

ANALISIS VARIASI ARUS TERHADAP HASIL PENGELASAN SMAW PADA *FRAME* ALAT UJI TORSI

Abdurachman Syarifudin^{1*)}, Dwi Yuliaji¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: syarifudinsonia1812@gmail.com

ABSTRAK

Pengelasan merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dari pertumbuhan dunia industri. Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan salah satu jenis pengelasan yang menggunakan elektroda (busur listrik) sebagai sumber panas untuk pencairan. Untuk elektroda jenis AWS E6013 Ø2,6mm, arus yang digunakan berkisar antara 70 - 90 Ampere pada material baja ASTM A36. Dengan interval arus tersebut, pengelasan yang dihasilkan akan berbeda - beda. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus terhadap sifat mekanis pada sambungan las. Penentuan besar arus dalam pengelasan ini mengambil 60A, 70 A, 80A, dan 90A. Hasil uji tarik pengelasan dengan menggunakan arus 90A memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 4,7 MPa dengan nilai regangan yang didapat sebesar 3,55 %, dan nilai tegangan luluh sebesar 3,80 MPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas relatif menurun dibandingkan dengan ketiga nilai di atas yaitu 132,394 MPa. Nilai rata-rata tertinggi uji kekerasan arus 70A memiliki nilai daerah las paling tinggi yaitu 107,6 HRC dan nilai pada titik induk logam sebesar 97,24 HRC. Sedangkan nilai paling terendah dimiliki pada arus 60A sebesar 101,06 HRC. Untuk daerah HAZ baja yang memiliki nilai tertinggi pada arus 90 A sebesar 95,98 HRC.

Kata kunci : ASTM A36; kekerasan; kekuatan tarik; pengelasan; SMAW.

ABSTRACT

Welding is an inseparable part of the growth of the industrial world. SMAW (Shielded Metal Arc Welding) welding is a type of welding that uses an electrode (electric arc) as a heat source for melting. The currently used AWS E6013 Ø2.6mm type electrodes range from 70 - 90 Amperes in ASTM A36 steel material. With these current intervals, the resulting welding will vary. Determining the magnitude of the current in joining metals using arc welding affects work efficiency and welding materials. This research aims to assess the effect of current variations on the mechanical properties of welded joints. The determination of the amount of current in this welding takes 60A, 70A, 80A, and 90A. The results of the welding tensile test using a current of 90A have a maximum stress value of 4.7 MPa with a strain value of 3.55% and a yield stress value of 3.80 MPa. While the elastic modulus value relatively decreased compared to the three values above, namely 132.394 MPa. The highest average value of the 70A current hardness test has the highest weld area value of 107.6 HRC and the value at the metal base point of 97.24 HRC. The lowest value is owned at 60A current of 101.06 HRC. The steel HAZ area has the highest hardness value at 90 A current of 95.98 HRC.

Keywords : ASTM A36; hardness; SMAW; tensile strength; welding.

PENDAHULUAN

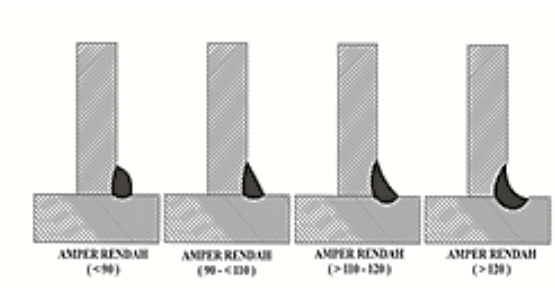
Pengelasan merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dari pertumbuhan dunia industri. Pada era industri teknik pengelasan, telah banyak dipergunakan secara luas pada penyambungan batang - batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Umumnya, sebagian besar masyarakat mengerti definisi pengelasan hanya pada las listrik (las

SMAW), las karbit (las OAW) dan las argon (Las TIG/GTAW). Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan yang berbeda - beda.

Berdasarkan definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industri Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang

dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Proses penyambungan ini ada kalanya disertai dengan tekanan dan material tambahan (filler material). Pengelasan juga dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis berdasarkan cara kerjanya, yaitu jenis pengelasan tekan, pengelasan cair dan juga.

Sambungan Las Fillet merupakan jenis sambungan las yang paling umum digunakan untuk konstruksi biasa dan didefinisikan sebagai las fusi yang penampangnya berbentuk segitiga. Dengan menggunakan las fillet ada beberapa macam arus ampere yang harus diketahui sebagai berikut:



Gambar 1. Arus ampere

Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Penentuan besar arus dalam pengelasan ini mengambil 60A, 70A, 80A, dan 90A. Pengambilan dimaksudkan sebagai pembandingan dengan interval arus diatas dan mengetahui kekuatan tarik terhadap jenis las fillet tersebut.

METODE PENELITIAN

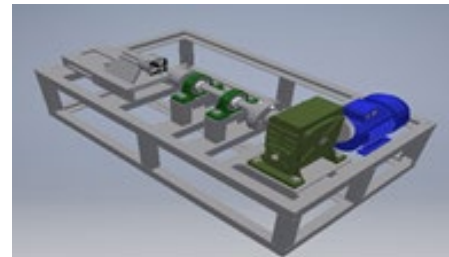
Pada penelitian ini menggunakan penelitian deskriptif eksperimental. Untuk memperoleh deskripsi tentang analisis pengaruh variasi arus terhadap kekerasan dan kekuatan tarik, dalam menentukan perubahan kekerasan dan kekuatan tarik data diperoleh.

1. Perancangan Alat Uji Torsi

Alat uji torsi adalah suatu alat yang dirancang untuk mengukur seberapa besar gaya puntir yang dapat dilakukan saat kita melakukan pengujian suatu alat. Caranya adalah dengan memuntir batang uji terus-menerus sampai batang uji itu putus atau mencapai jumlah puntiran yang ditentukan. Putarannya harus searah.

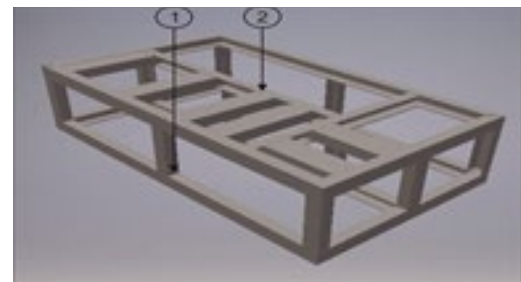
Tujuan perancangan ini adalah mendapatkan alat uji puntir yang mudah untuk proses pembelajaran dan

perawatan. Perancangan dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu besaran beban yang akan mengenai alat kemudian menghitung gaya-gaya yang bekerja pada alat dan menentukan pula putaran-putaran alat. Daya motor dapat dihitung dengan mengetahui daya alat dari perhitungan gaya dan torsi serta merencanakan efisiensi alat. Komponen yang pendukung pemindah daya dihitung dengan data daya dan putaran alat serta motor dari perhitungan awal.



Gambar 2. Desain alat uji torsi

Dari perancangan di atas, dibutuhkan suatu *frame* yang akan menjadi suatu tumpuan pada alat uji torsi tersebut. Pengelasan dijadikan suatu media penyambungan baja agar menghasilkan suatu *frame* yang kuat. Maka, *frame* tersebut dilakukan pengujian terhadap pengelasannya.



Gambar 3. *Frame* alat uji torsi

2. Sifat Baja ASTM A36

Pada penelitian ini, baja yang digunakan adalah ASTM A36. Pada baja ASTM A36 termasuk baja yang memiliki komposisi karbon rendah (*low carbon steel*) dengan komposisi material dan *mechanic property* yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Komposisi kimia baja ASTM A36

Komposisi (%)	Tebal Plat (mm)				
	≤ 20	20-40	40-65	65-100	>100
Karbon (C), max	0,25	0,25	0,26	0,27	0,29
Mangan (Mn)	0,18-1,20	0,08-1,20	0,08-1,20
Fospor (P), max	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Sulfur (S), max	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Silicon (Si)	0,04 max	0,04 max	0,15-0,40	0,15-0,40	0,15-0,40
Tembaga (Cu), jika ditentukan	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabel 2. Syarat uji tarik baja ASTM A36

Tegangan Puncak (<i>Ultimate</i>),	ksi (MPa)	55 – 80 [400-500]
Tegangan Luluh (<i>Yield</i>), min,	ksi (MPa)	36 [250]
Regangan, min	%	23

3. Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat- sifat mekanis material. Bila kita terus menarik suatu bahan sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap berupa kurva. Kurva ini menunjukkan hubungan antara tegangan dengan regangan.

Kekuatan tarik ditentukan berdasarkan beban maksimum yang dicapai batang uji dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Beban maksimum (*Fmaks*) didapat pada saat pengujian yang dilihat pada skala ukur beban. Beban yang tertinggi ditunjuk oleh jarum skala pada saat jarum skala berhenti dan mulai bergerak kembali ke posisi nol. Perubahan panjang dalam kurva disebut sebagai regangan ($\Sigma \epsilon$), yang didefinisikan sebagai perubahan panjang yang terjadi akibat perubahan statik (ΔL) terhadap panjang batang mula-mula (L_0). Tegangan yang dihasilkan pada proses ini disebut dengan tegangan teknik (σ_{eng}), dimana didefinisikan sebagai nilai pembebanan yang terjadi (*F*) pada suatu luas penampang awal (A_0).

Tegangan luluh akibat gaya tarik dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2).

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

σ = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya tarik (N)

A_0 = Luas penampang spesimen mula-mula (mm^2)

Regangan akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan (3).

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

ϵ = Regangan akibat gaya Tarik (%)

ΔL = Perubahan panjang spesimen akibat beban tekan (mm)

L_0 = panjang spesimen mula-mula (mm)

Regangan akibat gaya tarik yang terjadi, panjang akan menjadi bertambah dan diameter pada spesimen akan menjadi kecil, maka ini akan terjadi deformasi plastis. Hubungan antara stress dan strain dinyatakan seperti ditunjukkan pada persamaan (4).

$$Y = \sigma / \epsilon \dots\dots\dots (4)$$

Y adalah gradien kurva dalam daerah linier dimana perbandingan tegangan (σ) dang regangan (ϵ) selalu tetap. *Y* diberi nama “*Modulus Elastisitas*” atau “*young modulus*”. Kurva yang menyatakan *strain* dan *stress* seperti ini kerap disingkat kurva *SS (SS curve)*. Pengujian tarik berupa parameter kekuatan tarik (*ultimate strength*) maupun luluh (*yield strength*), parameter keuletan yang ditunjukkan dengan adanya proses perpanjangan (*elongation*) dan proses kontraksi atau reduksi penampang (*reduction of area*).

4. Uji Kekerasan (*Rockwell Hardness Tester*)

Pengujian *Rockwell* merupakan proses pembentukan lekukan pada permukaan logam memakai indenter atau penetrator yang ditekan dengan beban tertentu. Indenter atau penetrator dapat berupa bola baja atau kerucut intan dengan ujung yang agak membulat (biasa disebut *brale*). Pengujian dilakukan terlebih dahulu memberikan beban minor 10 kgf, dan kemudian beban mayor diaplikasikan. Beban mayor biasanya 60 kgf, 100 kgf untuk indenter bola baja dan 150 kgf untuk indenter *brale*.

Pada pengujian kekerasan bahan dengan metode *Rockwell*, ke dalam penetrasi permanen yang dihasilkan dari penerapan dan pelepasan beban utama dipakai untuk menentukan angka kekerasan *Rockwell*, dapat dilihat pada persamaan 5.

$$HR = E - e \dots\dots\dots(5)$$

Dimana,

E = konstanta dengan nilai 100 untuk indentor intan dan 130 untuk indentor bola.

e = kedalaman penetrasi permanen karena beban utama (F1) diukur dengan satuan 0,002 mm. jadi, $e = h/0,002$ (Callister,2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kekuatan Lasan Terhadap Variasi Arus Ampere

Analisa kekuatan lasan terhadap arus ampere dapat di ketahui dengan perhitungan berikut :

1. Nilai Tegangan Maksimum Lasan Terhadap Uji Tarik

Nilai Tegangan Maksimum lasan terhadap perbedaan arus ampere dengan menggunakan uji tarik dapat diketahui dengan perhitungan berikut menggunakan persamaan (1). Diperoleh bahwa nilai tegangan maksimum adalah 3,53 MPa.

2. Nilai Regangan Matrial Lasan Terhadap Uji Tarik

Nilai regangan dapat diketahui dengan hasil pengujian tarik. untuk mendapatkan hasil regangan pada material dapat dihitung menggunakan persamaan (3) dengan memasukkan nilai panjang awal dan akhir yang masing-masing sebesar 250 dan 254,1. Diperoleh regangan sebesar 1,64%.

3. Nilai Modulus Elastisitas Lasan Terhadap Uji Tarik

nilai modulus elastisitas dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (4) dan diperoleh hasil sebesar 215,244 MPa.

4. Nilai Tegangan Luluh Lasan Terhadap Uji Tarik

Nilai tegangan luluh lasan terhadap perbedaan arus ampere dengan menggunakan uji tarik dapat di ketahui dari perhitungan menggunakan persamaan (2) dengan memasukkan kondisi tekanan akhir sebesar 22 kg/cm². Diperoleh hasil sebesar 2,5 MPa untuk tegangan luluh.

Hasil Uji Tarik

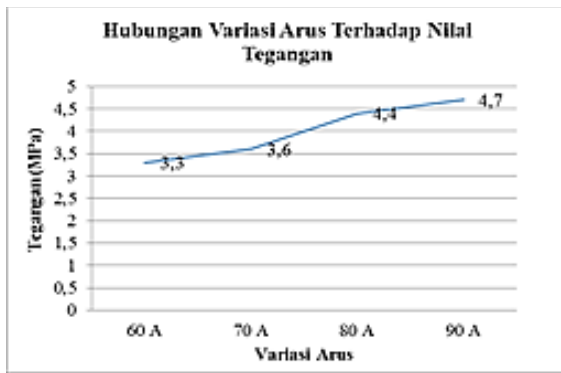
1. Tegangan Maksimum

Dari hasil pengujian sampel uji yang dibuat dengan empat variasi arus (60A, 70A, 80A, 90A), diperoleh hasil seperti yang tercantum pada Tabel 1

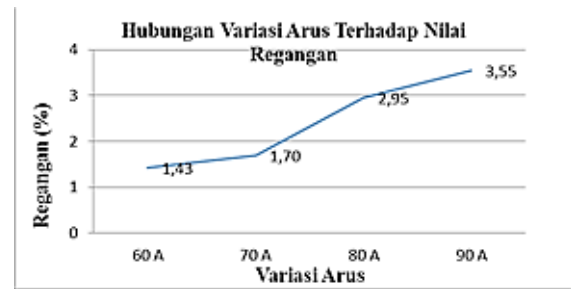
untuk tegangan maksimum. Pengaluran hubungan variasi arus terhadap tegangan maksimum yang terjadi ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4. Berdasarkan grafik diatas menjelaskan hubungan variasi arus menunjukan bahwa pengujian tarik dimana arus 60A memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 3,3 MPa. Pada pengelasan menggunakan arus 70A memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 3,6 Mpa. Pengelasan pada arus 80A memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 4,4 MPa. Dibandingkan arus 60A, 70A, dan 80A kecenderungan memiliki kekuatan tarik dengan nilai tegangan maksimum yang lebih rendah. Untuk Arus 90A memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dari pada arus 60A, 70A, dan 80A. Kekuatan tarik pada arus 90 memiliki nilai tegangan maksimum yang tertinggi yaitu 4,7 MPa. Pada penelitian yang dilakukan setiap variasi arus pengelasan menyebabkan bahan makin ulet sehingga ketangguhan yang dihasilkan tinggi, jadi semakin besar arus yang digunakan makan akan meningkatkan panas yang akan membuat kekuatan tariknya akan meningkat.

Tabel 3. Tegangan maksimum

No	Variasi Elektroda	Jumlah Spesimen	Tegangan Maksimum (Mpa)
1	60 A	1	3,53
		2	3,93
		3	2,84
		4	3,13
		5	2,84
		Rata - rata	3,3
2	70 A	1	3,72
		2	3,93
		3	3,43
		4	3,63
		5	3,23
		Rata - rata	3,6
3	80 A	1	3,92
		2	3,53
		3	4,7
		4	3,43
		5	4,8
		Rata - rata	4,4
4	90 A	1	5
		2	4,31
		3	4,21
		4	4,51
		5	4,31
		Rata - rata	4,7



Gambar 4. Hubungan variasi arus terhadap nilai tegangan



Gambar 5. Hubungan variasi arus terhadap nilai regangan

2. Regangan (e)

Tabel 4. Regangan

No	Variasi Elektroda	Jumlah Spesimen	Panjang Lo (mm)	Panjang Li (mm)	Regangan (%)
1	60 A	1	250	254,1	1,64
		2	250	252,7	1,08
		3	250	253,2	1,28
		4	250	252,9	1,16
		5	250	255	2,00
		Rata - rata	250	253,58	1,43
2	70 A	1	250	255,3	2,12
		2	250	252,9	1,16
		3	250	254,1	1,64
		4	250	253,8	1,52
		5	250	255,2	2,08
		Rata - rata	250	254,26	1,70
3	80 A	1	250	256,1	2,44
		2	250	255,7	2,28
		3	250	257,5	3,00
		4	250	254,2	1,68
		5	250	263,4	5,36
		Rata - rata	250	257,38	2,95
4	90 A	1	250	261,2	4,48
		2	250	258,6	3,44
		3	250	256,7	2,68
		4	250	259,4	3,76
		5	250	258,5	3,40
		Rata - rata	250	258,88	3,55

Grafik hubungan variasi arus terhadap regangan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 5.

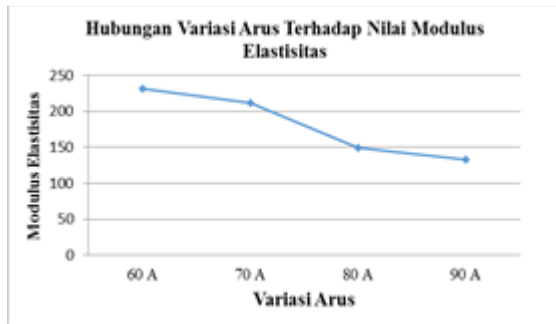
Regangan dari keempat benda uji sama naiknya dengan tegangan maksimum jika diurutkan dari 60A nilai regangan yang didapat sebesar 1,43 %, untuk benda uji 70A nilai regangan sebesar 1,70 %, untuk benda uji ketiga dengan arus 80A nilai rengangan sebesar 2,95 %, dan untuk arus 90A memiliki nilai regangan yang tinggi sebesar 3,55 %.

3. Modulus Elastisitas (E)

Tabel 5. Modulus Elastisitas

No	Variasi Elektroda	Jumlah Spesimen	Tegangan Maksimum (Mpa)	Regangan (%)	Modulus elastisitas
1	60 A	1	3,53	1,64	215,244
		2	3,93	1,08	363,889
		3	2,84	1,28	221,875
		4	3,13	1,16	269,828
		5	2,84	2	142,000
		Rata - rata	3,3	1,43	230,769
2	70 A	1	3,72	2,12	175,472
		2	3,93	1,16	338,793
		3	3,43	1,64	209,146
		4	3,63	1,52	238,816
		5	3,23	2,08	155,288
		Rata - rata	3,6	1,7	211,765
3	80 A	1	3,92	2,44	160,656
		2	3,53	2,28	154,825
		3	4,7	3	156,667
		4	3,43	1,68	204,167
		5	4,8	5,36	89,552
		Rata - rata	4,4	2,95	149,153
4	90 A	1	5	4,48	111,607
		2	4,31	3,44	125,291
		3	4,21	2,68	157,090
		4	4,51	3,76	119,947
		5	4,31	3,4	126,765
		Rata - rata	4,7	3,55	132,394

Grafik hubungan variasi arus terhadap modulus elastisitas ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan variasi arus terhadap nilai modulus elastisitas

Modulus elastisitas ialah nilai ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika suatu gaya diterapkan pada benda tersebut. Berdasarkan grafik pada Gambar 6 nilai modulus elastisitas dari benda uji dengan arus 60A sebesar 230,769 MPa, untuk benda uji kedua arus 70A dengan nilai modulus elastisitas sebesar 211,765 MPa, sedangkan nilai modulus elastisitas untuk arus 80A relatif menurun yaitu sebesar 149,153 MPa, dan modulus elastisitas arus 90A memiliki nilai yang paling rendah dibandingkan dengan ketiga variasi arus sebelumnya yaitu sebesar 132,394 MPa.

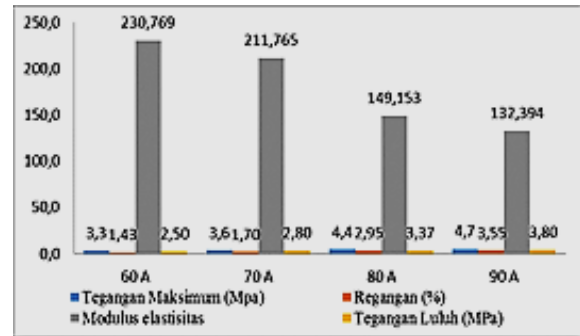
4. Tegangan Luluh

Tabel 6. Tegangan luluh

Variasi Elektroda	Tegangan Maksimum (Mpa)	Regangan (%)	Modulus elastisitas	Tegangan Luluh (MPa)
60 A	3,3	1,43	230,769	2,5
70 A	3,6	1,7	211,765	2,8
80 A	4,4	2,95	149,153	3,37
90 A	4,7	3,55	132,394	3,8

Grafik dari hubungan variasi arus terhadap tegangan luluh ditunjukkan pada Gambar 7. Titik luluh merupakan suatu batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan (*stress*) yang mengakibatkan bahan menunjukkan mekanisme luluh ini disebut tegangan luluh (*yield stress*). Nilai dari grafik hasil tegangan luluh diatas pada masing-masing benda uji mengalami kenaikan yaitu dengan arus 60A sebesar 2,5 MPa, pengujian kedua arus 70A nilai tegangan luluh sebesar 2,80 MPa, untuk pengujian ketiga dengan arus 80A nilai tegangan luluh sebesar 3,37 MPa, dan arus 90A

memiliki nilai tegangan luluh yang tinggi sebesar 3,80 MPa.



Gambar 7. Hubungan variasi arus terhadap tegangan luluh

Pada keempat kasus hasil uji tarik, dapat dibandingkan dengan menganalisa dari hasil pengujian dengan mengamati patahan yang terdapat pada keempat variasi arus, dilihat dari grafik pada keempat variasi tegangan maksimal, regangan, modulus elastisitas, dan tegangan luluh memiliki kesamaan dalam naik dan turunnya nilai diagram pada setiap grafik tersebut, yaitu setiap variasi arus pada pengujian tarik dengan nilai tegangan maksimum, regangan, dan tegangan luluh sama-sama mengalami kenaikan, sedangkan pada nilai modulus elastisitas mengalami penurunan nilai deformasi elastisnya. Hasil dari patahan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil uji tarik

Hasil Uji Kekerasan

Dari hasil pengujian sampel uji dibuat dengan empat variasi arus (60A, 70A, 80A, 90A), serta

masing-masing sampel dibuat rangkap tiga sebagai pembanding. Pada pengujian kekerasan dilakukan pada 6 titik pengujian tiap specimen bahan diantaranya : 1titik pada logam induk ASTM A36, 3 titik pada daerah HAZ ASTM A36, 3 titik pada daerah las an. Sampel yang telah diuji dicantumkan pada tabel hasil uji kekerasan (Tabel 7) dan nilai rata-rata kekerasan pada daerah titik uji ditunjukkan pada Tabel 8.

Grafik hubungan variasi arus pengelasan dan daerah titik terhadap nilai kekerasan (HRC) ditunjukkan pada Gambar 9. Didapat nilai rata-rata pada daerah las dengan arus 60 A yaitu 101,06 HRC, kemudian nilai pada titik HAZ baja sebesar 91,32 HRC, dan nilai rata-rata pada titik induk baja sebesar 95,3 HRC.

Tabel 7. Hasil pengujian kekerasan

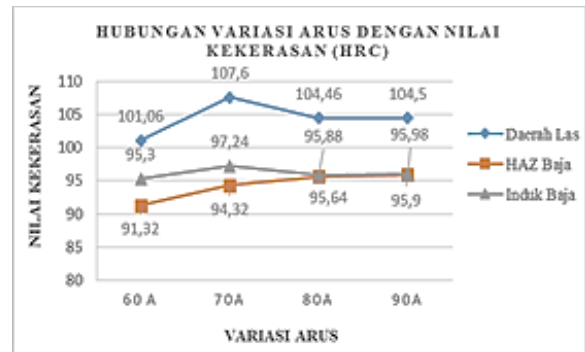
Variasi arus	spesimen	Hasil Uji Kekerasan		
		Daerah las	HAZ Baja	Induk baja
60 A	1	94	89,5	95
	2	98	96	93,6
	3	102,5	92	94,6
	4	103,5	88,7	98,6
	5	107,3	90,4	94,9
	Rata-rata (HRC)		101,6	91,32
70 A	1	106,7	96,4	95,2
	2	106,4	93	95,7
	3	106,5	99,4	99,2
	4	106,7	89,4	97,4
	5	111,7	93,4	98,7
	Rata-rata (HRC)		107,6	94,32
80 A	1	103,4	94,6	95,2
	2	108,6	97,1	91,5
	3	103,1	98,6	95,8
	4	103,6	90,7	95,4
	5	103,6	97,2	97,3
	Rata-rata (HRC)		104,46	95,64
90 A	1	101,5	96,6	97,9
	2	106,8	93,8	96,4
	3	108,2	98,3	94,3
	4	109,1	93,6	98
	5	96,9	97,2	93,3
	Rata-rata (HRC)		104,5	95,9

Untuk daerah las dengan arus 70 A mendapat kenaikan nilai rata-rata sebesar 107,6 HRC, kemudian titik HAZ baja sebesar 94,32 HRC, sedangkan dengan titik induk baja sebesar 97,24 HRC. Pada variasi arus 80 A relatif menurun dititik daerah las dengan nilai rata-rata sebesar 104,46 HRC, kemudian titik HAZ baja sebesar 95,88 HRC, sedangkan dengan nilai rata-rata induk baja sebesar 95,64 HRC. Pada arus 90 A nilai rata-rata yang didapat hampir sama dengan arus

80 A yaitu titik daerah las sebesar 104,5 HRC, sedangkan titik HAZ baja sebesar 95,98 HRC, untuk titik induk baja nilai rata-rata sebesar 95,9 HRC.

Tabel 8. Rata-rata hasil pengujian kekerasan (HRC)

No	Daerah Titik Uji	60 A	70A	80A	90A
1	Daerah Las	101,06	107,6	104,46	104,5
2	HAZ Baja	91,32	94,32	95,64	95,9
3	Induk Baja	95,3	97,24	95,88	95,98



Gambar 9. Hubungan variasi arus dengan nilai kekerasan (HRC)

Berdasarkan data tersebut nilai kekerasan rata-rata pada variasi arus 60 A, 70 A, 80 A, 90 A memiliki nilai kekerasan yang tidak jauh berbeda. Nilai kekerasan memiliki kecenderungan turun pada daerah HAZ maupun daerah lasso. Pada arus 60 A merupakan adanya indikasi terdapat tegangan sisa akibat adanya penyusutan.

Hubungan Antara Hasil Pengujian Terhadap Struktur Frame

Hasil perancangan *frame* alat uji torsi dengan menggunakan material berjenis baja karbon rendah yaitu ASTM A36 yang biasanya mempunyai kekuatan tarik antara 400 sampai 500 MPa dan pada penggunaan elektroda E6013 mempunyai nilai kekuatan tarik sebesar 461,9 MPa, untuk nilai tegangan luluh sebesar 379,6 MPa dan nilai regangannya yaitu 17 %. Penyetelan arus pengelasan akan berpengaruh pada panas yang ditimbulkan dalam pencairan logam dan penetrasi logam cair tersebut. Pada pengujian hasil las, memperlihatkan bahwa dengan menggunakan arus 90A memiliki nilai uji tarik dengan nilai tegangan maksimum sebesar 4,7 MPa, nilai regangan yang didapat sebesar 3,55 %, untuk nilai tegangan luluh sebesar 3,80 MPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas relatif menurun dibandingkan

dengan ketiga nilai diatas yaitu 132,394 MPa baik digunakan pada pengelasan baja ASTM A36 dengan kampuh V.

Frame mesin merupakan bagian terpenting dalam suatu mesin yang berfungsi untuk menahan beban yang terjadi selama mesin berkerja maupun tidak berkerja. Oleh karena itu, perhitungan *frame* sambungan las agar mendapatkan nilai aman sangat penting. Kekuatan sambungan las dihitung berdasarkan tegangan boleh dengan anggapan bahwa hubungan antara tegangan dengan regangan mengikuti hukum Hooke dengan syarat bahwa tegangan terbesar yang terjadi tidak melebihi tegangan boleh yang telah ditentukan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pengelasan dengan menggunakan arus 90A memiliki nilai uji tarik dengan nilai tegangan maksimum sebesar 4,7 MPa, nilai regangan yang didapat sebesar 3,55 %, untuk nilai tegangan luluh sebesar 3,80 MPa. Sedangkan nilai modulus elastistas relatif menurun dibandingkan dengan ketiga nilai diatas yaitu 132,394 MPa. Untuk nilai hasil uji kekerasan arus 70A memiliki nilai daerah las paling tinggi yaitu 107,6 HRC dan nilai pada titik induk logam sebesar 97,24 HRC, sedangkan nilai paling terendah dimiliki pada arus 60A sebesar 101,06 HRC. Untuk daerah HAZ baja yang memiliki nilai tertinggi pada arus 90 A sebesar 95,98 HRC. Dari hasil data dan grafik menjelaskan bahwa semakin besar arus yang digunakan maka semakin besar pula nilai pada kekuata tarik tersebut. Sedangkan untuk nilai kekerasan semakin besarnya arus tidak terlalu mempengaruhi nilai kekerasan.

Saran

Berdasarkan hasil analisa pada variasi arus terhadap pengelasan SMAW, diharapkan ada penelitian lanjutan dari penelitian yang sudah dilakukan, misalnya dengan menggunakan elektroda yang berbeda dengan variasi arus yang sama.

REFERENSI

Awali, J., Irawan, Y. S., & Choiron, M. A. (2014). Pengaruh kuat arus pengelasan dua layer dengan metode GTAW dan SMAW terhadap kekuatan tarik pada plat ASTM A 36. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(2), 107-112.

Azdkar, M. S., Pratikno, H., & Titah, H. S. (2019). Analisis pengelasan SMAW pada baja ASTM A36 dengan variasi elektroda terhadap sifat mekanik dan ketahanan biokorosi di lingkungan laut. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), G180-G185.

Jordi, M., Yudo, H., & Jokosisworo, S. (2017). Analisa Pengaruh Proses Quenching Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan SMAW. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(1).

Kurniawan, A. S., Solichin, S., & Puspitasari, R. P. (2017). Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja St. 41 Akibat Perbedaan Ayunan Elektroda Pengelasan SMAW. *Jurnal Teknik Mesin*, 24(1).

Limbong, S. R., & Yulianto, T. (2016). Analisa ASTM A36 Akibat Pengaruh Suhu Dan Quenching Terhadap Nilai Ketangguhannya. *Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya*.

Putri, F. (2010). Analisa pengaruh variasi kuat arus dan jarak pengelasan terhadap kekuatan tarik, sambungan las baja karbon rendah dengan elektroda 6013. *AUSTENIT*, 2(02).

Suryanto, H., & Qolik, A. (2017). Pengaruh variasi arus las smaw terhadap kekerasan dan kekuatan tarik sambungan dissimilar stainless steel 304 dan st 37. *Jurnal Teknik Mesin*, 24(1).

Widharto, S. (2013). *Welding inspection*. Jakarta: Mitra Wacana Media, 7.