

PENGEMBANGAN SISTEM *AUTOMATIC SLIDING ADAPTIVE TWO AXIS* PADA MESIN PENGELASAN SMAW

Johannes Riomanto Nainggolan^[1], yohanes^[2]

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

^[1]nainggolanjohannes30@gmail.com, ^[2]yohanes@lecturer.unri.ac.id

Abstract

Welding of automatic sliding adaptive two-axis systems is defined as welding Automatic with equipment that has a control system that automatically determines changes in welding conditions and acts under the equipment with adjustable actions to make adjustments to SMAW 1G and 1F welding positions. In the development of this study using the development method of DFMA (Desing for production and assembly) that can be interpreted as the design of a product or component that can facilitate the production process and the assembly process with other components to become a product unit. This welding uses the X and Y coordinate system. An axis is used to control the movement of the space in the X direction. The other is to move the perpendicular position in the direction of the Y axis. In addition, two opposite coordinate systems can be activated to apply two-way growth together welding. The development of sliding adaptive two-axis machines includes the design, manufacture of tools, testing of sliding adaptive two-axis machines, and testing of welding results based on visual savings and penetrant testing. The parameters are used are hem of v with an angle of 60, the current uses 90 Amper and the welding speed controlled by Arduino Uno with 4.34 rpm stepper motor, the material used is low-carbon steel. Liquid penetration tests are performed on 3 samples, the least of which are welding defects, namely in sample A compared to sample C.

Keywords : SMAW Welding, Sliding Adaptive Two-Axis, Penetrating Tests

1. Pendahuluan

Pengelasan dalam konstruksi sangatlah luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, saluran pipa dan lain sebagainya. Teknologi pengelasan merupakan salah satu bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam teknologi manufaktur. (Duniawan, A. 2015)

Dalam pengerjaan pengelasan kita harus memperhatikan kesesuaian pada konstruksi las agar tercapai hasil yang maksimal, untuk itu tentunya kita selalu membutuhkan tenaga ahli pengelasan atau biasa disebut *Welding Engineer* yang telah memiliki sertifikasi, akan tetapi seorang *Welding Engineer* tidak bisa memastikan sudut, posisi dan kecepatan pengelasan yang sesuai dan stabil. (Yohanes, dan Alfrets Maradesianipar. 2018)

Pada penelitian Yohanes dan Harahap, M, A. telah melakukan penelitian lanjut dimana parameter pada penelitian tersebut yaitu polaritas arus pengelasan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang bagus sesuai dengan standar pengelasan yaitu *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)

Oleh sebab itu dibuat suatu mesin yang akan memudahkan *weld engineering* untuk mengetahui parameter-parameter pada pengelasan, antara lain parameter kecepatan pengelasan dan ketepatan

posisi pengelasan, dan juga mengurangi resiko kecelakaan pada *weld engineering* saat melakukan pengelasan yang langsung bersentuhan dengan mesin las dan benda kerja, sehingga riskan terjadinya resiko kecelakaan dan resiko kesehatan pada welder, dimana dalam kondisi seperti ini akibatnya yang terjadi pada operator adalah panas yang diterima dari mesin las dan benda kerja sampai pada temperatur leleh logam ($\pm 1.300^{\circ}C$), sedangkan resiko proses pengelasan lainnya adalah asap yang timbul dari proses pengelasan tersebut yang akan menimbulkan efek pada pernapasan operator las. (Wiryo Sumarto, H. 2000)

W.Cheng-Yu, Pi-Cheng Tung, dan Chyun-Chau Fuh, telah melakukan penelitian sistem pengelasan otomatis menggunakan mode kontrol lintasan adaptif (*adaptive sliding mode control*) untuk mendapatkan kualitas hasil las yang baik serta mengurangi biaya tenaga operator yang bersertifikasi pengelasan. (W.Cheng-Yu, 2010)

Pada tahun 2018 Windodo Suwanda telah melakukan pengembangan sistem pengelasan otomatis dari W.Cheng-Yu, Pi-Cheng Tung, dan Chyun-Chau Fuh, yaitu dengan mengembangkan salah satu dinamometer untuk pengembangan mesin *sliding adaptive vertical* pada pengelasan SMAW dengan posisi 1G/1F. Pengembangan mesin *sliding adaptive vertical* meliputi desain, pembuatan, pengujian mesin *sliding adaptive*

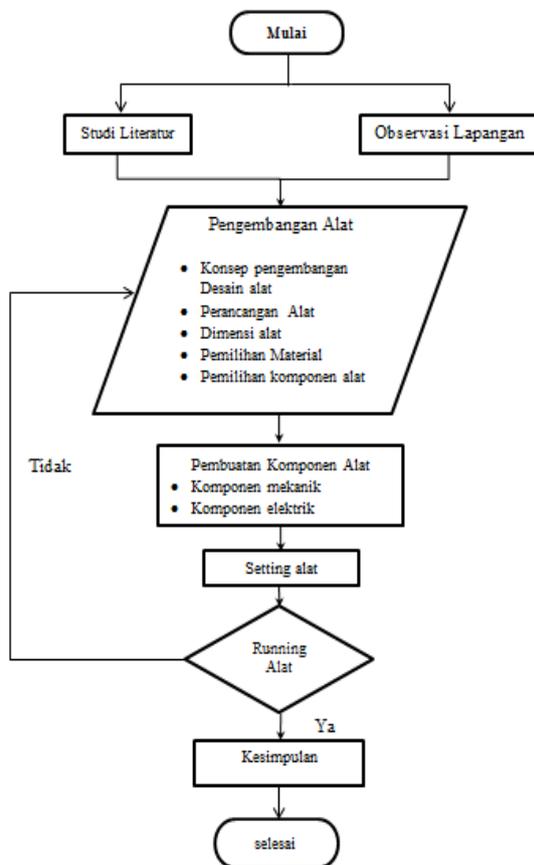
vertical, dan pengujian hasil pengelasan dengan uji tarik dan uji penetrasi. (Widodo, S. 2018)

Berdasarkan uraian di atas perlu dilakukan aplikasi pengembangan dari sistem pengelasan otomatis *sliding adaptive vertical* (Widodo, 2018) menggunakan mode kontrol lintasan adaptif dengan penambahan dua sumbu pergerakan kedalam pengembangan sistem *sliding adaptive two axis* untuk mengetahui parameter-parameter pengelasan dan ketepatan posisi pengelasan dengan melakukan pembaharuan sistem mekanisme agar memudahkan untuk melakukan pengelasan dan mengurangi resiko kecelakaan saat melakukan pengelasan.

2. Metodologi

Penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* (R&D) adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat di pertanggung jawab. (Santoso, J. 2006)

Pada penelitian ini pengembangan yang dilakukan berupa penambahan rangka, penambahan gerak sumbu (*two axis*), sistem mekanisme, dan penambahan komponen pendukung. Adapun tahap pelaksanaan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan dengan menggunakan metode pengembangan DFMA

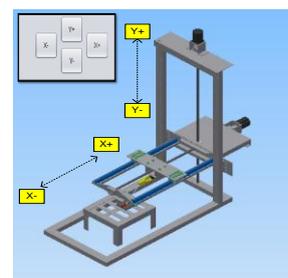
(Design for Manufacturing and Assembly) dimana DFMA dapat diartikan sebagai desain suatu produk atau komponen yang dapat memudahkan proses manufaktur dan proses perakitan dengan komponen lain untuk menjadi kesatuan produk. (Boothroyd, Geoffrey. 2010)

2.1 Mesin *Sliding Adaptive Two Axis*

Mesin *sliding adaptive two axis* adalah mesin pengelasan dengan peralatan yang memiliki kontrol sistem yang secara otomatis menentukan perubahan kondisi pengelasan dan bertindak di bawah peralatan dengan tindakan disesuaikan untuk melakukan penyesuaian. Dalam proses ini, sensor yang digunakan untuk mendeteksi masalah yaitu controller yang dapat melakukan perubahan yang diperlukan dalam parameter pengelasan, secara real time, untuk menghasilkan lasan yang baik dan jenis pengelasan dilakukan tanpa intervensi dan pengawasan manusia.

2.2 Prinsip Kerja Mesin *Sliding Adaptive Two Axis*

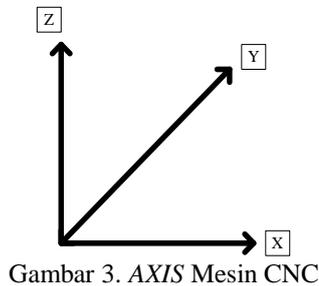
Pengelasan dengan menggunakan mesin las SMAW otomatis menggunakan sistem *sliding adaptive two axis* ini tergolong lebih stabil pergerakannya dibandingkan dengan proses pengelasan secara manual, dimana prinsip kerja dari Mesin Las SMAW otomatis menggunakan sistem *sliding adaptive* ini yaitu, menginput *code* pada program arduino di laptop dengan menekan tombol arah sumbu pergerakan sehingga alat digerakkan dengan putaran motor *stepper*, kemudian putaran motor tersebut diteruskan ke poros ulir (*ballscrew*) melalui *coupling*, di mana pada pelat *tool holder* tersebut terdapat pemegang stang las (*torch*) SMAW, sehingga stang las (*torch*) tersebut dapat bergerak sesuai dengan *code* yang di *input* melalui program arduino searah sumbu Y & Z (*vertical* dan *horizontal*), sementara elektroda yang telah terhubung dengan stang las (*torch*) akan melakukan proses pengelasan ketika ujung elektroda menyentuh permukaan spesimen, dan arah pengelasan akan mengikuti pergerakan dari stang las (*torch*), baik secara vertikal (atas & bawah) maupun horizontal (depan & belakang). Prinsip kerja mesin *sliding adaptive two axis* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Disain *Sliding Adaptive Two Axis*

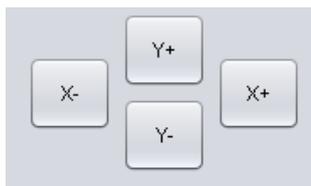
2.3 Sumbu Pergerakan (Axis)

Pada dasarnya alat penggerak stang las mesin pengelasan SMAW ini memiliki prinsip yang sama dengan mesin CNC (Computer numerical Control) salah satunya adalah Axis. Axis yang terdapat pada mesin CNC terbagi 3 yaitu Axis X, Y dan Z. Seperti terlihat pada Gambar 3. (Dipayan, D. S. Mondal, 2016)



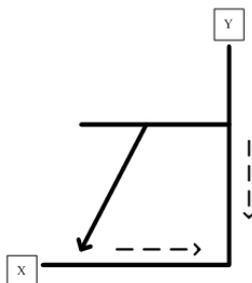
- 1) Sumbu X adalah bergerak ke arah *Horizontal*
- 2) Sumbu Y adalah bergerak ke arah *Melintang*
- 3) Sumbu Z adalah bergerak ke arah *Vertikal*

Dimana pada alat penggerak stang las ini axis yang digunakan sebanyak dua axis yaitu sumbu X dan Z, tetapi pada aktualnya pada *interface* yang digunakan sumbu Y adalah bergerak ke arah *Vertikal*, sehingga pada alat penggerak stang las ini Axis yang digunakan menjadi Sumbu X dan Y. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Axis Interface*

Pergerakan elektroda pada alat penggerak stang las ini dapat dilihat seperti pada Gambar 5.

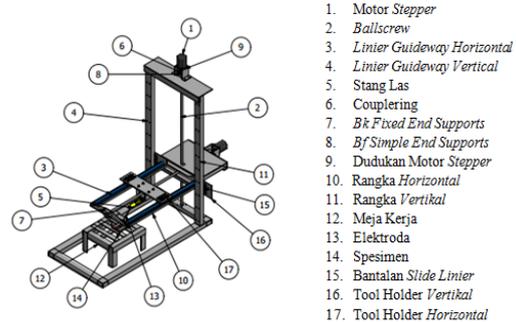


Gambar 5. *Skema Pergerakan Elektroda*

Pergerakan elektroda adalah gabungan dari pergerakan 2 Axis yaitu Axis X dan Y, dimana pada axis X merupakan pergerakan horizontal dan Y pergerakan vertikal.

3. Hasil

Dari hasil pembuatan Mesin *Sliding Adaptive Two Axis* maka telah dihasilkan sebuah mesin pengelasan otomatis *sliding adaptive* yang memiliki spesifikasi panjang 1000 mm, lebar 500 mm dan tinggi 1000 mm yang berbasis sistem arduino UNO, dan juga beberapa komponen pendukung seperti motor *stepper*, *ballscrew*, *linier guideway* dan lainnya yang dapat terlihat pada Gambar 6.

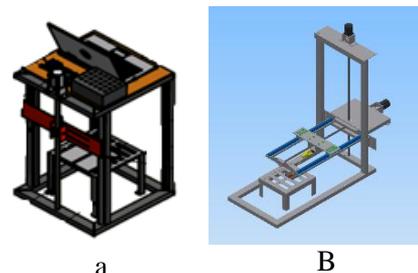


Gambar 6. *Desain Mesin Sliding Adaptive Two Axis*

3.1 Perbaikan Desain

Pada produk Mesin *Sliding Adaptive Vertikal* masih ada komponen yang dapat dioptimalkan lagi dalam manufaktur dan perakitannya. Dalam melakukan perbaikan desain, ada beberapa prinsip yang harus dipenuhi untuk memperbaiki suatu proses perakitan antara lain adalah mengurangi dan meminimalisasi jumlah komponen, menggunakan komponen yang mudah dalam dirakit bersamaan.

Untuk mengoptimalkan desain sebelumnya maka dilakukan perbaikan desain. Pada Gambar 7 merupakan pengembangan desain rangka.



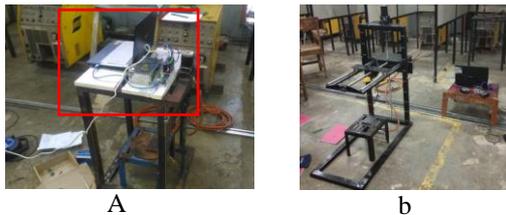
Gambar 7. (a) *Desain Widodo (2018)*, (b) *Hasil Pengembangan*

Desain pada Gambar 7 (a) mengalami perubahan pada rangka, yakni penambahan rangka menjadi dua sumbu yaitu sumbu vertikal dan horizontal, dan juga rangka yang tidak berfungsi di hilangkan karena dapat mengganggu ketika melakukan pengujian pengelasan, serta penambahan dimesin yang lebih luas untuk menjangkau spesimen yang ukuran lebih besar dan panjang, adapun penghilangan rangka dari sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangka *Sliding Adaptive* (a) Widodo (2018), (b) Pengembangan

Penghilangan rangka tersebut bertujuan untuk memudahkan spesimen agar lebih leluasa masuk kedalam area pengelasan dan memudahkan penggantian elektroda yang telah habis saat dilakukan pengelasan di area pengelasan.



Gambar 9. Mesin *Sliding Adaptive* (a) Widodo (2018), (b) Pembaharuan

Pada Gambar 9, desain tempat peletakan laptop dihilangkan dikarenakan kurang efisien ketika melakukan pengelasan, asap dan cahaya ultraviolet dari pengelasan yang terkena langsung pada operator yang dimana akan membahayakan kesehatan operator tersebut.

Dapat dilihat pada Gambar 7, merupakan perbandingan desain produk awal dengan desain yang telah dilakukan pengembangan menjadi dua axis (*vertikal* dan *horizontal*) yang dimana memungkinkan alat tersebut lebih efisien jangkauan pengelasan di area pengelasan tanpa merubah posisi dari spesimen.

3.2 Hasil Pengelasan Sliding Adaptive Two Axis

Keberhasilan dari sebuah alat tidak luput dari hasil produk yang dihasilkan oleh alat tersebut, pada Mesin *Sliding Adaptive Two Axis* ini di peroleh hasil pengelasan yang telah sesuai dengan standar pengelasan, berikut hasil pengelasan yang diperoleh dari mesin *sliding adaptive two axis* baik pada posisi 1G dan 1F dan hasil pengelasan maksimal yang di peroleh mesin *sliding adaptif two axis* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Pengelasan Mesin Sliding Adaptive (a) Widodo (2018), (b) Pembaharuan

Pada Gambar 10, pengujian dilakukan dengan berbagai posisi pengelasan (1G dan 1F) dan juga panjang pengelasan yang berbeda yakni:

- 1) Spesimen A, Pengelasan ini dilakukan dengan posisi 1G dengan sudut 70° serta arus 90A, dengan waktu 32,09 detik, kecepatan pengelasan 3.29 mm/s. Dimana pengujian dengan spesimen yang digunakan adalah pelat baja karbon rendah / *mild steel* dengan ukuran $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$, dan paku elektroda yang dihabiskan sebanyak 1 batang elektroda ESAB (Weld 46.00 - 3.2 x 350 mm), dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Pengelasan Posisi 1G

- 2) Spesimen B, Pengelasan ini dilakukan dengan posisi 1F yang dimana spesimen berbentuk huruf T dengan sudut 70° serta arus 90A, dengan waktu 29,12 detik, kecepatan pengelasan 3.1 mm/s. Adapun hasil pengelasan spesimen B dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Pengelasan Posisi 1F

- 3) Spesimen C, Pengelasan ini dilakukan dengan posisi 1G dengan sudut 70° serta arus 90A, dengan waktu 187,18 detik, kecepatan pengelasan 18,24 mm/s dengan kecepatan motor stepper 4,34 rpm. yang dimana pengelasan ini merupakan pengelasan maksimal dari mesin *sliding adaptive two axis*, dapat dilihat pada Gambar 13 merupakan hasil maksimum pengelasan mesin *sliding adaptive two axis*.



Gambar 13. Hasil Pengelasan Maksimal 1G

3.3 Total Maximum Pengelasan Sliding Adaptive Two Axis

Pada Mesin *Sliding Adaptive Two Axis* dengan memiliki spesifikasi panjang 1000 mm dan lebar 500 mm dan tinggi 1000 mm, mampu melakukan pengelasan sepanjang 600 mm dengan menggunakan spesimen baja karbon rendah (100 mm x 100 mm x 8 mm) disepanjang area pengelasan dengan total elektroda (ESAB Weld 46.00 - 3.2 x 350 mm) sebanyak 7 batang elektroda, yang dimana dengan total area tersebut dapat membantu welder untuk pengelasan lebih cepat dan efisiensi, adapun hasil panjang pengelasan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Panjang Total Pengelasan

4. Pembahasan

Hasil dari penelitian ini berupa hasil pengujian dari *visual test* (uji visual), *liquid penetrant* (penetrant test), yang berdasarkan hasil dari pengelasan mesin sliding adaptive two axis dengan posisi 1G dan 1F.

4.1 Masukan Panas (*Heat Input*)

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi juga oleh arus las, tegangan dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang dikenal dengan *Heat Input* (masukan panas). Persamaan masukan panas hasil penggabungan ketiga parameter dituliskan sebagai berikut :

$$HI(heat\ input) = \frac{\eta \times Tegangan\ Las \times Arus\ Las}{Kec.Pengelasan}$$

HI = *Heat Input* (J/mm)

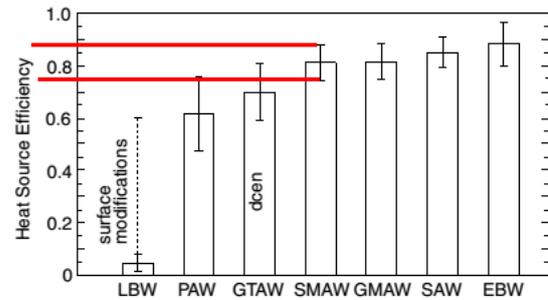
η = Efisiensi (%)

E = *Voltage busur* (volt)

I = Arus listrik (*ampere*)

V = Kecepatan pengelasan (mm/detik)

Nilai efisiensi tergantung dari jenis pengelasan yang digunakan. Gambar 15 Menunjukkan nilai efisiensi *heat input* untuk jenis pengelasan yang digunakan.



Gambar 15. Efisiensi *heat input* proses pengelasan (Wiley, J. Inc.2003)

- Menentukan *heat input* pada spesimen A

$$HI(heat\ input) = \frac{\eta \times Tegangan\ Las \times Arus\ Las}{Kec.Pengelasan}$$

$$HI(heat\ input) = \frac{0,8 \times (22\ V) \times (90A)}{3,29\ mm/s}$$

$$HI(heat\ input) = 481,45\ (J/mm)$$

- Menentukan *heat input* pada spesimen B

$$HI(heat\ input) = \frac{\eta \times Tegangan\ Las \times Arus\ Las}{Kec.Pengelasan}$$

$$HI(heat\ input) = \frac{0,8 \times (22\ V) \times (90A)}{3,1\ mm/s}$$

$$HI(heat\ input) = 510,96\ (J/mm)$$

- Menentukan *heat input* pada spesimen C

$$HI(heat\ input) = \frac{\eta \times Tegangan\ Las \times Arus\ Las}{Kec.Pengelasan}$$

$$HI(heat\ input) = \frac{0,8 \times (22\ V) \times (90A)}{18,24\ mm/s}$$

$$HI(heat\ input) = 86,84\ (J/mm)$$

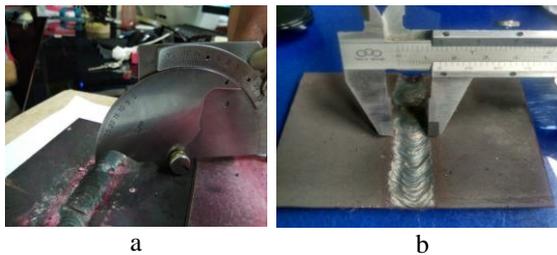
Tabel 1. Masukan Panas (*Heat Input*)

No	Spesimen	Tegangan		Efisiensi (%)	Heat input (J/mm)
		Busur Elektroda (V)	Kecepatan pengelasan (mm/detik)		
1	A	22	3,29	4,34	481,45
2	B	22	3,1	4,34	510,96
3	C	22	18,24	4,34	86,84

4.2 Uji Visual

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui lebar dimensi hasil pengelasan yang terjadi pada spesimen, pada pengujian ini menggunakan alat ukur welding gauge dan jangka sorong yang merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui dimensi dari persiapan pengelasan seperti sudut bevel, lebar gap dan juga untuk mengetahui dimensi hasil pengelasan seperti tinggi capping, tinggi root penetration, mengukur fillet weld (leg length, actual throat thickness) serta

untuk mengukur kedalaman cacat undercut dan lain lain, pengukuran hasil pengelasan menggunakan alat ukur welding gauge dan jangka sorong dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Pengukuran dimensi pengelasan (a) Spesimen C (b) Spesimen A

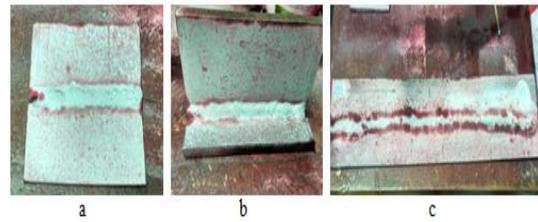
Tinggi pengelasan mempunyai standar syarat keberterimaan, jika menurut standar ISO tinggi reinforcement ini maksimal 2 mm, namun beberapa standar yang lain ada yang maksimal 3 mm dan minimal 0 atau sejajar dengan base metal, dan pada penelitian ini pengukuran lebar pengelasan menggunakan jangka sorong yakni dengan standar lebar pengelasan sebesar 3 kali diameter elektroda. Dapat dilihat pada Tabel 2 merupakan hasil pengukuran lebar pengelasan las.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Lebar Pengelasan

No	Spesimen	Arus Listrik (A)	Sudut (Θ) $^{\circ}$	Kecepatan Putaran Motor Stepper (rpm)	Lebar Pengelasan			
					1	2	3	Rata-rata (mm)
1	A	90	70	4.34	13.00	14.20	14.40	13.86
2	B	90	70	4.34	11.20	10.50	10.60	10.76
3	C	90	70	4.34	12.50	10.20	14.50	12.40

4.3 Cacat Pengelasan

Dari hasil pengelasan yang terjadi terdapat cacat pada pengelasan yaitu cacat Porositas dan undercut, pada cacat porositi merupakan sebuah cacat pengelasan yang berupa sebuah lubang lubang kecil pada weld metal (logam las), dapat berada pada permukaan maupun didalamnya. salah satu jenis cacat pengelasan yang disebabkan karena terkontaminasinya logam las dalam bentuk gas yang terperangkap sehingga di dalam logam las terdapat rongga- rongga maupun kotoran yang terperangkap, sedangkan *Undercut* merupakan cacat sebuah alur (*groove*) benda kerja yang mencair dan terletak pada tepi lasan manik-manik las di mana alur benda kerja yang mencair tersebut tidak terisi oleh cairan las. *Undercut* menyebabkan slag terjebak di dalam alur yang tidak terisi oleh cairan las.



Gambar 17. Cacat Pengelasan

5 Simpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian yang dilakukan secara ekperimental dengan melakukan pengembangan sistem *Sliding Adaptive Two Axis* pada pengelasan SMAW posisi 1G/1F yang dimana pengembangan ini berupa pengembangan desain rangka, penambahan sumbu pergerakan (2 axis), sistem mekanisme, dan penambahan komponen penunjang. Pengembangan *Sliding Adaptive Two Axis* ini dilakukan dengan menggunakan komponen seperti: motor *stepper*, *slide guidway*, *ball screw*, *arduino* serta motor driver.
- 2) Berdasarkan pengembangan Mesin *Sliding Adaptive Two Axis* pergerakan elektroda adalah gabungan dari pergerakan 2 Axis yaitu Axis X dan Y, dimana dari pergerakan 2 Axis ini dapat melakukan pengelasan dengan posisi 1G dan 1F yang memiliki pengontrol cerdas untuk secara otomatis melakukan pengelasan.
- 3) Dari hasil pengujian pada pengelasan SMAW pada posisi 1G/1F di dapatkan parameter pengelasan seperti kecepatan pengelasan dan sudut pengelasan lebih konstan dan stabil yang dimana kecepatan pengelasan tidak berubah-ubah (Berdasarkan Program) dan sudut pengelasan menggunakan stang las sudut (45° & 90°) panjang maksimal hasil pengelasan yang dapat di las pada mesin sliding adaptive two axis yaitu sepanjang 600 mm.

Daftar Pustaka

- Boothroyd, Geoffrey. 2010. *Product Design for Manufacturing and Assembly*, Marcel Dekker, Inc.
- Duniawan, A. 2015. Pengaruh Gerak Elektroda dan Posisi Pengelasan Terhadap Uji Kekerasan dari Hasil Las Baja SSC 41. *Jurnal teknologi* 8 (2):128- 134.
- Dipayan, D. S. Mondal. dan. A. Kumar Barik. 2016. "3-Axis CNC Router Modifiable to 3D Printer". *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* (An ISO 3297: 2007 Certified Organization). Vol. 5. Issue 9. September 2016.

- Santoso, J. 2006. Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda. Tesis. Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
- Suwanda, W. Yohanes. 2018. Pengembang Sistem *Sliding Adaptive Vertikal* Pada Mesin Pengelasan SMAW 1G/1F. Universitas Riau. Riau *Jurnal Online Mahasiswa FT UNRI*. 5
- Wirjosumarto, H. 2000. Teknologi Pengelasan Logam. Edisi 8 Erlangga Jakarta.
- W.Cheng-Yu, Pi-Cheng Tung, dan Chyun-Chau Fuh. 2010. *Development of an Automatic Arc Welding System Using an Adaptive Sliding Mode Control*. *Jurnal International Manufacturing* 21:355–362.
- Yohanes dan A. M. Sianipar 2018. Experimental effect of angle variation and speed welding filler using vertical adaptive sliding system in smaw welding *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace*. 58
- Yohanes dan M. A. Harahap. 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*. 57: 13