

PENGARUH VARIASI SUDUT ELEKTRODA DAN KUAT ARUS POLARITAS TERBALIK TERHADAP HASIL PENGELOMAN *SHIELDED METAL ARC WELDING*

Sistro Maldini Sihombing^[1], Yohanes^[2],

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

^[1]sistro.maldini3758@student.unri.ac.id, ^[2]yohanes_tmessin@yahoo.com

Abstract

This study aims to obtain optimum welding results on low carbon steel with variations in electrode angle and reverse polarity direct current welding current with SMAW welding machine with adaptive sliding system two axis with speed control. Welding is done automatically and the welding speed is adjusted using the Speed Control. The method used is experimental by varying the electrode angle of 45°, 70°, 90° and the welding current strength of 90 A, 100 A, 120 A in order to determine the optimization of the welding results from the SMAW welding machine using a sliding adaptive two axis system with speed control. From the results of tests carried out with reverse polarity, the stressed tensile strength is obtained at an angle of 70° with a current strength of 100 A and for the lowest tensile strength test, namely at a letrode angle of 45° with a current strength of 100 A.

Keywords: *Sliding Adaptive Two Axis With Speed Control, Direct Current Reverse Polarity, Electrode Angle, Strong Current*

1. Pendahuluan

Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan proses penyambungan logam dengan cara mencairkan logam induk menggunakan energi panas. Panas yang diakibatkan pada proses pengelasan bisa mencapai suhu 1500°C. Hasil dari pemanasan tersebut menyebabkan setiap titik daerah hasil pengelasan akan mengalami pemanasan yang berbeda dan juga laju pendinginan dimasing-masing titik juga berbeda (Sonawan, 2006)[1]. Setiap pengelasan masing-masingnya mempunyai keunggulan tersendiri sesuai penempatan pelaksanaannya. Pengelasan SMAW mempunyai keunggulan tersendiri diantaranya adalah besar arus sebagai sumber panas yang dapat divariasikan, mudah digunakan dalam berbagai posisi pengelasan dan penetrasi serta lebar peleburan elektroda dapat disesuaikan.

Pada proses pengelasan SMAW variable yang menentukan kualitas hasil pengelasan terdapat pada pemilihan bahan tambah yang sesuai, pemilihan arus yang digunakan pada mesin las harus disesuaikan agar pelelehan bahan tambah (elektroda) menjadi sempurna serta sudut elektroda yang digunakan pada proses pengelasan yang harus tepat, sehingga pengelasan yang didapatkan bisa secara optimum kualitasnya (Suwanda, W 2018) [2]. Pemilihan variable-variable tersebut tergantung pada keahlian dari operator yang melaksanakannya, sehingga penetapan variable tersebut sering berubah-ubah terutama dalam hal *welding speed* (kecepatan pengelasan) dan posisi pengelasan.

Pada Teknik Mesin Universitas Riau telah melakukan pengembang alat pengelasan otomatis dengan sistem *sliding adaptive* dimana penelitian ini dilakukukan oleh Widodo pada tahun 2018 dengan judul Pengembangan sistem *sliding*

adaptive vertical pada proses pengelasan SMAW posisi 1g/1f dan kemudian diuji oleh Alfred Marade Sianipar tahun 2018 mengenai *experimental filler* menggunakan sistem *sliding adaptive* vertikal pada pengelasan SMAW[3]. Pada mesin *Sliding adaptive vertical* ini memiliki beberapa kekurangan seperti hasil pengelasan yang kurang optimal dan hanya dapat melakukan pengelasan 1G. Oleh sebab itu *sliding vertical* ini di kembangkan kembali oleh Johannes pada tahun 2019 menjadi sistem *sliding adaptive two axis* dimana *sliding adaptive two axis* ini memiliki kelebihan dibanding *Sliding Adaptive vertical*, dikarenakan *sliding adaptive two axis* memiliki dua sumbu yaitu sumbu X dan Y dimana pergerakan sumbu X dan Y digerakkan oleh dua *motor stepper* sehingga dapat melakukan pengelasan lebih optimal[4]. Pada *sliding adaptive two axis* ini telah dilakukan pengujian oleh Uberkis tahun 2019 tentang studi eksperimental pengelasan baja karbon rendah menggunakan pengelasan SMAW sistem *sliding adeptive two axis* dengan variasi sudut elektroda[5]. Pada penelitian ini dihasilkan rekomendasi sudut yang terbaik untuk melakukan pengelasan 70° pada kuat arus 90 A dengan jenis arus AC (*alternating current*), kemudian dilakukan pengujian kembali oleh Ivan Fadila tentang Pengaruh Kuat Arus Dan Kecepatan Pengelasan Smaw Sistem *Sliding Adeptive Two Axis* Terhadap Hasil Pengelasan Baja Karbon Rendah[6].

Dalam pengujian alat ini proses untuk pengerjaan dalam satu kali pengelasan di lakukan satu kali input perintah (program) hingga pengelasan selesai. Sehingga dalam hal ini *sliding adaptive two axis* masih memiliki keterbatasan dalam proses pengerjaan karena tidak bisa

menyesuaikan sesuai dengan kondisi pengelasan, oleh sebab itu *sliding two adaptive* di kembangkan kembali dengan menambahkan *speed control*, dimana dengan *speed control* ini dapat menyesuaikan kecepatan pengelasan sesuai dengan kondisi pengelasan pada benda kerja.

Didalam pengelasan ini pengaruh variabel sudut pengelasan dengan kuat arus yang digunakan sangat berpengaruh untuk mendapatkan hasil pengelasan yang optimal, oleh karena itu perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui sudut pengelasan yang tepat dengan menggunakan polaritas terbalik pada variasi kuat arus pengelasan sehingga mendapatkan hasil pengelasan yang optimal.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi sudut dan kuat arus terhadap hasil pengelasan *shielded metal arc welding* dan menganalisa sudut elektroda dan kuat arus yang sesuai dengan parameter yang sudah ditentukan.

2. Metodologi

Pada penelitian ini pengelasan dilakukan dengan menggunakan mesin pengelasan otomatis dengan sistem *sliding adaptive two axis with speed control*. Proses pengelasan *shielded metal arc welding* yang dilakukan pada dua puluh tujuh spesimen dengan memvariasikan sudut elektroda 45° , 70° dan 90° dengan kuat arus pengelasan 90 A, 100 A dan 120 A pada polaritas terbalik.

2.1 Sliding Adaptive Two Axis With Speed Control

Pengelasan menggunakan sistem *sliding adaptive two axis with speed control* merupakan pengembangan dari sistem *sliding adaptive two axis* oleh Johanes, dkk. 2019[4]. Dimana pada *sliding adaptive two axis with speed control* ini mempunyai dua buah sumbu, yaitu sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan menggunakan bahasa pemrograman dari sistem *control* arduino. Dimana input terlebih dahulu diprogram menggunakan *software* dan kemudian program tersebut disimpan dalam arduino, sehingga ketika menjalankan *sliding adaptive two axis with speed control* sudah tidak menggunakan PC. Perintah-perintah akan dibaca dan diterjemahkan oleh arduino sehingga arduino akan mengirimkan sinyal kepada *driver* agar menjalankan perintah yang diberikan untuk menggerakkan motor sesuai arahnya. Perintah-perintah yang diberikan ke *driver* akan disambungkan ke penggerak berupa motor penggerak yang akan melaksanakan kerja yang diberikan untuk memutar poros ulir sehingga akan terjadi pergerakan baik sumbu vertikal dan horizontal. Mesin las SMAW sistem *sliding adaptive two axis* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sliding Adaptive Two Axis with speed control

Prinsip kerja dari alat ini yaitu alat digerakkan dengan putaran motor *stepper*. Kecepatan putaran motor *stepper* ini diatur oleh *speed control* kemudian putaran motor tersebut diteruskan ke poros ulir yang membawa pelat pembawa dengan menggunakan *coupling*, dimana pada pelat tersebut terdapat pemegang stang las listrik, sehingga stang las listrik tersebut dapat bergerak.

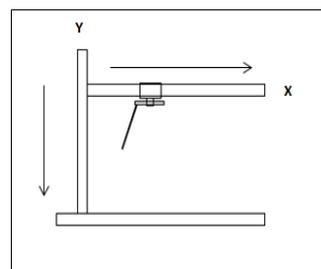
Dalam pembuatan program *controlling* tidak lepas dari sistem elektronika, oleh karena itu untuk mendapatkan sistem elektrikal sesuai dengan kebutuhan maka perlu dilakukan perancangan. Adapun disini adalah pemasangan *power supply*, pemasangan *driver* motor *stapper* TB6560, serta pemasangan motor *stepper* dan komponen pendukung lainnya.

2.2 Pengambilan Data

Metode pengambilan data dilakukan secara eksperimental dengan memvariasikan sudut elektroda dan kuat arus pengelasan pada polaritas terbalik dengan menggunakan elektroda merek ESAB AWS E6013 diameter 3,2 mm menggunakan alat pengelasan SMAW sistem *sliding adaptive two axis with speed control*. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan sudut elektroda 45° , 70° dan 90° dengan kuat arus pengelasan 90 A, 100 A dan 120 A pada polaritas terbalik. Pengujian pada sudut dan kuat arus pengelasan yang sama akan dilakukan berulang sebanyak tiga kali pengujian untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

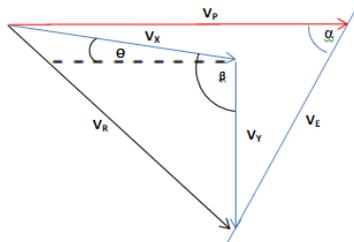
2.3 Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan adalah pergerakan dari elektroda dari titik awal pengelasan hingga titik akhir pengelasan terhadap waktu pengelasan. Pergerakan sumbu *sliding adaptive two axis with speed control* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kecepatan Pengelasan Sliding Adaptive

Kecepatan resultan stang pengelasan sistem *sliding adaptive two axis with speed control* adalah yang perlu diketahui terlebih dahulu untuk mencari kecepatan pengelasan. Kecepatan resultan stang pengelasan sistem *sliding adaptive two axis with speed control* dapat ditentukan dengan gambar vektor sebagai berikut :



Jadi untuk mencari nilai kecepatan resultan stang pengelasan pada sistem *sliding adaptive two axis with speed control* dapat menggunakan persamaan (1).

$$V_R = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + 2 \cdot V_x \cdot V_y \cdot \cos \beta} \quad (1)$$

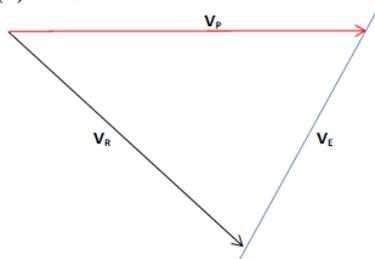
Keterangan :

- V_R = Kecepatan Resultan stang Las (mm/s)
- V_x = Kecepatan Sumbu Horizontal (mm/s)
- V_y = Kecepatan Sumbu Vertikal (mm/s)
- V_E = Kecepatan Habis Elektroda (mm/s)

Setelah kecepatan resultan stang pengelasan pada sistem *sliding adaptive two axis with speed control* diketahui lalu dilakukan perhitungan untuk mencari kecepatan habis dari elektroda. Kecepatan habis elektroda adalah habis elektroda yang digunakan saat proses pengelasan dibagi dengan waktu yang dibutuhkan selama proses pengelasan. Kecepatan habis elektroda sistem *sliding adaptive two axis with speed control* dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$V_E = \frac{\text{Habis Elektroda (mm)}}{\text{waktu (s)}} \quad (2)$$

Jadi untuk mencari nilai kecepatan pengelasan pada alat *sliding adaptive two axis with speed control* dapat menggunakan persamaan vektor (3) berikut :



$$V_P = V_R \rightarrow V_E \quad (3)$$

Keterangan :

- V_P = Kecepatan Pengelasan (mm/s)
- V_R = Kecepatan Resultan stang Las (mm/s)
- V_E = Kecepatan Habis Elektroda (mm/s)

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 pada persamaan (4).

$$HI = \frac{E \cdot X \cdot I}{V_p} \quad (4)$$

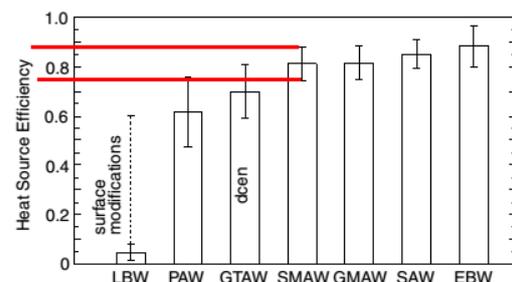
Keterangan :

- HI = *Head Input* (J/mm)
- E = *Voltage* Elektroda (volt)
- I = Arus listrik (*ampere*)
- V_p = Kecepatan pengelasan (mm/detik)

Untuk memperoleh masukan panas yang sebenarnya dari suatu proses pengelasan, persamaan masukan panas diatas dikalikan dengan efisiensi proses seperti pada persamaan (5) sebagai berikut:

$$HI = \frac{\eta \times \text{Tegangan Las} \times \text{Arus Las}}{\text{Kec. Pengelasan}} \quad (5)$$

Dimana efisiensi tergantung dari jenis pengelasan yang digunakan. Efisiensi untuk pengelasan SMAW dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Efisiensi Heat Input Proses Pengelasan [7]

3. Hasil

Hasil akhir dari penelitian ini adalah data dari hasil pengujian uji visual (*visual test*), uji penetrant (*penetrant test*) dan pengujian tarik berdasarkan hasil yang diperoleh dari variasi sudut elektroda dan kuat arus dengan polaritas terbalik pada proses pengelasan baja karbon rendah. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan sudut elektroda 45⁰, 70⁰ dan 90⁰ dengan kuat arus pengelasan 90 A, 100 A dan 120 A pada polaritas terbalik. Dapat dilihat pada tabel 1 merupakan data kecepatan pengelasan yang diperoleh dari data *loger* berdasarkan variasi sudut dan kuat arus polaritas terbalik dengan hasil pengelasan yang optimal.

Tabel 1. Data Kecepatan Pengelasan

Spesimen	Sudut Elektroda	Kuat Arus (A)	Kecepatan Sumbu Rata-rata (mm/S)		Kecepatan Resultan Sliding (mm/S)	Kecepatan Elektroda Habis (mm/S)	Kecepatan Pengelasan (mm/S)	Waktu (S)
			X	Y				
AX1	45	90	1.15	3.14	3.29	5.13	3.42	30
AX2			1.16	2.84	3.01	6.50	4.67	22
AX3			1.16	2.28	2.50	5.07	3.58	28
BX1		100	1.22	2.52	2.74	4.90	3.35	30
BX2			1.17	3.14	3.29	5.36	3.59	28
BX3			1.17	3.51	3.64	5.59	3.71	27
CX1		120	1.43	3.89	4.07	7.94	5.56	18
CX2			1.5	3.94	4.14	6.33	4.20	12
CX3			1.52	4.73	4.89	7.55	5.02	20
AY1	70	90	1.33	2.72	2.96	4.55	3.02	33
AY2			1.3	2.65	2.89	4.44	2.95	34
AY3			1.3	2.64	2.88	4.47	2.97	34
BY1		100	1.41	2.89	3.15	5.03	3.37	30
BY2			1.32	2.82	3.05	4.63	3.07	32
BY3			1.32	2.82	3.05	4.75	3.16	32
CY1		120	1.56	3.98	4.20	6.52	4.34	23
CY2			1.47	3.68	3.89	5.80	3.84	25
CY3			1.47	3.91	4.10	6.33	4.21	24
AZ1	90	90	1.15	2.29	2.51	4.62	2.45	39
AZ2			1.15	2.08	2.32	4.40	2.39	42
AZ3			1.16	2.1	2.34	4.38	2.34	40
BZ1		100	1.29	2.64	2.88	5.15	2.67	34
BZ2			1.35	2.64	2.90	5.60	3.07	20
BZ3			1.28	2.65	2.88	5.44	2.94	34
CZ1		120	2.16	3.39	3.92	7.50	4.09	10
CZ2			2.02	4.07	4.45	8.41	4.55	22
CZ3			2.01	4.6	4.92	9.27	5.00	11

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi juga oleh arus las, tegangan dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara ketiga parameter tersebut menghasilkan energi pengelasan yang dikenal dengan *heat input* (masukan panas) [1]. *Heat input* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Heat Input (Masukan Panas)

Spesimen	Sudut	Kuat Arus (A)	Efisiensi (%)	Tegangan (Volt)	Kecepatan Pengelasan (mm/s)	Heat Input (J/mm)
AX1	45°	90	0.8	24	3.42	505.44
AX2					4.67	370.27
AX3					3.58	482.49
BX1		100			3.35	572.40
BX2					3.59	534.22
BX3					3.71	516.86
CX1		120			5.56	414.71
CX2					4.20	548.05
CX3					5.02	459.08
AY1	70°	90	3.02	572.47		
AY2			2.95	585.71		
AY3			2.97	580.97		
BY1		100	3.37	570.43		
BY2			3.07	626.17		
BY3			3.16	607.21		
CY1		120	4.34	530.91		
CY2			3.84	600.57		
CY3			4.21	547.29		
AZ1	90°	90	2.45	706.47		
AZ2			2.39	724.05		
AZ3			2.34	737.70		
BZ1		100	2.67	719.26		
BZ2			3.07	624.67		
BZ3			2.94	653.24		
CZ1		120	4.09	563.52		
CZ2			4.55	506.72		
CZ3			5.00	460.76		

4. Pembahasan

Setelah selesai pengelasan untuk mengetahui kekuatan dan cacat yang terjadi pada sambungan logam hasil pengelasan maka perlu dilakukan

pengujian. Adapun pengujian yang dilakukan yakni dengan pengujian tidak merusak (*Non Destructive Test*) dan pengujian merusak (*Destructive Test*).

4.1 Uji visual

Pengujian visual dilakukan untuk mengetahui panjang dan lebar hasil pengelasan, Setelah dilakukan pengelasan untuk setiap spesimen pengujian pertama yang dilakukan yaitu pengujian visual dengan melihat dan mengukur hasil pengelasan menggunakan jangka sorong secara langsung[8].

Berikut ini merupakan hasil pengukuran deposit las menggunakan jangka sorong dengan tingkat ketelitian 0.05 mm. Hasil uji visual Dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Visual

Spesimen	Sudut	Kuat Arus (A)	Panjang Pengelasan (mm)	Lebar Pengelasan (mm)			Rata-rata (mm)
				1	2	3	
AX1	45°	90	97	6.7	7.2	7.1	7.0
AX2			70	6.8	6.5	0	4.4
AX3			84	7.2	6.9	0	4.7
BX1		100	83	0	8.7	8.5	5.7
BX2			97	9.8	9.3	9.1	9.4
BX3			87	9.2	9.5	9.3	9.3
CX1		120	75	0	8.4	8.7	5.7
CX2			50	0	8.8	0	2.9
CX3			92	7.2	7.7	9	8.0
AY1	70°	90	98	7.5	8.1	0	5.2
AY2			97	7.5	7.6	7.9	7.7
AY3			98	7.8	7.8	8	7.9
BY1		100	97	7	7	7	7.0
BY2			80	8.1	8.4	0	5.5
BY3			97	9.3	9.6	9.6	9.5
CY1		120	95	9	9	0	6.0
CY2			80	9.6	9.8	0	6.5
CY3			96	7.2	8	7.8	7.7
AZ1	90°	90	80	8	7	0	5.0
AZ2			96	9.2	8.9	8.9	9.0
AZ3			70	0	8.7	8.2	5.6
BZ1		100	65	8.9	9.2	0	6.0
BZ2			60	8.8	9.2	0	6.0
BZ3			94	9	9.4	9.6	9.3
CZ1		120	40	Tembus			
CZ2			90	9.4	9.6	9.2	9.4
CZ3			55	Tembus			

Pada hasil pengujian dapat diketahui untuk lebar pengelasan dengan nilai tertinggi pada sudut elektroda 45° yakni spesimen BX2 sebesar 9.4 mm dengan kuat arus 100 A, pada sudut elektroda 70° yakni spesimen BY3 sebesar 9.5 mm dengan kuat arus 100 A dan pada sudut elektroda 90° yakni spesimen CZ2 sebesar 9.4 mm dengan kuat arus 120 A. Lebar pengelasan dengan nilai terendah pada sudut elektroda 45° yakni spesimen AX2 sebesar 4.4 mm dengan kuat arus 90A, pada sudut elektroda 70° yakni spesimen AY1 sebesar 5.2 mm dengan kuat arus 90 A dan pada sudut elektroda 90° yakni pada spesimen AZ1 sebesar 5.0 mm dengan kuat arus 90 A.

Hasil pengelasan yang dikategorikan baik yakni deposit pengelasan yang mengisi sepanjang kampuh V 60° yang memiliki penetrasi pengelasan yang optimal dan lebar pengelasan maksimal tiga kali diameter elektroda [8]. Untuk spesimen yang dikategorikan gagal adalah spesimen yang deposit pengelasan tidak mengisi pada kampuh V 60° dan deposit pengelasan memiliki penetrasi yang tidak optimal serta lebar pengelasan yang tidak sesuai dengan referensi yang digunakan. Dari data uji visual yang diperoleh dapat diketahui untuk spesimen yang dikategorikan baik dan spesimen yang dikategorikan gagal berdasarkan pada referensi yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Visual Yang Baik dan Gagal

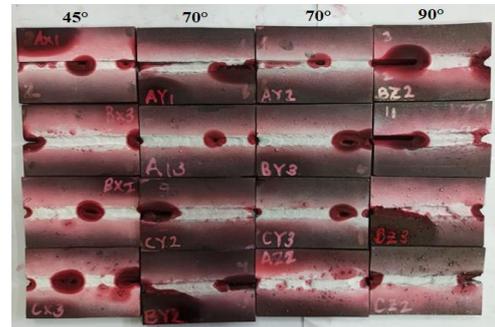
Spesimen	Sudut	Kuat Arus (A)	Panjang Pengelasan (mm)	Lebar Pengelasan (mm)			Rata-rata (mm)
				1	2	3	
AX1	45°	90	97	6.7	7.2	7.1	7.0
AX2			70	Gagal			
AX3			84	Gagal			
BX1		100	83	Gagal			
BX2			97	9.8	9.3	9.1	9.4
BX3			87	9.2	9.5	9.3	9.3
CX1		120	75	Gagal			
CX2			50	Gagal			
CX3			92	7.2	7.7	9	8.0
AY1	70°	90	98	7.5	8.1	0	5.2
AY2			97	7.5	7.6	7.9	7.7
AY3			98	7.8	7.8	8	7.9
BY1		100	97	Gagal			
BY2			80	8.1	8.4	0	5.5
BY3			97	9.3	9.6	9.6	9.5
CY1		120	95	Gagal			
CY2			80	9.6	9.8	0	6.5
CY3			96	7.2	8	7.8	7.7
AZ1	90°	90	80	Gagal			
AZ2			96	9.2	8.9	8.9	9.0
AZ3			70	Gagal			
BZ1		100	65	8.9	9.2	0	6.0
BZ2			60	8.8	9.2	0	6.0
BZ3			94	9	9.4	9.6	9.3
CZ1		120	40	Gagal			
CZ2			90	9.4	9.6	9.2	9.4
CZ3			55	Gagal			

Pada hasil pengujian terdapat beberapa spesimen yang gagal atau tidak sesuai referensi. Spesimen yang dikatakan gagal pada pengujian visual dikarenakan memiliki cacat las dan pengelasan yang tidak sempurna. Adapun faktor penyebab cacat pengelasan adalah posisi elektroda tidak tepat, posisi benda kerja tidak tepat, kecepatan sumbu X dan Y tidak sesuai dan jarak nyala busur listrik elektroda terhadap benda kerja yang terlalu jauh.

4.2 Uji Penetran

Pada pengujian penetran dilakukan untuk melihat cacat pada permukaan hasil pengelasan. Sebelum dilakukannya uji penetran ini sudah dilakukan pengujian visual dimana pada uji visual

tersebut telah diperoleh hasil pengelasan yang optimal pada spesimen yang akan di lanjutkan untuk dilakukan uji penetran. Adapun jumlah spesimen yang dilakukan uji penetran sebanyak enambelas spesimen. Setelah dilakukan pengujian penetran pada semua sampel terpilih maka hasil pengujian penetran dapat dilihat pada gambar 4.



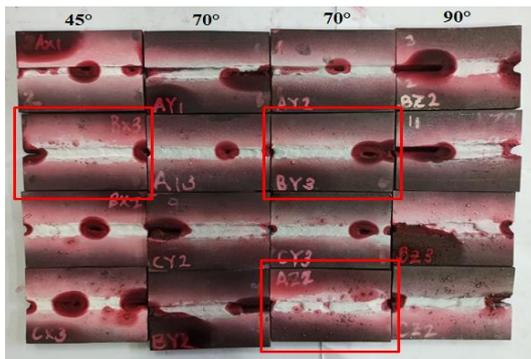
Gambar 4. Hasil Uji Penetran

Dari hasil uji penetran dapat diketahui cacat-cacat pengelasan pada bagian permukaan spesimen, pada bagian yang berwarna merah pekat merupakan cacat pengelasan. Cacat pengelasan yang terjadi yaitu cacat berupa kekosongan pada kampuh yang tidak terisi dengan sempurna oleh deposit las. Sedangkan area yang berwarna putih disepanjang kampuh merupakan pengelasan yang baik, semakin sedikit bagian yang berwarna merah berarti pengelasan tersebut semakin baik.

Pengelasan menggunakan sudut elektroda 70° menggunakan pengelasan SMAW sistem *sliding adaptive two axis with speed control* menghasilkan pengelasan lebih optimal, berdasarkan pada hasil dari uji penetran yang dilakukan hasil pengelasan lebih baik di bandingkan dengan pengelasan lainnya. Sedangkan pada sudut 90° mengalami banyak cacat pada hasil pengelasan. Hal ini disebabkan oleh kuat arus yang terlalu tinggi dan posisi elektroda yang tegak lurus terhadap spesimen sehingga mengakibatkan penetrasi yang tinggi terhadap spesimen menyebabkan logam induk mengalami pencairan yang terlalu berlebihan yang menyebabkan spesimen tembus sehingga deposit las tidak mengisi tepat pada kampuh.

Pemilihan spesimen untuk uji tarik dipilih berdasarkan hasil pengujian visual dan penetran. Pemilihan spesimen berdasarkan uji visual berpedoman pada Wiryosumarto, H (2000), kecepatan yang sesuai adalah bila menghasilkan deposit las yang baik, dengan tinggi maksimal sama dengan diameter elektroda dan lebar tiga kali diameter elektroda[8]. Sehingga lebar pengelasan pada penelitian ini sebesar $3 \times 3.2 \text{ mm} = 9.6 \text{ mm}$ dan spesimen yang dipilih dari uji penetran berdasarkan spesimen yang paling sedikit memiliki bercak merah atau yang memiliki sedikit cacat

pengelasan. Spesimen yang terpilih untuk uji tarik dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pemilihan Spesimen Uji Tarik

Pemilihan spesimen untuk dilakukan uji tarik yakni dengan memilih salah satu spesimen dari setiap sudut elektorda pengelasan dengan didasari pada hasil uji visual dan penetran yang memiliki hasil pengujian yang optimal. Pada uji visual hasil yang optimal adalah spesimen yang memiliki hasil pengelasan dengan panjang pengelasan pada kampuh V 60° paling maksimal dan lebar deposit pengelasan maksimal tiga kali dari ukuran elektroda yang digunakan dan pada pengujian penetran hasil yang optimal adalah permukaan spesimen hasil pengelasan yang memiliki warna terang yang paling maksimal dan memiliki cacat pengelasan dengan ditandai dengan warna merah paling sedikit. Adapun spesimen yang memiliki hasil uji visual dan penetran yang optimal pada masing-masing sudut elektroda pengelasan yakni pada spesimen BX3, BY3 dan AZ2. Spesimen pada sudut 45° yang akan dilakukan uji tarik yakni spesimen BX3 dengan kuat arus 100 A dengan panjang pengelasan 83 mm dan lebar rata-rata deposit hasil pengelasan sebesar 9.3 mm. Pada sudut elektoda 70° spesimen yang akan dilakukan uji tarik yakni pada spesimen BY3 pada kuat arus 100 A dengan panjang pengelasan 97 mm dan lebar rata-rata deposit hasil pengelasan sebesar 9.5 mm. Pada sudut elektroda 90° spesimen yang akan dilakukan uji tarik yakni spesimen AZ2 pada kuat arus 90 A dengan panjang pengelasan 96 mm dan lebar rata-rata deposit hasil pengelasan sebesar 9.0 mm.

4.3 Uji Tarik

Tujuan dari pengujian tarik ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik sambungan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dengan sistem *sliding adaptive two axis with speed control* pada baja karbon rendah. Pada pengujian tarik ini menggunakan standar JIS Z 2201 No. 7[8]. Dengan melakukan pengujian tarik akan diperoleh kekuatan tarik dan kekuatan luluh pada sambungan pengelasan, hasil pengujian tarik pada sambungan pengelasan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Tarik

Spesimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2 % Y.S (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
Standar	10.395	4525.15	270.37	270.37	435.32	87.62
45° (100 A)	10.237	4727.78	281.10	281.10	461.78	87.62
70° (100 A)	10.560	5171.54	113.35	145.55	489.73	87.62
90° (90 A)	10.400	5019.97	303.22	303.22	482.69	87.62

Dari tabel 5 diperoleh kekuatan tarik tertinggi pada sambungan las yakni sudut elektroda 70° dengan kuat arus 100 A polaritas terbalik dengan nilai 489.73 MPa dan kekuatan tarik terendah terendah pada sambungan las sudut elektroda 45° dengan kuat arus 100 A polaritas terbalik dengan nilai 461.73 MPa. Perbedaan nilai kekuatan tarik ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yang paling mempengaruhi yaitu sudut elektroda dan kuat arus pengelasan. Pengaruh sudut elektroda terhadap hasil pengelasan yakni pada proses pengisian deposit pada kampuh V 60°, pada sudut elektroda 45° posisi elektroda memiliki kemiringan yang rendah terhadap spesimen sehingga proses pengisian deposit las pada kampuh tidak maksimal dan pada sudut elektroda 90° posisi elektroda tegak lurus terhadap spesimen sehingga dalam proses pengelasan penetrasi pengelasan sangat tinggi terjadi pada logam induk yang mengakibatkan spesimen mengalami pengisian yang tidak sempurna seperti logam induk mengalami pencairan berlebih sehingga menyebabkan spesimen menjadi tembus mengakibatkan deposit las tidak mengisi pada kampuh. Pada sudut elektroda 70° memiliki kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan sudut elektroda 45° dan 90°, hal ini dipengaruhi dengan posisi elektroda yang optimal untuk dilakukannya pengelasan posisi bawah tangan dimana pencairan logam induk dan logam pengisi (elektroda) lebih optimal sehingga menghasilkan deposit yang optimal pada spesimen. Sedangkan pengaruh kuat arus pengelasan yaitu semakin besar kuat arus pengelasan maka nyala busur pengelasan akan semakin besar dan panas yang dihasilkan dari pengelasan juga semakin besar, hal ini menyebabkan pencairan logam induk dan logam pengisi (elektroda) akan semakin banyak. Hal ini sangat mempengaruhi pengisian kampuh dan penetrasi pengelasan, pencairan logam induk dan logam pengisi yang baik akan menghasilkan pengelasan yang optimal. Apabila kuat arus terlalu besar juga tidak baik hal ini akan mengakibatkan rusaknya spesimen seperti spesimen akan menjadi tembus dan tidak mengisi bagian kampuh, jika kuat arus terlalu rendah maka pencairan logam induk dan logam pengisi tidak sempurna sehingga kampuh tidak terisi deposit las.

Pada hasil uji tarik yang telah dilakukan dapat diketahui dari patahan pada spesimen hasil

pengelasan pada sudut 45°, 70° dan 90° mengalami patahan diradius spesimen uji tarik oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa hasil pengelasan lebih baik dibandingkan dengan spesimen tanpa pengelasan yang mana mengalami patahan pada bagian tengah spesimen uji tarik seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Spesimen Hasil Uji Tarik

5 Simpulan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dengan memvariasikan sudut elektroda 45°, 70°, 90° dan kuat arus pengelasan 90 A, 100 A dan 120 A polaritas terbalik pada baja karbon rendah. Hasil dari pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengelasan pada sudut 45° spesimen BX3 dengan kuat arus pengelasan 100 A memiliki kekuatan tarik sebesar 461.78 MPa. Pada hasil pengelasan dengan menggunakan sudut elektroda 70° spesimen BY3 pada kuat arus 100 A memiliki kekuatan tarik sebesar 489.73 MPa. Dan hasil pengelasan dengan menggunakan sudut elektroda 90° spesimen AZ2 dengan kuat arus 90 A memiliki kekuatan tarik sebesar 482.69 MPa. Dari hasil uji tarik yang diperoleh maka dapat disimpulkan untuk hasil lasan yang memiliki kekuatan tarik tertinggi yakni pada sudut 70° dengan kuat arus 100 A sebesar 489.73 MPa. Sedangkan hasil uji tarik yang dilakukan pada spesimen baja karbon rendah ASTM a36 dengan kekuatan tarik sebesar 435.32 MPa.
2. Dari hasil pengujian visual dan penetran yang telah dilakukan sudut elektroda 45° cenderung lebih banyak mengalami cacat pengelasan hal ini dipengaruhi oleh posisi elektroda memiliki kemiringan yang rendah sehingga pengisian deposit las tidak optimal pada spesimen dan pada sudut elektroda 90° hasil pengelasan pada spesimen mengalami cacat pengelasan seperti spesimen tembus hal ini disebabkan oleh posisi elektroda tegak lurus terhadap spesimen sehingga logam induk mengalami pentransi yang tinggi

mengakibatkan spesimen tembus dan menyebabkan deposit las tidak mengisi pada kampuh spesimen. Sedangkan pada sudut 70° hasil pengelasan lebih optimal dan untuk cacat pada hasil pengelasan sedikit hal ini dipengaruhi oleh posisi elektroda yang optimal terhadap spesimen sehingga pencairan logam induk dan logam pengisi lebih optimal dan menghasilkan deposit pengelasan yang baik. Berdasarkan uji tarik yang telah dilakukan hasil uji tarik tertinggi yakni pada sudut 70° dengan kuat arus 100 A pada spesimen BX3 yakni sebesar 489.73 MPa sedangkan hasil uji tarik.

6. Daftar Pustaka

- [1] Rochim S. dan Hery S. 2006. *Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Alfabeta, Bandung.
- [2] Widodo Suwanda, Yohanes. 2018. Pengembangan Sistem *Sliding Adaptive Vertical* Pada Proses Pengelasan Smaw Posisi 1G/1F. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*. Vol 5.
- [3] Yohanes, Sianipar Alfrets M. 2018. Experimental Effect Of Angle Variation And Speed Welding BFiller Using Vertical Adaptive Sliding System In SMAW Welding. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace - Science and Engineering*, Vol 59.
- [4] Naigolan, Johannes R. Yohanes. 2019. Pengembangan Sistem Automatic Sliding Adaptive Two Axis Pada Mesin Pengelasan SMAW. Variasi Sudut Elektroda. *Jurnal Online Mahasiswa Teknik Vol 6*.
- [5] Uberkis. Yohanes. 2019. Studi Eksperimental Pengelasan Baja Karbon Rendah Menggunakan Pengelasan SMAW Sistem *Sliding Adaptive Two Axis* Dengan Variasi Sudut Elektroda. *Jurnal Online Mahasiswa Teknik Vol 6*.
- [6] Fadillah Ivan P. Yohanes. 2019. Pengembangan Pengaruh Kuat Arus Dan Kecepatan Pengelasan Smaw Sistem *Sliding Adaptive Two Axis* Terhadap Hasil Pengelasan Baja Karbon Rendah. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*. Vol 6.
- [7] Kou, Sindo. 2003. *Welding Metallurgy 2nd Edition*. Wiley-Interscience, Canada.
- [8] Wiryosumarto, H. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*, Edisi 8 Erlangga, Jakarta