

## Analysis of Tensile Strength, Hardness and Microstructure on SMAW Welding Using E 6013 Electrodes with Variation in Electrodes Motion

Andri Santoso<sup>1\*</sup>, Awal Syahrani<sup>2</sup>, Mustafa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako  
Jl. Soekarno Hatta Km.9 Tlp. (0451) 422611- 422355

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako  
Jl. Soekarno Hatta Km.9 Tlp. (0451) 422611- 422355

\*Corresponding author:

**Abstract.** This study aims to determine the effect of electrode motion on the mechanical properties and microstructure of SMAW welding with E 6013 electrode. The SMAW welding process uses a variety of straight, zigzag and spiral electrode movements. The electrode used is E 6013 with a diameter of 3.2 mm. The current size used is 90 Amperes. The type of camp used is a V-shaped with an angle of 60°, a root height of 2 mm and a root range of 3 mm. Tests conducted are tensile testing, hardness and microstructure observation. The highest tensile strength value in the spiral electrode motion is 616.6 Mpa and the lowest in the zig-zag electrode is 596 MPa. While the highest strain value found in the motion of zig-zag electrode is 22.91% and the lowest in the spiral electrode movement is 19.41%. For the highest modulus of elasticity is found in the straight electrode movement of 12.070.02 Mpa and the lowest in the motion of the zigzag electrode is 10.339.48 Mpa. The highest hardness value is in welding with zigzagging electrode movement that is 147.44 kg / mm<sup>2</sup> and the lowest in straight electrode movement is 143.19 kg / mm<sup>2</sup>.

**Keywords:** SMAW, electrode motion, tensile strength, hardness, microstructure

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gerakan elektroda terhadap sifat mekanis dan struktur mikro hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E 6013. Proses pengelasan SMAW menggunakan variasi gerakan elektroda lurus, zig-zag dan spiral. Elektroda yang digunakan adalah E 6013 dengan diameter 3.2 mm. Besar arus yang digunakan ialah 90 Ampere. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 60°, tinggi akar 2 mm dan jarak akar 3 mm. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik, kekerasan dan pengamatan struktur mikro. nilai kuat tarik tertinggi pada gerakan elektroda spiral yaitu 616.6 Mpa dan terendah pada gerakan elektroda zig-zag yaitu 596 Mpa. Sedangkan nilai regangan tertinggi terdapat pada gerakan elektroda zig-zag yaitu 22.91% dan terendah pada gerakan elektroda spiral yaitu 19.41%. Untuk nilai modulus elastisitas tertinggi terdapat pada gerakan elektroda lurus yaitu 12.070.02 Mpa dan terendah pada gerakan elektroda zig-zag yaitu 10.33.48 Mpa. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada pengelasan dengan gerakan elektroda zig-zag yaitu 147.44 kg/mm<sup>2</sup> dan yang terendah pada gerakan elektroda lurus yaitu 143.19 kg/mm<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** SMAW, electrode motion, tensile strength, hardness, microstructure

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

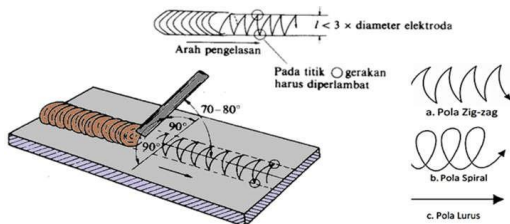
### Pendahuluan

Faktor yang mempengaruhi hasil lasan adalah prosedur pengelasan yang merupakan suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Beberapa hal yang termasuk prosedur pengelasan yaitu jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat-alat yang diperlukan, bahan-bahan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan, perlakuan setelah pengelasan, pengaturan pekerjaan dan lain-lainnya [1].

Pada proses pengelasan sering terjadi hasil las yang tidak halus dan kadang menimbulkan cacat pada daerah-daerah lasan. Untuk menghindari masalah tersebut maka dilakukan proses pengelasan dengan metode gerakan elektroda. Dengan perlakuan tersebut maka hasil lasan yang halus dan rata serta terhindar dari cacat pada hasil lasan, Pada proses pengelasan dibutuhkan suatu gerakan elektroda untuk meratakan peleburan logam pengisi dan logam induk yang tujuannya untuk mengurangi terjadinya takikan dan pencampuran terak pada daerah lasan. Contoh beberapa gerakan elektroda yaitu pola spiral, zig-zag dan lurus[1].

Pengaruh teknik pengelasan alur spiral, alur zig-zag dan lurus pada arus 85 A terhadap kekuatan tarik baja ST 41 pada pengelasan SMAW diperoleh hasil penelitian, nilai kekuatan tarik tertinggi rata-rata 32.50 Kgf/mm<sup>2</sup> terjadi pada gerakan elektroda pola spiral, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah rata-rata 31.40 kgf/mm<sup>2</sup> terjadi pada gerakan elektroda pola lurus, sedangkan nilai kekuatan tarik pada gerakan elektroda pola zig-zag yaitu rata-rata 32.36 kgf/mm<sup>2</sup> [2]. Analisis kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja ST 41 akibat perbedaan ayunan elektroda pengelasan SMAW diperoleh hasil penelitian yang membuktikan bahwa struktur mikro dan makro yang terjadi pada baja ST 41 menunjukkan patah ulet. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya dimple atau cekungan-cekungan pada hasil foto struktur mikro daerah patahan. Posisi pengelasan memberikan pengaruh yang nyata pada hasil kekuatan tarik, dimana nilai kekuatan tarik tertinggi pada posisi 1G adalah 450.6 MPa dengan ayunan elektroda zig-zag dan untuk nilai kekuatantarik tertinggi pada posisi 3G adalah 447,1 MPa dengan ayunan elektroda spiral[3].

Gerakan elektroda merupakan bagian dari proses pengelasan yang berfungsi untuk mendapatkan hasil lasan yang halus dan rata serta menghindari cacat pada hasil lasan. Adapun cara kerjanya adalah meratakan peleburan logam pengisi dan logam induk yang bertujuan untuk mengurangi terjadinya takikan dan pencampuran terak pada daerah lasan.



**Gambar 1.** Pola gerakan elektroda [1].

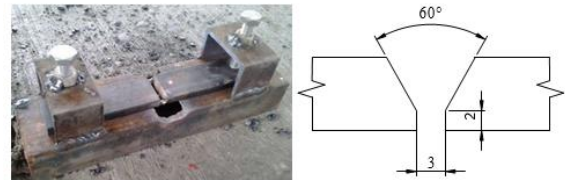
Pola zig-zag merupakan gerakan elektroda yang menyerupai gerakan untuk menjahit dan memperluas area penyambungan/pengelasan. Fungsi dari gerakan ini dimaksudkan untuk memastikan dua atau lebih material yang dilas dapat tersambung dengan baik.

Pola spiral merupakan gerakan elektroda yang gerakannya hampir melingkar dan dilakukan secara kontinyu yang mana dalam pengelasan dimaksudkan untuk meratakan logam lasan pada proses pengelasan agar mendapat hasil yang baik.

Pola lurus merupakan gerakan elektroda yang gerakannya berdasarkan jalur kampuh dan elektroda yang bertujuan untuk mengisi dan menyambung daerah yang dilalui oleh jalur pengelasan..

**Metode**

Material yang digunakan adalah baja komersil dengan tipe besi strep dipotong menggunakan Cut Off sesuai dengan lebar ± 3.5 mm dan panjang 1 bagiannya ± 102 mm dari 2 bagian. Proses pengelasan dilakukan dengan arus 90 A yang menggunakan elektroda E 6013, kemudian pada tiap-tiap spesimen dilakukan pengelasan dengan gerakan elektroda zig-zag, spiral dan lurus dengan 2x pelapisan.



**Gambar 2.** Model pembentukan spesimen

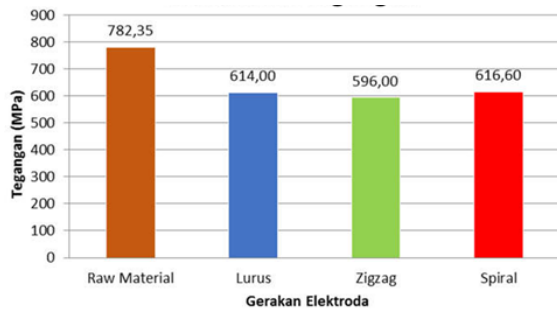
**Hasil dan Pembahasan**

Pengujian tarik digunakan untuk mengetahui sifat kuat tarik pada spesimen uji. Pengujian tarik ini akan menghasilkan tegangan (σ), regangan (ε) dan elastisitas (E). Selain itu, pengujian tarik pada raw material dapat mempermudah untuk menentukan jenis/tipe baja pada material tersebut.

**Tabel 1** Hasil pengujian tarik

NO	PARAMETER	SPESIMEN			
		Raw Material	Lurus	Zigzag	Spiral
1	TEGANGAN (MPa)	789.09	648.11	558.70	594.52
2		755.80	603.40	616.08	614.05
3		802.16	617.24	584.55	609.68
4		557.13	639.14	641.26	641.26
5		644.10	581.54	623.50	623.50
	RATA-RATA	782.35	614.00	596.00	616.60
1	REGANGAN (%)	36.49%	34.21%	34.21%	35.09%
2		37.19%	21.76%	23.47%	18.13%
3		36.63%	24.43%	21.76%	21.87%
4		7.86%	13.44%	11.20%	11.20%
5		10.45%	21.65%	10.77%	10.77%
	RATA-RATA	36.77%	19.74%	22.91%	19.41%
1	ELASTISITAS ε (MPa)	8,736.85	6,816.75	7,058.24	7,963.13
2		8,909.17	13,266.27	11,644.65	11,579.12
3		7,905.69	12,420.83	10,957.61	12,578.25
4		14,652.06	12,505.38	13,423.79	13,423.79
5		13,195.44	9,527.89	12,570.39	12,570.39
	RATA-RATA	8,517.24	12,070.27	10,338.76	11,622.93

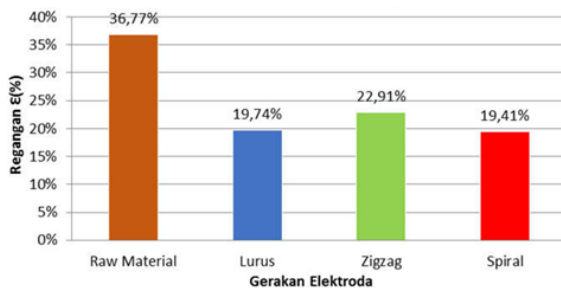
Berdasarkan Tabel 1, dapat ditentukan tipe baja berdasarkan kuat tarik pada raw material. Dalam DIN 17100 berdasarkan tensile strength dengan ketebalan material ≥3 mm dan ≤100 mm dengan kuat tarik antara 670-830 Mpa maka ditentukan steel grade dengan kode ST 70-2.



**Gambar 3.** Grafik nilai tegangan

Gambar 3, diperoleh nilai tegangan tertinggi pada raw material dengan tegangan yaitu 782.35 Mpa, kemudian diikuti dengan gerakan elektroda spiral yaitu 616.6 Mpa, gerakan elektroda lurus yaitu 614 Mpa dan gerakan elektroda zig- zag yaitu 596 Mpa. Hal yang menyebabkan perbedaan yang besar pada tegangan antara raw material dan spesimen hasil lasan yaitu dipengaruhi oleh proses pengelasan karena pada proses tersebut menimbulkan panas dan mengubah sifat mekanis dari materialnya yang menghasilkan spesimen hasil lasan mempunyai kuat tarik (tegangan) yang lebih rendah (menurun).

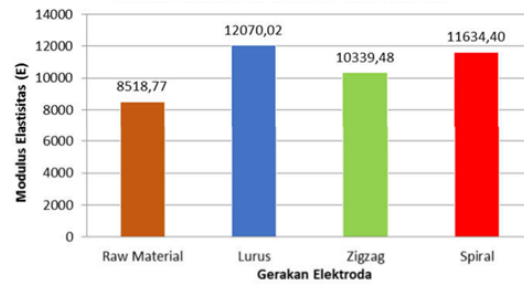
Sedangkan perbedaan kuat tarik (tegangan) pada spesimen pengelasan beda gerakan elektroda disebabkan oleh pengaruh siklus thermal pada area logam lasan dan HAZ, karena pada tiap beda gerakan elektroda memiliki area jangkauan lasan dalam pengelasan dan panas yang masuk berbeda pula. Untuk nilai tegangan tarik terbesar pada spesimen pengelasan beda gerakan elektroda berada pada gerakan spiral yaitu 616.6 MPA



**Gambar 4.** Grafik nilai regangan

Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai regangan yang tertinggi terdapat pada raw material yaitu 36.77%, yang diikuti dengan gerakan elektroda zig-zag yaitu 22.91%, gerakan elektroda lurus 19.74% dan gerakan elektroda spiral yaitu 19.41%. Pada grafik regangan ini dapat dilihat bahwa pada spesimen hasil lasan memiliki hasil berbanding terbalik dengan grafik tegangan, yaitu ketika nilai tegangannya tinggi maka nilai regangannya rendah, tetapi tidak terjadi pada raw material yang memiliki nilai tegangan serta regangan yang tinggi. Hal ini

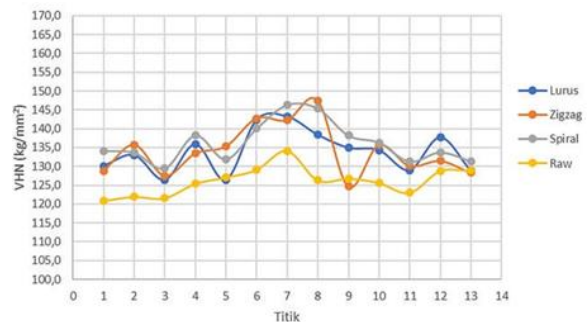
disebabkan oleh pengaruh proses pengelasan yang menimbulkan terjadinya siklus termal yang merubah sifat dari material tersebut [4]



**Gambar 5.** Grafik Nilai Modulus Elastis

Gambar 5. dapat dilihat bahwa gerakan elektroda lurus memiliki elastisitas tertinggi yaitu 12.070.02 Mpa, diikuti dengan gerakan elektroda spiral yaitu 11.634.4 Mpa, gerakan elektroda zig-zag yaitu 10.339.48 Mpa dan yang terendah raw material yaitu 8.518.77 Mpa. hal ini membuktikan bahwa proses pengelasan dapat meningkatkan sifat elastisitas pada material meningkat.

Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui kekerasan dari material dengan satuan VHN ( $\text{kg/mm}^2$ ) pada permukaan spesimen uji. Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian kekerasan berdasarkan spesimen ujinya.



**Gambar 6.** Grafik Kekerasan Spesimen

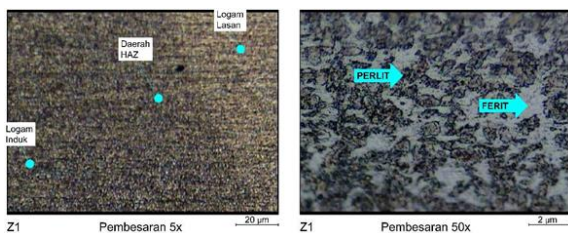
Pada Gambar 6. grafik kekerasan spesimen menunjukkan bahwa spesimen yang dilakukan proses pengelasan memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan raw material. Hal tersebut disebabkan oleh proses pengelasan yang menimbulkan panas dan mengakibatkan terjadinya siklus termal yang mengubah sifat dari materialnya. Nilai kekerasan tertinggi pada raw material adalah 134.13  $\text{kg/mm}^2$ .

Selain itu, yang ditunjukkan pada grafik kekerasan adalah bentuk tingkatan kekerasan pada spesimen lasan beda gerakan elektroda, yang mana kekerasan tertinggi terdapat pada area tengah yang merupakan logam lasan dan daerah HAZ. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen lasan

dengan gerakan elektroda zig- zag yaitu 147.44 kg/mm<sup>2</sup>, yang diikuti dengan gerakan elektroda spiral yaitu 146.34 kg/mm<sup>2</sup>, gerakan elektroda lurus 143.19 kg/mm<sup>2</sup>. Adapun kekerasan pada spesimen lasan yang membentuk zig-zag (tidak beraturan) disebabkan oleh pengambilan titik pengujian kekerasan pada spesimen uji membentuk zig-zag pula dan titik yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi terdapat pada area permukaan yang lebih dekat dengan arah pengelasan. Hal ini disebabkan oleh siklus termal yang terjadi pada waktu pengelasan. Karena siklus termal yang terjadi sangat rumit maka dengan sendirinya perubahannya pun sangat rumit. Dari hasil pengujian kekerasan ini, bisa dilihat bahwa gerakan elektroda pada pengelasan diperoleh hasil kekerasan tertinggi pada pengelasan dengan gerakan zig- zag yaitu 147.44 kg/mm<sup>2</sup>.

Logam lasan ini merupakan material logam induk dan elektroda yang melebur dan bercampur saat proses pengelasan berlangsung yaitu pada saat fasa cair/liquid dengan temperatur berada lebih dari 1500°C yang kemudian menjadi solid solution dan mengalami proses pembekuan/ solid. Struktur mikro yang biasanya terbentuk dicirikan dengan struktur yang berbutir panjang/columnar grains [5].

Daerah HAZ merupakan daerah dari sebuah material induk yang terkena pengaruh oleh panas pada saat proses pengelasan berlangsung. Temperatur yang terjadi pada daerah ini memiliki nilai yang lebih rendah dari pada logam lasan yang mencair yaitu pada temperatur solid solution. Proses perubahan struktur mikro ketika pendinginan lambat yang terjadi yaitu temperatur berada pada suhu ±680°C, maka ferit akan terendapkan dari austenit kemudian pada saat temperatur ±590°C mulai pengendapan struktur perlit hingga suhu ±520°C kemudian akan terbentuk struktur ferit dan perlit [1].



**Gambar 7.** Struktur mikro pada daerah lasan

struktur mikro daerah HAZ spesimen pengelasan dengan gerakan elektroda spiral, yang

mana memiliki butiran yang bercampur antara besar dan kecil dengan kandungan ferit sedikit lebih banyak dari pada perlit. Hal ini menunjukkan bahwa sifat mekanis dari ketiga jenis gerakan elektroda ini adalah getas/keras, walaupun memiliki sedikit perbedaan. Struktur mikro pada daerah HAZ memiliki ciri-ciri yang kasar dan ketangguhan yang rendah [5].

## Kesimpulan

Nilai kuat tarik tertinggi pada gerakan elektroda spiral yaitu 616.6 Mpa dan terendah pada gerakan elektroda zig-zag yaitu 596 Mpa. Sedangkan nilai regangan tertinggi terdapat pada gerakan elektroda zig-zag yaitu 22.91% dan terendah pada gerakan elektroda spiral yaitu 19.41%. Untuk nilai modulus elastisitas tertinggi terdapat pada gerakan elektroda lurus yaitu 12.070.02 Mpa dan terendah pada gerakan elektroda zig-zag yaitu 10.339.48 Mpa. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada pengelasan dengan gerakan elektroda zig-zag yaitu 147.44 kg/mm<sup>2</sup> dan yang terendah pada gerakan elektroda lurus yaitu 143.19 kg/mm<sup>2</sup>. Hal ini diakibatkan adanya pengaruh panas yang merambat pada bagian las pada saat proses pengelasan yang dapat merubah struktur termal dari material yang digunakan.[6]

## Penghargaan

Penelitian ini dilakukan oleh mahasiswa jurusan teknik mesin Universitas Tadulako, mohon direvisi

## Daftar Pustaka

- [1] Wiryosumarto, H., & Okumura, T., 2000, Teknologi Pengelasan Logam, Cetakan Kedelapan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2] Pranawan, D.F.B., & Suwito, D., 2016, "Pengaruh Teknik Pengelasan Alur Spiral, Alur Zig – Zag dan Lurus Pada Arus 85 A Terhadap Kekuatan Tarik Baja St41", Jurnal Teknik Mesin, Vol. 04, No. 02, Hal. 29-32.
- [3] Kurniawan, A.S., 2014, "Analisis Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Baja ST41 Akibat Perbedaan Ayunan Elektroda Pengelasan SMAW", Jurnal Teknik Mesin, Tahun 22, No. 2, Hal. 1-11.
- [4] Djamiko, R.D., 2008, Teori Pengelasan Logam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- [5] Sonawan, H., & Suratman, R., 2006, Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam, Cetakan Ke-2, Alfabeta, Bandung.
- [6] Setiawan, F., 2016, "Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Dan Kuat Arus Dengan Las

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Pada Baja A36 Terhadap Sifat Mekanik”, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Umsida*, Hal. 1-9.

- [7] ASTM E92-82, 1997, Standard Test Methods for Vickers Hardness of Metallic Materials.
- [8] ASTM E8, 2010, Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.
- [9] Cary, H.B., 1998, *Modern Welging Technology*, 4<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [10] DIN 17100, 1980, *Steel For General Structural Purposes*.