shield Metal Arc Welding) is a welding technique using electric current that forms a current arc and webbed electrodes. In the SMAW welding process there are parameters that determine the quality of the welding results. This welding handlebar drive control system is made to simplify work, especially in the field of welding and get constant parameters. The research method is used the working principle of CNC 2 axis machines. The CNC 2 axis machine is able to move in the direction of the X and Y axis in the work plane and have high precision and precision. This welding handlebar drive control system is controlled by Universal G-Code Sender software. Making microcontroller-based welding handlebar drive control systems makes changes to the metal welding process easier, because operators only input data as desired. From the test results of the X and Y axis movements get the same results between the program and the actual, X and Y axis joint movements, limit switch testing and sliding movement speed that get results in the form of graphs and Tables.*

**Keywords :** SMAW, Control System, Microcontroller ATmega 328P, Limit Switch, Arduino UNO

## 1. Pendahuluan

Proses pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) terdapat parameter-parameter yang menentukan suatu kualitas hasil pengelasan tersebut, diantaranya adalah pemilihan elektrode, pemilihan arus pada mesin yang harus disesuaikan, serta posisi dan Kecepatan Pengelasan (Welding Speed) yang harus tepat. Parameter-parameter inilah yang menentukan hasil pengelasan, dan hal-hal ini sangat tergantung pada keahlian dari seorang operator atau welder, akan tetapi parameter-parameter ini tidak selalu dapat dicapai oleh seorang operator atau welder yang telah tersertifikasi, di mana setiap operator atau welder melakukan pengelasan dengan cara mereka tersendiri, dengan adanya hal-hal ini menjadikan sulit untuk menentukan suatu parameter kekonstanan dari kecepatan dan posisi pengelasan dari permasalahan tersebut menjadi latar belakang pembuatan mesin las smaw dengan sistem *sliding adaptive* dari penelitian sebelumnya pengembangan sistem *sliding adaptive vertical* pada proses pengelasan SMAW posisi 1F/1G (Suwanda, W. Yohanes. 2018) yang dapat mengatur parameter pengelasan secara kostan, dimana parameter pada penelitian tersebut telah dilakukan penelitian lanjutan yaitu antara lain : *Effects of Electrode Velocity Variations and Selection of Electric Current Against Quality Welding Results Mild Steel on SMAW Welding* (Yohanes, and Harahap, M. A. 2018) dan *Experimental Effect of Angle Variation and Speed Welding Filler Using Vertical Adaptive Sliding System In SMAW Welding* (Yohanes, and Sianipar A. F. 2018) akan tetapi penelitian tersebut memiliki keterbatasan pada sumbu gerak *sliding*

yang hanya vertikal, yang mana pengembangan ini dapat menyelesaikan keterbatasan pada sumbu gerak *sliding* yang mana awal hanya vertikal (Y), menjadi vertikal (Y) dan horizontal (X) dan diperkuat dengan ketelitian dan kepresisian pada alat yang tidak tinggi.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan pembaruan yang berbasiskan mikrokontroler *arduino uno* dengan *ATmega 328P*, dengan penggunaan *Universal G-Code Sender*, *XLOADER* dan *GRBL* berbasiskan *java* sebagai *interface*, kemudian dilakukan pembuat *wiring diagram* untuk memudahkan user mengetahui rangkaian kelistrikan dari sistem kontrol, dan dilanjutkan dengan diadakannya pengujian pada sistem kontrol tersebut. Di mana penelitian ini penting untuk meningkatkan ketelitian dan kepresisian pada rancangan sistem kontrol dengan menggunakan 2 sumbu, dimana ketelitian dan kepresisian dapat dilihat dari hasil pengujian.

## 2. Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan dengan menggunakan metode pengembangan *DFMA* (Design For Manufacturing And Assembly) dapat diartikan sebagai desain suatu produk atau komponen yang dapat memudahkan proses manufaktur dan proses perakitan dengan komponen lain untuk menjadi kesatuan produk (Boothroyd, Geoffrey. 2010).

### 2.1 Sistem Kontrol

Sistem kontrol otomatis adalah suatu susunan alat yang dikonversikan atau diatur untuk menghasilkan gerakan-gerakan atau akibat lain

yang bisa digunakan tanpa pengaturan oleh manusia. Sistem kontrol otomatis dapat terjadi bila terjadi bila sistem tersebut merupakan jaringan tertutup (Closed Loop). Sistem kontrol otomatis merupakan sistem dinamis (berubah terhadap waktu) yang dapat berbentuk linier. Secara matematis kondisi ini dinyatakan oleh persamaan-persamaan yang berubah terhadap waktu (Manalu, F. 2018).

#### 1) *Sliding Adaptive*

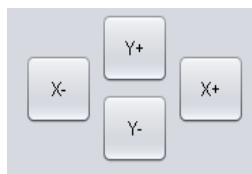
Las dengan kontrol *adaptif* didefinisikan sebagai pengelasan dengan peralatan yang memiliki kontrol sistem otomatis. Sistem ini memilih mikrokontroler sebagai inti *CPU* (Central Processing Unit). Di mana mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program, dan terdiri dari *CPU*, memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *ADC* (Analog-to-Digital Converter) yang sudah terintegrasi di dalamnya yang mana sistem gerak dua sumbu memastikan akurasi dari posisi pengelasan. (W Cheng-Yu, Pi-Cheng Tung, Dan Chyun-Chau Fuh. 2010). Seperti di tunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Automatic SMAW Control System*

#### 2) Sumbu (*Axis*)

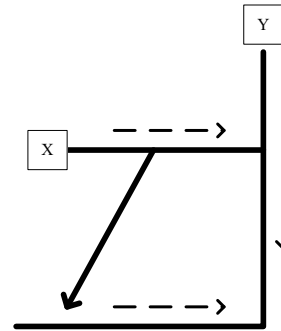
Pada penelitian ini menggunakan prinsip sumbu yang sama dengan mesin *CNC* (Computer Numerical Control) 2 sumbu. Dimana sumbu X bergerak ke arah horizontal dan sumbu Y bergerak ke arah vertikal, dimana 2 sumbu ini didasari pada penelitian sebelumnya (W Cheng-Yu, Pi-Cheng Tung, Dan Chyun-Chau Fuh. 2010) dan sumbu pada *software interface*. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sumbu Mesin *CNC*

#### 3) Pergerakan Elektroda

Pergerakan elektroda pada alat penggerak stang las pada penelitian ini adalah pergerakan gabungan dari pergerakan sumbu X dan Y. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pergerakan Elektroda

#### 4) *Parameter-Parameter Input*

Adapun parameter-parameter yang digunakan adalah sebagai berikut :

##### A. Metode Pemograman

###### a. Absolut

Pemrograman sistem absolut hanya mengacu pada satu titik referensi saja (Rahdiyanta, D. 2016).

###### b. Inkremental

Pemrograman sistem *inkremental* titik referensinya [titik nolnya] selalu berpindah-pindah (Rahdiyanta, D. 2016).

##### B. Kecepatan *Sliding*

##### C. Ukuran Spesimen

#### 5) Mikrokontroler *ATMega 328P*

*ATMega 328P* adalah mikrokontroler keluaran dari *Atmel* yang mempunyai arsitektur *RISC* (Reduce Instruction Set Computer) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur *CISC* (Completed Instruction Set Computer) (Situmorang, M. 2017).

#### 6) *Arduino UNO*

*Arduino uno* ini adalah papan mikrokontroler berdasarkan *ATMega 328P*. *Arduino uno* berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler dimana dengan mudah dapat menghubungkannya ke komputer dengan kabel *USB* atau menyediakannya dengan adaptor *AC* ke *DC* atau menggunakan baterai untuk memulainya. *ATMega 328P* di *arduino uno* hadir dengan *bootloader* yang memungkinkan kita untuk mengunggah kode baru ke *ATMega 328P* tanpa menggunakan program perangkat keras eksternal (Yohanes, and Rozy, F. 2018).

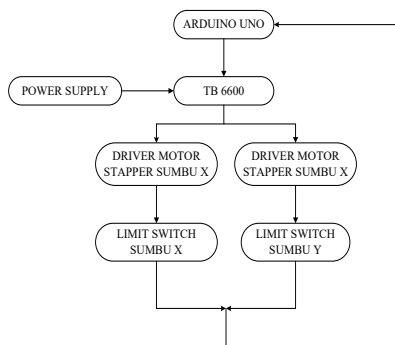
## 2.2 Komponen Sistem Kontrol

Komponen sistem kontrol penggerak stang las pengelasan *SMAW* merupakan perangkat keras yang digunakan untuk mengontrol gerak 2 sumbu. Perangkat tersebut kemudian dirangkai sehingga membentuk rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai penggerak perpindahan stang las searah sumbu X dan sumbu Y pada alat tersebut.

1) *Hardware*

- A. Laptop merupakan pusat perintah utama dimana semua *input* perintah akan disampaikan berasal dari laptop.
- B. *Driver Stapper* Merupakan pengendali pergerakan dari motor stapper.
- C. *Arduino UNO* Mikrokontroller yang telah terdapat *AVRATMega 328P*.
- D. Kipas Proccesor. Merupakan kipas pendingin yang terdapat pada power supply.
- E. *Power Supply* Merupakan perangkat keras (*Hardware*) yang memberikan atau mensuplay arus listrik.
- F. *Limit Switch* Merupakan sensor posisi atau pembatas pergerakan.

Adapun skematik *hardware* seperti di tunjukan pada Gambar 4.



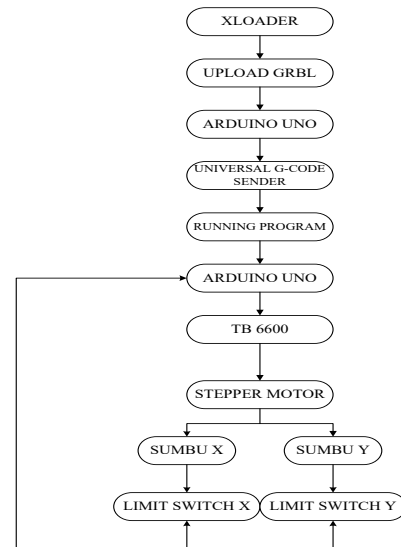
Gambar 4. Skematik *Hardware*

2) *Software*

*Software* pada sistem kontrol berperan sebagai *interface*. Adapun *interface* yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- A. *Universal G-Code Sender* Merupakan *software* untuk mengontrol alat penggerak stang las dengan 2 *sumbu*.
- B. *GRBL(Coding Gate)*. Merupakan *Coding* yang di gunakan untuk penghubung atau *firmware* antara *arduino uno* dengan *software G-Code* yang akan di gunakan (Handoko, Y. 2018).
- C. *XLOADER* Merupakan *software* yang digunakan untuk mengupload *GRBL firmware* ke *arduino uno* (Handoko, Y. 2018).

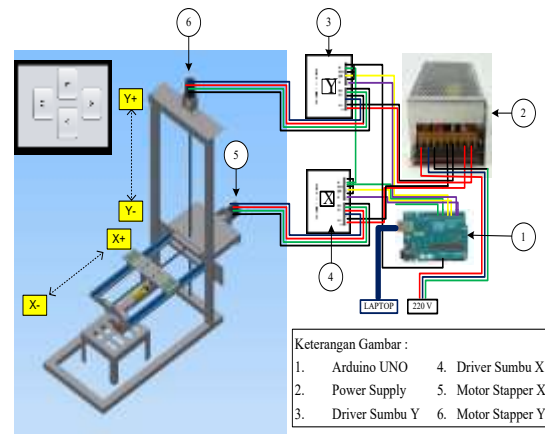
Adapun skematik sistem kontrol seperti di tunjukan pada Gambar 5.



Gambar 5. Skematik Sistem Kontrol

2.3 Prinsip Kerja Alat

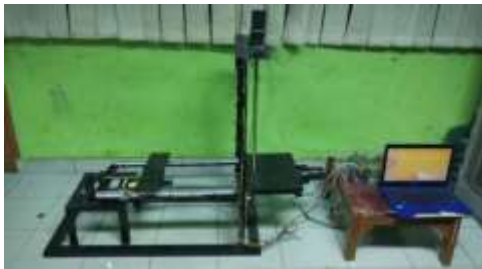
Alat penggerak stang las ini memiliki dua sumbu pergerakan yaitu untuk pergerakan sumbu X (arah melintang) dan pergerakan arah sumbu Y (arah memanjang). Adapun pada prinsip aktualnya untuk stang las di gerakkan dengan putaran motor *stepper*, kemudian putaran motor tersebut diteruskan ke poros ulir yang terdapat pelat pembawa dengan menggunakan kopling, di mana pada pelat tersebut terdapat kedudukan stang las, sehingga stang las tersebut dapat bergerak sesuai dengan *code* yang di *input* melalui laptop searah sumbu X dan Y. Prinsip kerja alat seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Prinsip Kerja Alat

2.4 Perakitan Sistem Kontrol

Perakitan sistem kontrol adalah suatu tahapan dimana dilakukan perakitan dan penghubungan *hardware* dan *software* dengan alat *sliding adaptive two axis* yang telah dahulu dibuat. Seperti ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Alat *Sliding Adaptive Two Axis* dengan Sistem Kontrol



Gambar 8. Sistem Kontrol

## 2.5 Memprogram Sistem Kontrol

Memprogram sistem kontrol adalah suatu tahapan pengaturan awal sistem kontrol yang akan digunakan. Adapun tahapannya sebagai berikut :

### 1) Kalibrasi

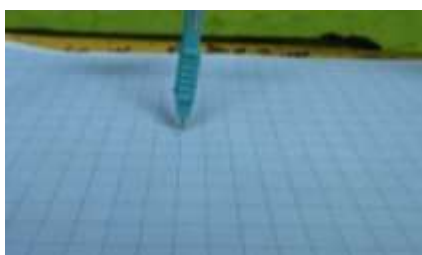
Merupakan langkah yang bertujuan untuk memastikan jarak *input* pada program sama dengan output pada jarak perpindahan aktual.

Pada proses sebelum kalibrasi dengan jarak *input* 1mm pada program mendapatkan jarak perpindahan aktual 6mm. Seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Perpindahan Aktual 6mm

Kemudian dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan jarak *input* 1mm pada program sama dengan 1mm pada jarak perpindahan aktual. Seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Perpindahan Aktual 1mm

### 2) Setting *Limit Switch*

Merupakan langkah yang bertujuan agar *limit switch* terbaca dan terkoneksi pada *arduino uno*.dimana terdapat 2 buah *limit switch* pada masing-masing sumbu, adapun *limit switch* pada sumbu X, seperti ditunjukkan pada Gambar 11. Dan limit pada sumbu Y. Seperti di tunjukkan pada Gambar 12.



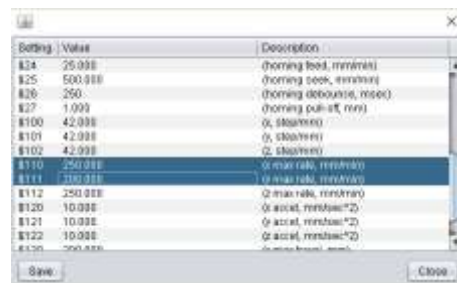
Gambar 11. *Limit Switch* Sumbu X



Gambar 12. *Limit Switch* Sumbu Y

### 3) Mengatur Kecepatan *Sliding*

Merupakan langkah yang bertujuan untuk menentukan kecepatan *sliding* yang diinginkan yaitu dengan cara buka menu *setting* kemudian *firmware setting* lalu *GRBL* , kemudian *scroll* dan cari \$110 (*X Max Rate*) dan \$111 (*Y Max Rate*) kemudian ubah nilai *default* sesuai kecepatan *sliding* yang diinginkan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Menu *Setting Default*

## 3. Hasil

Pada tahapan hasil ini, merupakan tahapan pengujian sistem kontrol yang telah diprogram pada tahapan sebelumnya.

### 3.1 Pengujian Sistem Kontrol

Pengujian sistem kontrol ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem kontrol berkerja dengan baik atau tidak.

#### 1) Pengujian Gerak Sumbu X

Pengujian gerak sumbu X berfungsi untuk memastikan pergerakan pada arah sumbu X. Dari hasil pengujian mendapatkan data berupa Tabel. Seperti ditunjukkan pada Tabel 1 sampai Tabel 3.

Tabel 1. Perpindahan Pergerakan Sumbu X 20mm

No	Input Kode	Pergerakan Aktual
1	G00 X20	20 mm
2	G00 X20	20 mm
3	G00 X20	20 mm

Tabel 2. Perpindahan Pergerakan Sumbu X 40mm

No	Input Kode	Pergerakan Aktual
1	G00 X40	40 mm
2	G00 X40	40 mm
3	G00 X40	40 mm

Tabel 3. Perpindahan Pergerakan Sumbu X 60mm

No	Input Kode	Pergerakan Aktual
1	G00 X60	60 mm
2	G00 X60	60 mm
3	G00 X60	60 mm

#### 2) Pengujian Gerak Sumbu Y

Pengujian gerak sumbu Y berfungsi untuk memastikan pergerakan pada arah sumbu Y. Dari hasil pengujian mendapatkan data berupa Tabel. Seperti ditunjukkan pada Tabel 4 sampai Tabel 6.

Tabel 4. Perpindahan Pergerakan Sumbu Y 30mm

No	Input Kode	Pergerakan Aktual
1	G00 Y30	30 mm
2	G00 Y30	30 mm
3	G00 Y30	30 mm

Tabel 5. Perpindahan Pergerakan Sumbu Y 50mm

No	Input Kode	Pergerakan Aktual
1	G00 Y50	50 mm
2	G00 Y50	50 mm
3	G00 Y50	50 mm

Tabel 6. Perpindahan Pergerakan Sumbu Y 70mm

No	Input Kode	Pergerakan Aktual
1	G00 Y70	70 mm
2	G00 Y70	70 mm
3	G00 Y70	70mm

#### 3) Pengujian Pergerakan Gabungan X dan Y

Pengujian gerak Gabungan X dan Y berfungsi untuk melihat pergerakan gabungan dari stang las pada arah gabungan sumbu X dan Y, dengan jarak *input* X100 Y-100. Dari hasil pegujian mendapat data berupa pergerakan stang las. Seperti ditunjukkan pada Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14. Pergerakan Stang Las



Gambar 15. Pengukuran Pergerakan Stang Las

#### 4) Pengujian *Limit switch* Sumbu X

Pengujian *limit switch* sumbu X berfungsi untuk melihat apakah *limit switch* yang terdapat pada sumbu Y berkerja dengan baik pada program. Dari hasil pengujian mendapatkan hasil bahwa *limit switch* berkerja dengan baik. Seperti ditunjukkan pada Gambar 16.

```

...
*** G00 X120
ok
ALARM: Hard limit
[Reset to continue]

G00 Y30 [F] for help
[F] [F] to unlock
*** $X
[Caution: Unlocked]
ok
    
```

Gambar 16. *Alarm Hard Limit* Sumbu X

#### 5) Pengujian *Limit switch* Sumbu Y

Pengujian *limit switch* sumbu Y berfungsi sama hal pada pengujian *limit switch* sumbu X dimana berfungsi untuk melihat apakah *limit switch* yang terdapat pada sumbu Y berkerja dengan baik pada program. Dari hasil pengujian mendapatkan hasil bahwa *limit switch* berkerja dengan baik. Seperti ditunjukkan pada Gambar 17.

```

*** G00 Y130
ok
ALARM: Hard limit
[Reset to continue]

G00 X100 [F] for help
[F] [F] to unlock
*** $Y
[Caution: Unlocked]
ok
    
```

Gambar 17. *Alarm Hard Limit* Sumbu Y

6) Pengujian Kecepatan *Sliding* Sumbu X

Pengujian kecepatan pergerakan sumbu X berfungsi untuk membandingkan kecepatan pergerakan pada program sebagai *input*, dengan melihat kecepatan pergerakan secara aktual sebagai *output*, dengan memvariasikan kecepatan tetapi dengan jarak perpindahan tetap, dimana jarak perpindahan adalah jarak antar *limit switch* pada sumbu X. Dari hasil pengujian mendapatkan data berupa Tabel. Seperti ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Kecepatan Sliding Aktual

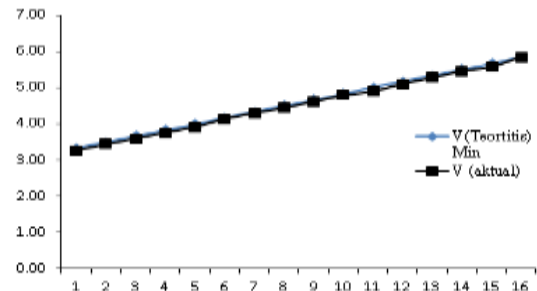
Perpindahan	V (Setting) mm/min	T (Aktual) s	V (aktual) mm/s
485 mm	200	146	3.32
485 mm	210	141	3.44
485 mm	220	133	3.65
485 mm	230	128	3.79
485 mm	240	122	3.98
485 mm	250	117	4.15
485 mm	260	113	4.29
485 mm	270	109	4.45
485 mm	280	105	4.62
485 mm	290	101	4.80
485 mm	300	98	4.95
485 mm	310	94	5.16
485 mm	320	91	5.33
485 mm	330	88	5.51
485 mm	340	86	5.64
485 mm	350	83	5.84

Tabel 8. Kecepatan Sliding Teoritis

Perpindahan	V (Setting) mm/min	Total Putaran (rev)	V (Teoritis) mm/s
485 mm	200	95.47	3.333
485 mm	210	95.47	3.500
485 mm	220	95.47	3.667
485 mm	230	95.47	3.833
485 mm	240	95.47	4.000
485 mm	250	95.47	4.167
485 mm	260	95.47	4.333
485 mm	270	95.47	4.500
485 mm	280	95.47	4.667
485 mm	290	95.47	4.833
485 mm	300	95.47	5.000
485 mm	310	95.47	5.167

485 mm	320	95.47	5.333
485 mm	330	95.47	5.500
485 mm	340	95.47	5.667
485 mm	350	95.47	5.833

Dan data penelitian berupa Grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Grafik Perbandingan Kecepatan Teoritis Dan Aktual Sumbu X

7) Pengujian Kecepatan *Sliding* Sumbu Y

Pengujian kecepatan pergerakan sumbu Y berfungsi untuk membandingkan kecepatan pergerakan pada program sebagai *input*, dengan melihat kecepatan pergerakan secara aktual sebagai *output*, dengan memvariasikan kecepatan tetapi dengan jarak perpindahan tetap, dimana jarak perpindahan adalah jarak antar *limit switch* pada sumbu Y. Dari hasil pengujian mendapatkan data berupa Tabel. Seperti ditunjukkan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

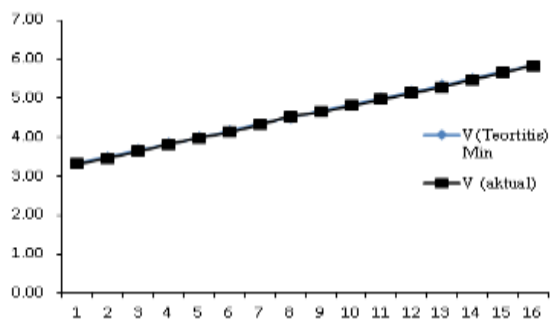
Tabel 9. Kecepatan *Sliding* Aktual

Perpindahan	V (Setting) mm/min	T (Aktual) s	V (aktual) mm/s
740 mm	200	223	3.32
740 mm	210	214	3.46
740 mm	220	203	3.65
740 mm	230	194	3.81
740 mm	240	186	3.98
740 mm	250	179	4.13
740 mm	260	171	4.33
740 mm	270	163	4.54
740 mm	280	159	4.65
740 mm	290	154	4.81
740 mm	300	149	4.97
740 mm	310	144	5.14
740 mm	320	140	5.29
740 mm	330	135	5.48
740 mm	340	131	5.65
740 mm	350	127	5.83

Tabel 10. Kecepatan *Sliding* Teoritis

Perpindahan	V (Setting) mm/min	Total Putaran (rev)	V (Teoritis) mm/s
740 mm	200	145.66	3.333
740 mm	210	145.66	3.500
740 mm	220	145.66	3.667
740 mm	230	145.66	3.833
740 mm	240	145.66	4.000
740 mm	250	145.66	4.167
740 mm	260	145.66	4.333
740 mm	270	145.66	4.500
740 mm	280	145.66	4.667
740 mm	290	145.66	4.833
740 mm	300	145.66	5.000
740 mm	310	145.66	5.167
740 mm	320	145.66	5.333
740 mm	330	145.66	5.500
740 mm	340	145.66	5.667
740 mm	350	145.66	5.833

Dan data penelitian berupa Grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Grafik Perbandingan Kecepatan Teoritis Dan Aktual Sumbu Y

#### 4. Pembahasan

Adapun beberapa pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah : Pengujian pergerakan sumbu X dan Y. Seperti ditunjukkan pada Tabel 1-3 untuk sumbu X dan Tabel 4-6 untuk sumbu Y dimana dilakukan pengujian 20mm, 40mm, dan 60mm untuk sumbu X dan 30mm, 50mm, dan 70 mm untuk sumbu Y mendapatkan hasil yang sama antara jarak input program dengan jarak pergerakan aktualnya.

Pengujian pergerakan gabungan dengan memberikan *input* jarak dengan nilai Sumbu X100mm dan Y-100mm dimana mendapatkan grafik pergerakan stang las, kemudian dilakukan pengukuran dan mendapatkan hasil sesuai antara

program dan aktualnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 14-15.

Pengujian *limit switch* sumbu X dan Y, dimana mendapatkan hasil bahwa *limit switch* bekerja dengan baik. Seperti ditunjukkan pada Gambar 16-17.

Pengujian kecepatan *sliding* sumbu X dan Y, dimana jarak perpindahan adalah jarak antar limit switch pada masing-masing sumbu baik pada sumbu X maupun Sumbu Y. Dimana mendapatkan hasil berupa Tabel. Seperti ditunjukkan pada Tabel 7-8 untuk sumbu X, Tabel 9-10 untuk sumbu Y, dan Grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 18 untuk sumbu X dan Gambar 19 untuk sumbu Y.

#### 5. Simpulan

Pada pengembangan sistem kontrol penggerak stang las pada penelitian ini telah mendapatkan hasil pembaruan dari sistem kontrol terdahulu, dimana dapat dinyatakan bahwa sistem kontrol bekerja dengan baik dengan penggunaan *Universal G-Code Sender*. Sistem kontrol memiliki rangkaian berupa *wiring diagram*, dan telah dilakukan pengujian pergerakan, *pengujian limit switch* dan pengujian kecepatan *sliding* mendapatkan hasil yang sama antara program dan aktualnya.

#### Daftar Pustaka

- Boothroyd, G. 2010. *Product Design For Manufacture And Assembly*. Edisi 3. Marcel Dekker Inc. New York-USA
- Handoko, Y. 2018. Perancangan Dan Pembuatan Sistem Kontrol Penggerak Torch Potong Las Oxy-Acetylene Dengan Sistem Ulir Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Skripsi*. Universitas Riau, Riau.
- Manalu, F. 2018. Studi Tentang Feed Water Control pada Boiler di PLTU Unit III Dan IV Belawan. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rahdiyanta, D. 2016. Perancangan Mesin CNC Portabel. *Skripsi*. Universitas Muria Kudus, Kudus.
- Situmorang, M. 2017. Rancang Bangun Penjaga Jarak 10 Meter Antara Ibu Dan Anak Memanfaatkan Bluetooth Hc-06 Berbasis Mikrokontroler ATmega 328. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Suwanda, W. Yohanes. 2018. Pengembangan Sistem Sliding Adaptive Vertical Pada Proses Pengelasan SMAW Posisi 1G/1F. *Jurnal Online Mahasiswa FT UNRI*. 5.

- Wu, C. Y. Tung, P. C. and Fuh, C. C. 2010 Development Of An Automatic Arc Welding System Using An Adaptive Sliding Mode Control. *Jurnal International Manufacture*. 21:355-362.
- Yohannes, and Harahap, M. A. 2018. Effects of Electrode Velocity Variations and Selection of Electric Current Against Quality Welding Results Mild Steel on SMAW Welding. *Journal of ocean Mechanical And Aerospace-Science and Engineering*. (57)1: 12-16.
- Yohanes, and Rozy, F. 2018. Development of Dynamometer Based Strain Gauge Sensor with Type Four Profile-H Plate for Cutting Force Measurement on Lathe Machine. *Journal of ocean Mechanical And Aerospace-Science and Engineering*. (1) 1: 1-3
- Yohanes, and Sianipar, A. M. 2018. Experimental Effect of Angle Variation and Speed Welding Filler Using Vertical Adaptive Sliding System In SMAW Welding. *Journal of ocean Mechanical And Aerospace-Science and Engineering*. 58.