

ANALISA VARIASI ARUS PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIK DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL BAJA ST 42 POSISI PENGELASAN 3G

Ihham Rian Fariski¹, Hanif^{2*}, Al Fathier²

¹Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Medan - Banda Aceh Km.280 Buket Rata

*Penulis Korespondensi: Hanif@pnl.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh arus pengelasan pada kekerasan dan kekuatan tarik pada pengelasan SMAW dengan elektroda E7016 dan posisi pengelasan 3 G. Penelitian ini menggunakan bahan baja ST 42 baja ini termasuk baja karbon rendah. Material ini diberi perlakuan pengelasan dengan variasi arus 80 Ampere, 90 Ampere, dan 100 Ampere dengan menggunakan las SMAW DCEP dengan elektroda di hubungkan dengan kutub positif dan logam induk di hubungkan dengan kutub negatif, posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan *vertical up* atau di *overhead* atas kepala, jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 60°. Spesimen dilakukan pengujian *Tensile Test* dan kekerasan *Vickers*. Hasil pengujian kekerasan pada Row Material memiliki kekerasan 183,8 HV dan Nilai kekerasan tertinggi pada daerah weldmetal terdapat pada specimen ke 1 dengan arus 90 amper dengan nilai sebesar 231, HV, dan yang terendah terdapat pada specimen ke 2 arus 100 amper dengan nilai sebesar 209,4 HV, sedangkan pada area HAZ nilai tertinggi terdapat pada specimen 1 HAZ I pada arus 80 dengan nilai 204,5 HV dan HAZ yang terendah pada specimen ke 1 arus 100 amper dengan nilai 156,2 HV, Dari hasil pengujian tarik Nilai kekuatan tarik maksimum tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi arus 80 amper yaitu 473,75 Mpa., arus 90 amper 462,08 Mpa., dan pada Row Material 441,49 Mpa., dan yang kekuatan tarik terendah adalah pada arus 100 amper 461,1 Mpa. Sedangkan hasil pengujian juga memperoleh informasi bahwa lokasi patahan juga terletak antara daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan *base metal*.

Keyword: Pengelasan SMAW, Material Plat Baja St 42, Uji Kekerasan Dan Uji Tarik

1.1 Latar Belakang

Penggunaan las SMAW ini banyak digunakan pada era ini dikarenakan pengelasan ini mudah dan praktis, Setiap proses pengelasan pasti berhubungan dengan arus pengelasan yang berfungsi untuk mendapatkan hasil sambungan yang baik atau lolos pengujian sesuai standart atau code yang dianut, oleh karena itu pemilihan besarnya arus pengelasan sangat penting sebelum melakukan proses pengelasan. Dampak yang paling mempengaruhi hasil pengelasan adalah penyetelan kuat arus. Jika arus yang digunakan

terlalu rendah akan menyebabkan sulitnya penyalan elektroda. Jika penyetelan arus kurang tepat maka busur listrik yang dihasilkan menjadi tidak stabil. Jika arus yang digunakan terlalu tinggi, maka bahan tambah atau elektroda akan mencair terlalu cepat dan menghasilkan permukaan las atau kampuh yang lebar dan penembusan yang terlalu dalam yang mengakibatkan pada kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan hasil pengelasan [3].

2.2 Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan yaitu pengaturan posisi suatu material atau letak suatu gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh

Kode yang ditetapkan oleh AWS adalah suatu posisi pengelasan dikaitkan terhadap jenis sambungan, huruf G memiliki makna groove yang digunakan untuk jenis sambungan yang berkampuh

Ada banyak jenis Posisi pengelasan dalam pengelasan yang terdiri dari :

1. posisi 1 G (Down hand).
2. posisi 2 G (Horizontal).
3. posisi 3 G (Vertikal).
4. Posisi 4 G (Overhead).

2.3 Pengaruh Parameter Pengelasan

Untuk mendapatkan hasil dari sebuah proses pengelasan yang baik, hal yang perlu diperhatikan sebelum melakukan pengelasan terdapat pada parameternya, berikut adalah sebuah parameter menurut para peneliti sebelumnya.

2.3.1 Arus Pengelasan

Di dalam pengelasan dimana besarnya arus juga mempengaruhi hasil dari las, di mana besarnya penyetelan arus listrik pada pengelasan tergantung dari bahan material dan ukuran kampuh pada lasan, geometri sambungan pengelasan, jenis elektroda dan diameter inti elektroda yang digunakan. Pengelasan pada daerah las yang mempunyai daya serap kapasitas panas yang tinggi diperlukan arus listrik yang besar [4]

2.3.2 Polaritas

1. Polaritas DCEN (*Direct Current Elektroda Negative*) atau juga disebut DCSP (*Direct Current Straight Polarity*).

Benda kerja yang akan dilas disambungkan dengan kutup (+) dan elektrodanya dihubungkan dengan kutub (-) pada mesin las DC. Kelebihan menggunakan polaritas DCSP adalah penetrasi dalam sehingga baik digunakan pada pengelasan lambat, untuk plat tebal.

2. Polaritas DCEP (*Direct Current Elektroda Positif*) Atau Juga Disebut DCRP (*Direct Current Revers Polarity*).

Benda kerja atau material dasar yang akan dilakukan pengelasan dihubungkan dengan kutub negative (-) dan elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif (+) dari mesin las DC. Kelebihan dari menggunakan polaritas DCEP ialah pencairan elektroda banyak mengakibatkan penetrasi dangkal sehingga baik digunakan untuk plat tipis.

2.3.3 Masukan Panas (*Heat Input*)

Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan *energy* pengelasan yang sering disebut heat input. Persamaan dari heat input hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut:

$$HI = \frac{E \times I \times 60}{V}$$

HI = Heat Input (J/mm)

E = Tenggangan Pengelasan (volt)

I = Arus Pengelasan (amp)

V = Kecepatan Pengelasan (mm/s)

2.4 Elektroda E7016

Elektroda E7016 termasuk jenis berpelindung basa yang memiliki pelindung yang tebal dan dapat dioperasikan dengan arus DCEP, dan dapat juga dioperasikan pada semua posisi kecuali vertical kebawah.

Kode elektroda mempunyai standar yang ditentukan oleh badan standarisasi kode elektroda yaitu AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society For Testing Materials*). Elektroda dengan kode E7016, untuk setiap huruf dan setiap angka mempunyai arti masing-masing yaitu [3]

E = Elektroda untuk las busur listrik

70 = Minimum hasil pengelasan dikalikan dengan 1000 psi, jadi 70.000 psi atau 483 MPa.

1 = Menyatakan pada semua posisi pengelasan

6 = komposisi kimia basic hydrogen rendah

Tabel 1 Diameter Elektroda E7016

Dia	2.6 mm	3.2 mm	4.0 mm	5.0 mm	6.0 mm
F.HF.H	55 - 85 A	90- 130 A	130 - 180 A	180 - 240 A	210 - 310 A
VU.OH	50 - 80 A	80 - 120A	110- 170 A	150 - 200 A	

2.4 Baja ST 42

Baja St 42 sering digunakan untuk pembuatan jembatan, pesawat, dan tanki, kapal dan dalam permesinan Baja St 42 adalah jenis baja konstruksi yang mempunyai kekuatan tarik 42 Kg/ mm² sampai 50 Kg/ mm². Baja ini mempunyai kandungan karbon

(C) dibawah 0,3 %, jadi termasuk dalam baja karbon rendah {Formatting Citation}

Tabel 2 Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah ST42 [6]

Unsur	% Komposisi Kimia
Besi (Fe)	99,435
Karbon (C)	0.10
Mangan (Mn)	0,30
Silikon (Si)	0,121
Sulfur (S)	0,025
Phospor (P)	0,019

3 Metode Penelitian

Metode Penelitian Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe dan Politeknik Negeri Medan dengan kondisi dan peralatan yang disesuaikan guna memperoleh data yang akurat.

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut: Bahan Penelitian Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

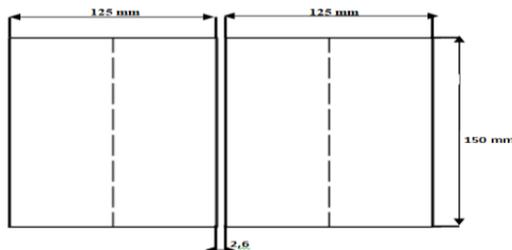
1. Spesimen
2. Elektroda E7016

Alat Penelitian Adapun persiapan peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin frais
2. Peralatan pengelasan
3. Mesin las SMAW
4. Penggaris
5. Mesin uji tarik GALDA/ITALY
6. Mesin uji kekerasan Vickers
7. Stopwatch
8. Jangka sorong
9. Spidol permanen
10. Benda uji
11. Meteran

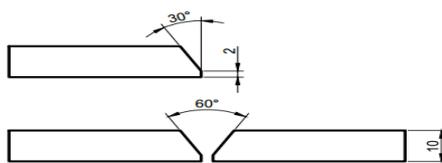
3.2 Proses Pembuatan Sampel Benda Uji Dan Proses Pengelasan

1. Spesimen las dipotong dengan ukuran 150×250×10 mm.



Gambar 1 Material St 42

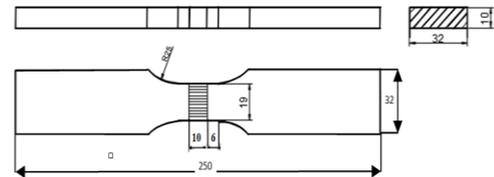
2. Setelah dipotong dilakukan pembentukan sudut kampuh V dengan sudut 60 menggunakan gerinda tangan.



Gambar 2 Kampuh 60 °

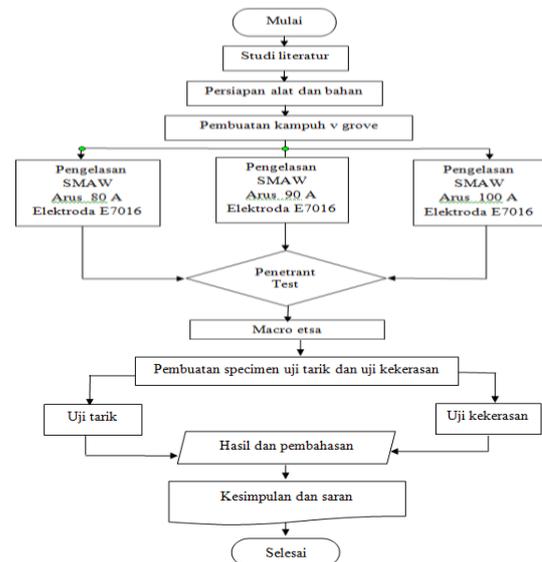
Dilakukan penyambungan dengan pengelasan pada sudut kampuh V dengan kuat arus masing-masing 80 Ampere, 90 Ampere, 100 Ampere.

3. Elektroda yang digunakan adalah jenis E7016 diameter 2.6 mm untuk (Root Pass), E7016 diameter 3,2 untuk pengelasan (filer dan capping).
4. Dilakukan pembentukan spesimen uji tarik sesuai standart ASME SECTION IX berupa persegi panjang serta pembersihan spesimen dari sisa pengelasan dengan menggunakan mesin frais.



Gambar 3 Standar Asme Section IX [5]

3.4 Diagram Alir



4 Hasil Dan Pembahasan

4.1 Penetrant Test

Hasil dari pengujian penetrant dilakukan untuk mengetahui cacat pada pengelasan, seperti terlihat pada Gambar 4



Gambar 4 Hasil Penetrant Arus 80A,90A,100A

Dari hasil Gambar 4 pada capping arus 80 90 dan arus 100 Amper tidak ditemukan cacat las sehingga dapat melanjutkan pada proses selanjutnya.

4.2 Hasil Macro Etsa

Hasil macro Etsa ditunjukkan sebagai berikut Pengujian makro merupakan salah satu pengujian *Metalography* pada material yang secara langsung dengan memakai visual. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas hasil lasan melalui potongan melintang dari lasan pada material.



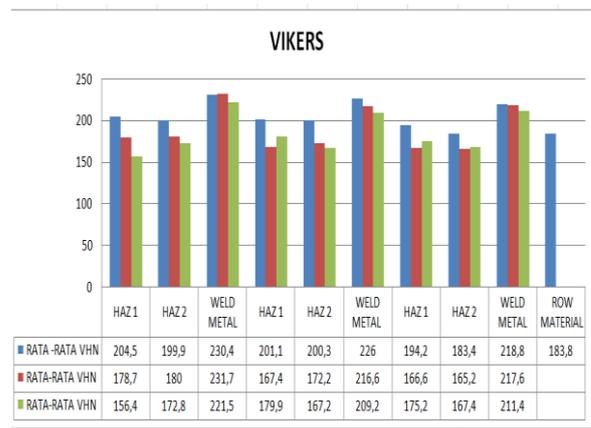
Gambar 5 Hasil Macro Etsa

4.3 Uji Kekerasan Vickers

Setelah dilakukan makro etsa selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan maka didapat hasil pada Tabel 1

NO	ARUS PENGELASAN	Daerah pengujian	Kekerasan Vickers											
			specimen 1	Rata-rata	specimen 2	Rata-rata	specimen 3	Rata-rata						
	Rowmaterial	Rowmaterial	183,8											
1	Arus 80	Weld metal	241,1	233,6	216,5	230,4	223	225,7	229,2	226,0	218,6	216,5	221,3	218,8
2		HAZ I	206,4	197,9	209,2	204,5	214,4	192,3	196,5	201,1	191,9	198,3	192,5	194,2
3		HAZ II	184,5	204,8	210,3	199,87	192,7	207,4	200,8	200,3	183,6	180,7	186	183,4
1	Arus 90	Weld metal	229	233,3	232,8	231,7	210,3	224,7	214,9	216,6	223,2	200,2	229,5	217,6
2		HAZ I	184,7	171,3	180,2	178,7	161,4	173,8	167,1	167,4	191,3	164	144,6	166,6
3		HAZ II	177,9	175,3	186,9	180,1	168,7	171,1	176,9	172,2	157,8	175,7	162,1	165,2
1	Arus 100	Weld metal	206,8	231,5	226,2	221,5	212,1	209,4	212,1	209,2	204,6	193,5	236,2	211,4
2		HAZ I	159,7	159,7	155,2	156,4	184,7	175	180	179,9	168,9	161,4	171,8	175,2
3		HAZ II	174,5	165,1	178,8	172,8	155	177	169,7	167,2	173,3	170,8	181,6	167,4

Dari data Tabel 1 di atas dapat dibuat dalam bentuk grafik kekerasan specimen material plat baja St 42 pada weld metal dan Haz I Dan Haz II dengan arus 80 amper 90 amper dan 100 amper yang terdapat pada Gambar dibawah ini : Grafik Gambar 6 Hasil Rata-Rata Pengujian Vickers



Gambar 6 Rata-rata pengujian Vicker

Dari tabel 1 dan gambar 6 menampilkan nilai kekerasan rata-rata yang paling tinggi akibat variasi arus pengelasan pada material St 42 didapatkan bahwa weld metal merupakan daerah yang mempunyai nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada specimen ke 1 dengan pengelasan variasi arus 90 Amper dengan nilai sebesar 231,7 HV, kemudian Arus 80 amper dengan nilai sebesar 230,4 HV dan yang terendah adalah Arus 100 amper yaitu dengan nilai 209,2 HV

Sedangkan pada daerah HAZ kekerasan paling tinggi terdapat pada Arus 80 amper HAZ I specimen ke 1 dengan nilai 204,5 HV dan pada daerah HAZ II specimen ke 2 dengan nilai 200,3 HV untuk arus 90 amper pada daerah HAZ II specimen ke 1 dengan nilai 180 HV, pada daerah HAZ I specimen ke 1 dengan nilai 178,7 HV sedangkan pada arus 100 daerah HAZ I specimen ke 2 dengan nilai 179,9 HV, pada daerah HAZ I specimen ke 3 dengan nilai 175,2 HV dan daerah HAZ yang terendah terdapat pada arus 100 amper daerah HAZ I specimen ke 1 dimana nilai kekerasan yaitu 156,4 HV dan pada arus 90 amper specimen ke 3 daerah HAZ II dengan nilai 165,2 HV.

Dari hasil pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan weldmetal tertinggi terdapat pada spesimen arus 90 amper specimen ke 1 dan yang terendah terdapat pada arus 100 amper specimen ke 2 sedangkan area HAZ tertinggi terdapat arus 80 amper specimen ke 1 dan yang terendah pada arus 100 amper specimen ke 1. Hal ini dikarenakan efek pendinginan cepat dan perubahan fasa yang terbentuk pada proses ini [7]

4.4 Uji Tarik (Tensile Test)

Setelah dilakukan pengujian kekerasan vickers dan proses pembentukan specimen uji tarik maka selanjutnya dilakukan pengujian uji

tarik didapatkan data hasil pengujian seperti pada tabel 4.2,4.3,4.4 dan 4.5.

Tabel 2 Data hasil uji tarik Raw Material

Sampel	Spesifikasi Sampel			Hasil Uji Tank		
	Luas Penampang (mm ²)	σ_y (Mpa)	ϵ_{max} (%)	Beban Maksimum (Kgf)	Tensile Strength Kgf/mm ²	Tensile Strength (Mpa)
Row Material	190	1.118	39.46	8554.59	45.02	441.49

Dari tabel 2 di atas di dapatkan hasil bahwa spesimen Row Material memiliki nilai tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) (441.49 Mpa), Nilai *yield strenght* (1.118 MPa) dan nilai elongation (regangan) sebesar 39.46%. sehingga material tersebut dapat dipastikan material St 42 dikarenakan memiliki nilai kekuatan tarik, nilai yield strenght dan nilai elongation dari pengujian yang telah dilakukan di lab uji material Politeknik Negeri Lhokseumawe.



Gambar 7 Letak Putus Specimen Row Material

Tabel 3 Data hasil uji tarik arus 80 amper

Sampel	spesifikasi sampel		Hasil Uji Tarik			
	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)	beban Maksimum (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm ²)	Tensile Strength (Mpa)
A1	19	10	190	9211.13	48.48	475.42
A2	19	10	190	9168.68	48.26	473.26
A3	19	10	190	9157.36	48.20	472.67
Rata-rata				9179.06	48.31	473.75

Dari tabel 3 ditemukan bahwa tegangan tarik maksimum memiliki nilai rata-rata sebesar 48.31(kgf/MM²). Yang dapat dikonversikan ke dalam satuan MPa sehingga didapatkan harga sebesar 473.75 Mpa.

$$\sigma u = 48.31 \times 9.8066 = 473.75 \text{ (Mpa)}$$



Gambar 8 Letak Putus Specimen Arus 80 A

Sedangkan hasil pengujian juga memperoleh informasi bahwa lokasi patahan juga terletak antara daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan base metal. Gambar 8 menunjukkan titik putus pengujian tarik pada spesimen arus 80 amper.

Tabel 4 Data hasil uji tarik arus 90 amper

Sampel	spesifikasi sampel		Hasil Uji Tank			
	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)	beban Maksimum (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm ²)	Tensile Strength (Mpa)
B1	19	10	190	8526.29	33.82	331.65
B2	19	10	190	9024.36	48.10	471.69
B3	19	10	190	930.725	43.59	427.46
Rata-rata				8952.63	47.12	462.08

Dari tabel 4 ditemukan bahwa tegangan tarik maksimum memiliki nilai ra-rata sebesar 47.12(kgf/MM²). Yang dapat dikonversikan ke dalam satuan MPa sehingga didapatkan hargasebesar 462.08 (Mpa).

$$\sigma u = 47.12 \times 9.8066 = 462.08 \text{ (Mpa)}$$



Gambar 9 Letak Putus Specimen Arus 90 A

Sedangkan hasil pengujian juga memperoleh informasi bahwa lokasi patahan juga terletak antara daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan base metal. Gambar 9 menunjukkan titik putus pengujian tarik pada spesimen arus 90 amper.

Tabel 5 Data hasil uji tarik arus 100 amper

Sampel	spesifikasi sampel		Hasil Uji Tarik			
	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)	beban Maksimum (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm ²)	Tensile Strength (Mpa)
C1	19	10	190	8786.64	46.25	453.55
C2	19	10	190	9072.47	47.75	468.26
C3	19	10	190	8942.29	47.06	461.49
Rata-rata				8933.80	47.02	461.10

Dari Tabel 5 ditemukan bahwa tegangan tarik maksimum memiliki nilai rata-rata sebesar 47.02 (kgf/MM²). Yang dapat dikonversikan ke dalam satuan MPa sehingga didapatkan harga sebesar 473.75 Mpa.

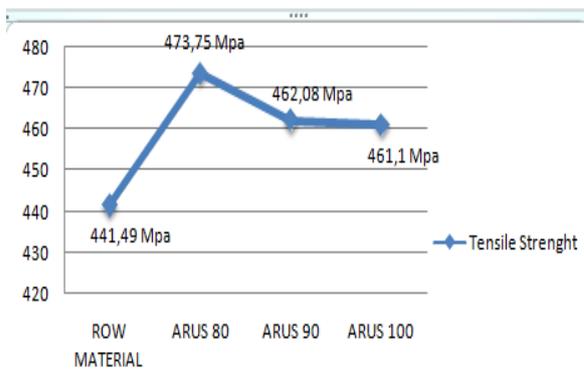
$$\sigma u = 47.02 \times 9.8066 = 461.10 \text{ (Mpa)}$$



Gambar 10 Letak Putus Specimen Arus 100 A

Sedangkan hasil pengujian juga memperoleh informasi bahwa lokasi patahan juga terletak antara daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan base metal, Berikut Gambar 4.15 menunjukkan titik putus pengujian tarik pada spesimen arus 100 amper.

Berikut adalah Gambar 11 perbandingan antara Row Material dan variasi Arus 80 Amper, 90 Amper, 100 Amper dalam satuan MPa.



Gambar 11 Hasil Rata-Rata Dari Pengujian Tarik

Dari Gambar 11 di atas menunjukkan tingkat kekuatan tarik dari material baja St 42 baik yang

mengalami perlakuan pengelasan ataupun tidak terkena perlakuan, didapatkan hasil bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada material dengan arus 80 amper dengan nilai tensile strength 473,75 Mpa lebih tinggi dari 462,08 Mpa, Row material senilai 441,49 Mpa, pada arus 90 amper 462,08 Mpa dan pada arus 100 amper 461,1 Mpa. Sementara titik putus spesimen terjadi pada area perbatasan HAZ dan Base Metal. Dari data hasil uji tarik menunjukkan bahwa variasi arus pada posisi pengelasan 3 G sangat mempengaruhi kekuatan dari material dimana melakukan proses variasi arus yang berbeda pada Material St 42. Nilai kekuatan tarik terendah dari variasi arus 100 Amper 461,1 Mpa, sehingga material St 42 dengan variasi arus 100 amper masih layak digunakan.

Adapun jenis perpatahan dari setiap spesimen uji tarik termasuk dalam perpatahan Ulet (*Ductile Fracture*) yang ditandai dengan penyerapan energi disertai dengan adanya deformasi plastik yang cukup besar disekitar perpatahan, sehingga permukaan patahan tampak kasar. Dengan hasil ini semoga menjadi informasi bagi dunia industri dibidang pengelasan khususnya pada proses pengelasan dengan variasi arus untuk mengetahui variasi arus yang tepat di suatu industri khususnya dibidang pengelasan yang menggunakan material baja St 42.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari sebuah penelitian ini setelah proses pengambilan dan analisis data pengaruh Variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik, nilai kekerasan, dan pengujian Metalografi yaitu pengujian Makro Etsa dan Penetrant Test Pada material St 42 menggunakan proses pengelasan SMAW adalah

1. Pada pengelasan SMAW dengan menggunakan variasi arus pengelasan 80A, 90A, 100A, dengan menggunakan Elektroda E7016 pada posisi pengelasan 3G vertical up memiliki nilai kekerasan tertinggi pada daerah weld metal terdapat pada specimen ke 1 dengan arus 90 amper dengan nilai 231,7 HV dan yang terendah terdapat pada specimen ke 2 arus 100 amper dengan nilai 209,2 HV sedangkan pada area HAZ nilai tertinggi terdapat pada specimen 1 HAZ I arus 80 A dengan nilai 204,5 HV dan HAZ yang terendah pada specimen ke 1 HAZ I arus 100 A dengan nilai 156,4 HV.
2. Pada pengelasan SMAW dengan menggunakan variasi arus pengelasan 80A, 90A, 100A, dengan menggunakan Elektroda E7016 pada posisi pengelasan 3G vertical up memiliki nilai kekuatan tarik maksimum tertinggi terdapat pada spesimen

dengan variasi arus 80 amper yaitu 473,75 Mpa., arus 90 amper 462,08 Mpa., dan pada Row Material 441,49 Mpa., dan yang kekuatan tarik terendah adalah pada arus 100 amper 461,1 Mpa. Sedangkan hasil pengujian juga memperoleh informasi bahwa lokasi patahan juga terletak antara daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan base metal.

3. Kecepatan pengelasan sangat mempengaruhi pada nilai kekerasan dan tarik. Nilai kekerasan akan cenderung semakin kecil jika kecepatan las semakin kecil. Namun berbanding terbalik dengan nilai tegangan tariknya, karena tegangan tarik akan semakin membesar jika kecepatan las semakin rendah.
4. Hasil pengujian foto *Makro Etza* untuk melihat daerah HAZ sehingga memudahkan melakukan pengujian kekerasan.
5. Hasil *Penetran Tets* perlayer memudahkan untuk melihat jenis-jenis cacat pada pengelasan dan proses ini sangat efektif agar tidak terjadi pengulangan pada saat proses pengelasan dilapangan.

- [7] H. Hamdani, J. Jufriadi, A. Ariefin, E. Saputra, and M. Ghiffari, "Pengaruh pengelasan dan media quenching terhadap kekuatan tarik dan kekerasan material ASTM A 36," *J. Teknol.*, vol. 21, no. 2, pp. 65–69, 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Effendi, "Studi Pengaruh Heat Input Terhadap Ketangguhan Impact Las SMAW Posisi Vertikal Baja ST 60 Temper," *Traksi*, vol. 9, no. 2, pp. 10–16, 2009.
- [2] H. Hamdani, "Pengaruh Masukan Panas Proses Pengelasan terhadap Sifat Mekanik Baja AISI 1045 suatu Kajian Analitis dan Analisa Numerik," *J. Polimesin*, vol. 17, no. 1, pp. 1–8.
- [3] A. Hamid, "Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan," *J. Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 26–36, 2016, doi: 10.22441/jte.v7i1.813.
- [4] Tarkono, Sugiyanto, and Andriyanto, "Studi penggunaan jenis elektroda las yang berbeda terhadap sifat mekanik pengelasan SMAW Baja AISI 1045," *J. Mech.*, vol. 1, no. 1, pp. 51–62, 2010.
- [5] M. Nofri, "Analisis Ketangguhan antara Baja st 37 dan st42 dengan Ketebalan dan Variasi Lapisan Karbon Fiber untuk Kerangka Mobil Listrik." Presisi, 2019.
- [6] P. Nugroho, "Analisa Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Material Baja Karbon Rendah ST42," pp. 477–482.