



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

Analisis Sifat Mekanik Baja Karbon ST 37 Terhadap Variasi Kuat Arus dan Sudut Kampuh SMAW

Dibyو Setiawan^{1*}, Sutrimo², Gugun Nugraha³, Hanni Maksum Ardi⁴, Toni Okviyanto⁵.

^{1*} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular

dibyosetiawan@mputantular.ac.id.

^{2,3,4} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

sutrimo@polban.ac.id, gugun.nugraha.pmf18@polban.ac.id, hanni.maksum@polban.ac.id,

⁵ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

toni.okviyanto@polsri.ac.id.

Abstrak

Proses sambungan las SMAW adalah salah satu teknik sambungan logam yang digunakan di Industri. Merujuk kepada kegiatan studi terdahulu belum dilakukan eksperimen dengan variasi kuat arus yang lebih tinggi diatas 80 A untuk sambungan material ST 37. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis sifat mekanik sambungan las SMAW pada material baja ST 37 ketebalan 8 mm., metode pendekatan menggunakan eksperimen sambungan las SMAW dengan memberikan variasi kuat arus, yang diterapkan yaitu 90 A, 100 A dan 110 A, sudut kampuh 60° dan 70°. Hasil analisis sifat mekanik baja karbon ST 37 diperoleh kesimpulan, semakin besar variasi kuat arus dan sudut kampuh 60° Semakin besar nilai kuat tariknya, lain halnya pada sudut kampuh 70° terjadi penurunan angka kuat tarik pada 90 A sebesar 399,94 N/mm² ke 100 A sebesar 385,35 N/mm², namun saat di naikkan ke 110 A angka kuat tarik meningkat menjadi 482,54 N/mm². Hasil uji kekerasan diperoleh bahwa untuk semua variasi kuat arus dan sudut kampuh, daerah weld metal memiliki angka hasil uji keras yang dominan dengan angka tertinggi sebesar 234 HV, di ikuti daerah HAZ untuk hasil menengah dan hasil terendah terjadi pada base metal.

Kata kunci— Sambungan las, kuat tarik, kekerasan, Parameter, kampuh las.

Abstract

The SMAW welding process is a metal connection technique used in industry. In previous study activities, experiments were not carried out with higher current variations above 80A for ST 37 material joints. This study aimed to analyze the mechanical properties of SMAW welded joints on ST 37 with a thickness of 8mm. The approach method uses welded joint experiments. SMAW provides variations in current strength, which are applied 90A, 100A, and 110A, with seam angles of 60° and 70°. The mechanical analysis properties of ST 37 carbon steel concluded that the greater the variation in current strength and seam angle of 60°, the greater the tensile strength value. On the other hand, at the seam angle of 700, there was a decrease in the tensile strength at 90A of 399.94N/mm² to 100 A of 385.35N/mm², but when it was increased to 110A, the tensile strength increased to 482.54N/mm². The hardness test results showed that for all variations in current strength and seam angle, the weld metal area had the predominant hardness test result

with the highest score of 234HV, followed by the HAZ area for medium yields. The lowest outcome occurred in the base metal.

Keywords: *Shielded metal arc welding, Tensile strength test, hardness test, Welding parameter, weld joint.*

1. Pendahuluan

Proses sambungan las merupakan suatu proses menyambung dua logam dengan melelehkan bahan tambah [1]. Proses sambungan las SMAW digunakan Industri konstruksi dan perbaikan, karena menawarkan lebih banyak fleksibilitas dan portabilitas. *Fluks* pada elektroda SMAW merupakan nama yang diberikan untuk jenis pelindung pada penggunaan bahasa sambungan las SMAW[2]. Retak las yang disebabkan dari hasil difusi hidrogen dan tegangan sisa selama proses sambungan las. Hidrogen difusi terjadi dikarenakan saat material logam saat sambungan las mencair, maka cairan logam hasil sambungan las tersebut kemudian menyerap gas hidrogen dengan kuantitas besar yang selanjutnya akan lepas dengan cara difusi pada temperatur rendah, kondisi dimaksud mengakibatkan larutan hidrogen turun. Daerah HAZ merupakan daerah saat proses penyambungan logam, bersebelahan daerah logam las (*weld Metal*) sehingga daerah logam tersebut mengalami siklus perlakuan panas dan dingin secara cepat. Proses tersebut mengakibatkan kuat tarik dan keras pada material di daerah sambungan las mengalami penurunan [1].

Parameter seperti arus sambungan las, kecepatan dan tegangan mempengaruhi sifat mekanik seperti kekerasan dan kekuatan tarik sambungan las. Peningkatan arus sambungan las meningkatkan kekerasan dan mengurangi kekuatan tarik. Selain itu, peningkatan kecepatan sambungan las meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik sambungan [3]. Saat melakukan perencanaan pembuatan suatu rangka konstruksi atau menentukan jenis kampuh las yang aman, maka sebelum melakukan proses sambungan las dimulai maka harus menyusun sebuah prosedur yang disebut WPS (*welding procedure specification*). WPS memuat petunjuk seperti jenis proses sambungan las atau tipe sambungan las, jenis kampuh las dan desainnya, material logam dasar atau logam induk, logam pengisi atau elektroda yang digunakan, menentukan posisi sambungan las, jenis *shield*, elektrikal karakteristik sambungan las dan parameter kuat arus dimanfaatkan saat proses sambungan logam dengan proses sambungan las.

Penelitian tentang sambungan las telah dilakukan. S. Farrukh Haider, penelitian mengkaji pengaruh parameter SMAW terhadap sifat mekanik dalam sambungan las dengan spesimen yang digunakan yaitu baja karbon rendah, ringan dan tahan karat. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau dampak parameter sambungan las terhadap kekerasan dan uji tarik. Hasil penelitian menunjukkan dengan variasi parameter sambungan las, sangat mempengaruhi sifat mekanik sambungan las dengan material baja yang berbeda. Terutama, arus menyebabkan nilai kekerasan yang lebih tinggi yang akan membutuhkan perlakuan panas lebih lanjut untuk mencegah kegagalan getas. Juga, nilai arus lebih tinggi memiliki hasil bahwa nilai kuat tarik, nilai cenderung rendah terjadi karena pembentukan cacat [4].

Sukarman melakukan penelitian mengenai pengaruh parameter las SMAW terhadap hasil uji tarik. Pendekatan eksperimen yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri dari spesimen baja karbon rendah S30-C dan SPHC [5] yang memiliki ketebalan 3,0 mm. Parameter kuat arus las 135 A, tegangan 8 V dan Ø elektroda 3,2 mm menghasilkan angka kuat tarik tertinggi yaitu 481,74 N/mm². Ini adalah hasil pengujian untuk angka kuat tarik tertinggi. Sebaliknya parameter las yang memiliki Ø filler 3,2 mm dan tegangan 9 volt memiliki nilai uji kuat tarik terendah sebesar 232,21 N/mm² [6].

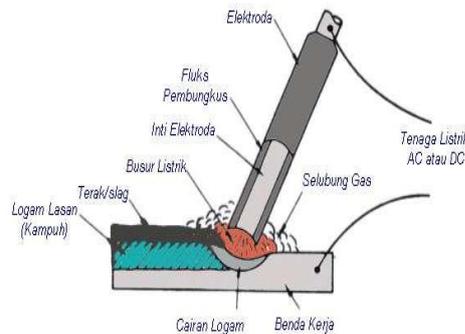
Yogi nasrul melakukan penelitian 2 (dua) menyambungkan 2 (dua) tipe material yang berbeda yaitu *Stainless Steel 304* dan *ST 37*. Dalam proses sambungan las elektroda yang digunakan yaitu E309. Variasi dari kuat arus diterapkan pada proses sambungan las yaitu 60 A, 70 A, dan 80 A. Angka kuat tarik tertinggi pada arus 70 A sebesar 51,656 Kg/mm². Hasil uji keras tertinggi pada spesimen dengan kuat arus 80A. Sedang pada HAZ nilai uji kekerasan tertinggi pada kuat arus 60A [7].

Berdasarkan studi terdahulu dan merujuk kepada kegiatan yang belum dilakukan oleh peneliti diatas, penelitian yang dilaksanakan ini yaitu memberikan eksperimen variasi kuat arus yang lebih tinggi diatas 80 A untuk sambungan material ST 37. Metode pendekatan kegiatan eksperimen teknik sambungan las SMAW adalah dengan memberikan variasi kuat arus yang diterapkan yaitu 90 A, 100 A dan 110 A, sudut kampuh 60° dan 70° . Tujuan penelitian ini untuk menganalisis sifat mekanik sambungan las SMAW pada material baja ST 37 dengan variasi kuat arus dan sudut kampuh dengan pengujian kuat tarik (*tensile strength*) dan uji kekerasan *Vickers*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sambungan las SMAW

Shield Metal Arch Welding (SMAW) atau merupakan proses sambungan las yang menghasilkan termal, digunakan untuk merubah fasa padat menjadi cair dari benda kerja (*base metal*) dan elektroda sebagai logam isi. Proses melompatnya ion listrik pada sisi katoda dan sisi anoda atau elektroda permukaan pelat. Hal ini menjadi respon termal sambungan las SMAW memanfaatkan arus AC dan arus DC sebagai sumber tegangan. Elektroda cair dan logam dasar (*base metal*) cair akan bergabung membentuk logam sambungan las sebagai dampak dari respon termal yang dihasilkan karena adanya kontak antara elektroda dan logam dasar. Saat proses sambungan las berlangsung, jarak idealnya sama dengan diameter elektroda [8].



Gambar 1. Prinsip kerja SMAW [1]

2.2 Kuat Arus

Pengaturan kuat arus sambungan las dipengaruhi kualitas hasil sambungan las. Besarnya kuat arus yang diterapkan dalam proses sambungan las tergantung ukuran \varnothing elektroda, ketebalan *base metal* akan di sambung dengan las, tipe elektroda, bentuk kampuh las, \varnothing inti elektroda dan posisi proses sambungan las. Proses sambungan las memiliki kapasitas termal yang besar, sehingga perlu adanya kuat arus cenderung besar. Proses sambungan las membutuhkan kuat arus dimana parameter sambungan las yang secara langsung memiliki dampak penetrasi dan laju perubahan fasa padat ke cair dari *base metal*. Semakin tinggi angka arus dari sambungan las yang digunakan, semakin tinggi tingkat penetrasi dan cepatnya perubahan fasa padat ke cair dari logam[9].

2.3 Kampuh Las

Sambungan las memiliki faktor pengaruh, dalam penetapannya diperlukan untuk proses sambungan las yang terencana dan spesifikasi. Dampak pengaruh hasil sambungan las diantaranya pemilihan jenis sambungan las, penunjukan operator las, tipe elektroda, penerapan arus, dan penetapan tipe kampuh.

Kampuh las sebagian dari pada *base metal* yang mengisi logam sambungan las, semula kampuh las berwujud kubungan las terisi logam las. Sebelum menyambung las, tipe sambungan las harus ditetapkan untuk menentukan tipe kampuh. Tipe kampuh las tersebut menghasilkan kualitas sambungan las yang baik, perlu dipertimbangkan efisiensi dan efektifitas dari tipe kampuh las. Tipe kampuh las mengacu spesifikasi teknis bahan rencana, mampu mereduksi biaya dan waktu yang dibutuhkan dalam memperoleh hasil sambungan dengan mutu yang baik[9].

2.6 Sifat Mekanis Baja Karbon

Baja adalah jenis logam yang kerap digunakan, komposisi karbon merupakan dasar paduannya. Baja karbon terdiri dari paduan besi (*Fe*), karbon (*C*), silikon (*Si*), Mangan (*Mn*), Fosfor (*P*), dan Sulfur (*S*) sering dipadukan unsur lainnya dalam kuantitas yang relatif sedikit dengan tambahan proses pembuatan dengan tujuan menghasilkan sifat karakteristik baja karbon [12], umumnya besar angka baja dikelompokkan berdasarkan kadar karbon berikut ini:

- a. Baja karbon rendah dengan komposisi 0,10-0,30%.
- b. Baja karbon menengah dengan komposisi 0,30-0,70%.
- c. Baja karbon tinggi dengan komposisi 0,70-1,40%.

Sifat mekanik logam yaitu kaku dan tahanan suatu logam pada pembebanan tarik, puntir, geser, tekan dan gores dari pembebanan statis maupun dinamis yang berada pada temperatur biasa, tinggi ataupun dibawah nol[12].

2.7 Daerah HAZ

Heat Affected Zone (HAZ) merupakan daerah logam yang beririsan antara logam lain saat proses sambungan las, menyebabkan siklus termal dan *quenching* di sambungan las saat proses sambungan las. Daerah *HAZ* yang berada pada logam yang mengalami perubahan sifat yang disebabkan oleh paparan panas pada temperatur tinggi saat proses sambungan las. Daerah *HAZ* sambungan las ada diantara daerah las dan daerah *base metal* yang tidak terkena termal.

Kondisi logam di daerah ini terdampak termal pada temperatur dibawah titik lebur meskipun cukup tinggi dalam perubahan kondisi mikrostruktur dari logam padat. Paduan Kimia di daerah *HAZ* sama seperti logam dasar meskipun akibat termal yang diterima dapat merubah mikrostrukturnya, sehingga sifat mekanik berdeformasi. Secara umum perubahan mikrostruktur pada daerah ini membawa dampak buruk karena sering menjadi awal kerusakan sambungan las[8].

3. Metode Penelitian

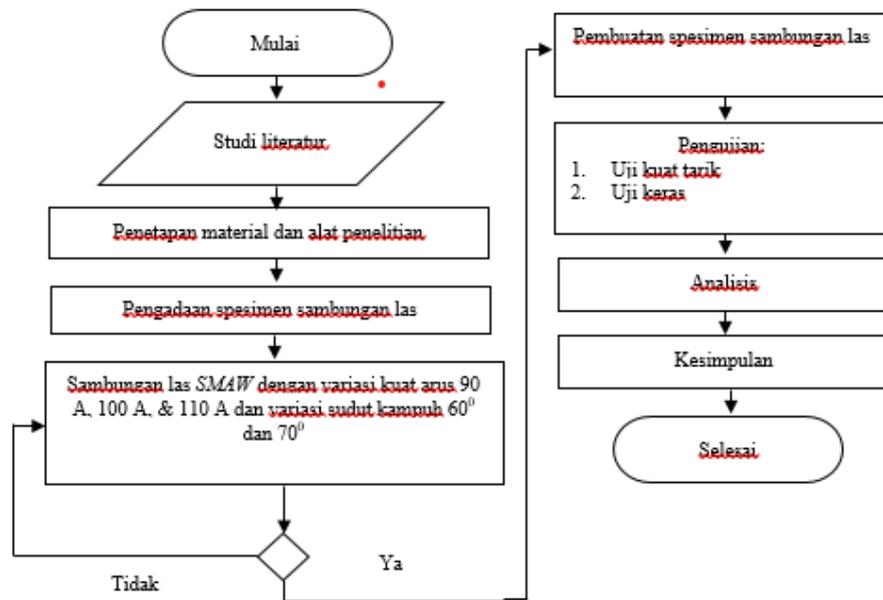
3.1 Diagram alir penelitian

Berikut uraian detail kegiatan berdasarkan diagram alir penelitian yang dimaksud:

1. Melakukan studi literatur dari berbagai sumber ilmiah;
2. Melakukan penetapan material dan alat penelitian yang dilaksanakan;
3. Menyusun perencanaan dan pengadaan spesimen benda uji untuk sambungan las;
4. Melakukan kegiatan proses sambungan las pada material *ST 37* dengan variasi kuat arus 90 A, 100 A, 110 A dan variasi sudut kampuh 60° dan 70° ;
5. Jika seluruh kegiatan proses sambungan telah selesai dilaksanakan selanjutnya dilakukan pembuatan spesimen benda uji sambungan las;
6. Spesimen benda uji dari sambungan las sudah selesai dibuat berikutnya di uji dengan menggunakan alat uji kuat tarik dan uji kekerasan;
7. Selanjutnya setelah dilakukan pengujian pada kedua alat uji, peneliti melakukan analisis hasil pengujian dari spesimen benda uji sambungan material *ST 37*;
8. Menyusun kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan.

Tabel 1. Parameter pengujian

No spesimen	Parameter	
	Ampere (A)	Tegangan (volt)
1	90	8
2	100	8
3	110	8



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3.2 Material

Material yang dipergunakan dalam proses sambungan las *SMAW* yaitu material baja *ST 37* dengan tebal 8 mm. Elektroda yang diterapkan untuk bahan isi adalah *AWS SFA 5.1:E7016*.

3.3 Pembuatan Spesimen Sambungan las

Pembuatan spesimen benda uji sambungan las seperti pada Gambar 4 yaitu material pelat baja *ST 37* yang sudah terpotong dengan ketebalan 8 mm, dimensi panjang 300 mm, lebar 100 mm menggunakan *blender cutting*, beritanya dihaluskan dan dibentuk kampuh *V* dengan sudut 60° dan 70° . Profil kampuh *V* dibentuk dengan menggunakan gerinda.



Gambar 4. Hasil potongan pelat dan bentuk kampuh V

3.3.1 Proses Sambungan Las

Metode yang dipergunakan pada proses sambungan las dengan sambungan tipe kapuh *V* yaitu:

- Material baja *ST 37* digerinda seperti Gambar 2. Sudut variasi kampuh *V* yaitu 60° dan 70° ;
- Parameter kuat arus yang dipergunakan pada proses sambungan las terdiri dari 90 A, 100 A, dan 110 A.
- Filler* yang digunakan pada sambungan las *AWS SFA 5.1:E7016* dengan \varnothing 2,6 mm dan \varnothing 3,2 mm;
- Proses sambungan las dilaksanakan pada laboratorium Politeknik Negeri Bandung oleh operator las pemegang sertifikat dibidang las dan di reuiu oleh pemegang sertifikasi *welding engineer*;
- Proses sambungan las yang dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali proses yaitu proses *rooting* penerapan elektroda \varnothing 2,6 mm, polaritas *DCEN*, proses *filler* dengan polaritas *DCEN*

penerapan elektroda dengan \varnothing 3,2 mm, dan proses *capping* dengan polaritas *DCEP* penerapan elektroda \varnothing 3,2 mm.

3.3.2 Hasil Sambungan las

Setelah proses sambungan las dilaksanakan pada seluruh spesimen, selanjutnya permukaan spesimen dibersihkan dari kotoran yang menempel akibat proses sambungan las dengan menggunakan sikat kawat. Seluruh spesimen dibersihkan kemudian spesimen diberi tanda sesuai dengan arus dan sudut kampuh las setiap spesimen agar memudahkan membedakan spesimen pada tahap pengujian. Berikut merupakan hasil sambungan las tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil sambungan las

3.3.3 Tahap Uji kuat Tarik

Tahap uji hasil sambungan las diterapkan dengan pendekatan uji sifat mekanik pada spesimen yaitu uji tarik, uji struktur mikro dan uji keras dengan pendekatan uji mikro *vickers*.

a. Uji Kuat Tarik

Proses uji kuat tarik diterapkan pada laboratorium Teknik Material Institut Teknologi Bandung seperti alat ada gambar 6. Pada proses uji kuat Tarik, spesimen diadakan dengan tujuan memperoleh angka kuat tarik dari setiap spesimen sambungan las dengan variasi 90 A, 100 A dan 110 A dengan sudut 60° dan 70° . Proses uji kuat tarik yang diterapkan mengacu standard *ASTM E8*, (*Method for Tensile Test for Metallic Materials*) [13].



Gambar 6. Alat uji tarik Instron

b. Uji keras

Uji keras dilaksanakan terpisah, dilaksanakan pada laboratorium bahan Politeknik Negeri Bandung dengan alat sesuai Gambar 7. Uji keras bertujuan untuk mengetahui angka keras setiap spesimen hasil sambungan las mengacu logam sambungan las, *fusion line*, daerah terdampak

termal (*HAZ*) dan logam induk (*base metal*). Pengujian yang diterapkan mengacu standard *ASTM E384 (Standart Test Method for Microindentation Hardness of Materials)* [14] menggunakan alat berupa *digital Micro-Hardness Tester* dengan satuan *Hardness Vickers (HV)* [14].

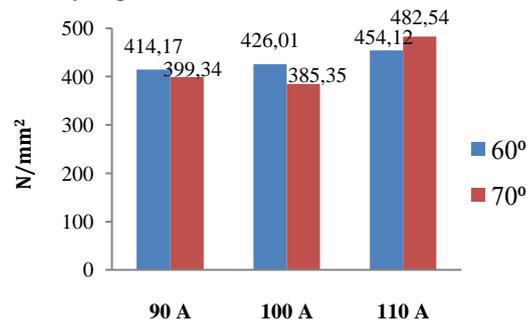


Gambar 7. Alat uji keras HM-122

4. Hasil dan Pembahasan

4.1.1 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Spesimen sambungan las dilakukan uji kuat tarik dengan sudut kampuh 60° dan 70° , berikut merupakan hasil uji kuat Tarik yang dimaksud:



Gambar 8. Hasil perbandingan kuat tarik pada sudut kampuh 60° dan 70°

Dari Gambar 8 diketahui bahwa hasil uji kuat tarik tertinggi dengan variasi sudut kampuh 70° dan kuat arus 110 A dengan angka sebesar $482,54 \text{ N/mm}^2$. Sedangkan hasil pengujian kekuatan tarik terendah didapatkan pada variasi sudut kampuh 70° dan kuat arus 100 A dengan angka sebesar $385,35 \text{ N/mm}^2$. Hasil ini peneliti berpandangan bahwa nilai kuat tarik tidak selalu meningkat selaras dengan meningkatnya amper, terbukti pada sudut kampuh 70° dengan angka 100 A diperoleh nilai paling rendah sebesar $385,35 \text{ N/mm}^2$, lain halnya pada kampuh 60° semakin meningkat angka amper semakin tinggi nilai kuat tekan dengan angka tertinggi sebesar $454,12 \text{ N/mm}^2$.

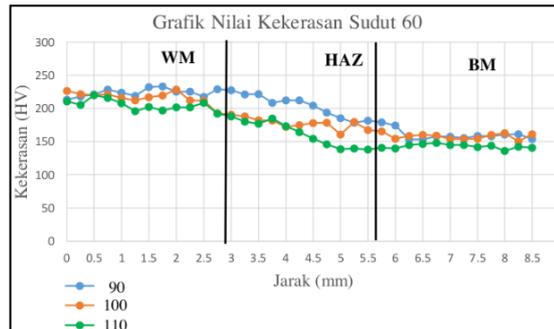


Gambar 9. Patahan spesimen uji kuat tarik

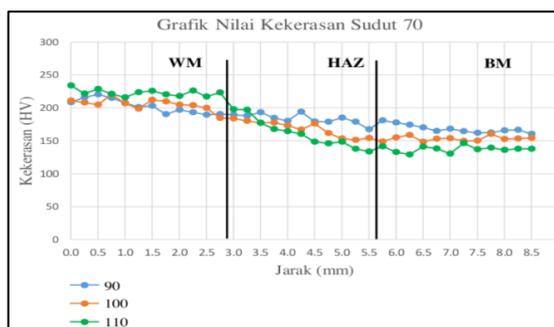
Gambar 9 menunjukkan keseluruhan spesimen benda uji sambungan las yang telah di gunakan, dari visualisasi memiliki patahan pada sisi *base metal*. Sehingga menunjukkan daerah *base metal* lebih lunak dan memiliki angka kuat tarik cenderung rendah dari pada *weld metal* dan daerah *HAZ*.

4.1.2 Hasil pengujian kekerasan

Parameter uji keras digunakan jarak titik $250\mu\text{m}$ dan pembebanan 0,2 kgf. Hasil uji keras pada mikro *vickers* untuk setiap variasi spesimen sambungan las dengan kuat arus 90 A, 100 A, dan 110 A pada sudut kampuh 60° tersaji pada Gambar 10 dan 70° tersaji pada gambar 11.



Gambar 10. Kurva nilai kekerasan sudut 600



Gambar 11. Kurva nilai kekerasan sudut 700

Dari Gambar 10 dan 11 diperoleh bahwa angka keras tertinggi berada pada *weld metal* dengan variasi kuat arus 110 A dan sudut kampuh 70° dimana angka hasil uji keras pada spesimen tersebut sebesar 234 HV. Seluruh spesimen pada daerah *weld metal* memiliki angka keras tertinggi dan cenderung menurun ke daerah *HAZ* dan *Base metal*. Sehingga dapat diperoleh daerah *weld metal* merupakan daerah paling keras dibandingkan daerah *HAZ* dan *base metal* pada hasil sambungan las dari setiap spesimen.

5. Kesimpulan

Hasil kegiatan penelitian ini merupakan jawaban dari tujuan, dimana hasil analisis yang diperoleh dari sifat mekanik material baja ST 37 melalui uji kuat tarik diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar variasi kuat arus dan sudut kampuh 60° Semakin besar nilai kuat tariknya, lain halnya pada sudut kampuh 70° terjadi penurunan angka kuat tarik pada 90 A sebesar $399,94 \text{ N/mm}^2$ ke 100 A sebesar $385,35 \text{ N/mm}^2$, namun saat di naikkan ke 110 A angka kuat tarik meningkat menjadi $482,54 \text{ N/mm}^2$. Selanjutnya terhadap sifat mekanik terhadap hasil uji kekerasan diperoleh bahwa untuk semua variasi kuat arus dan sudut kampuh, daerah *weld metal* memiliki angka hasil uji keras yang dominan dengan angka tertinggi sebesar 234 HV, di ikuti daerah *HAZ* untuk hasil menengah dan hasil terendah terjadi pada *base metal*.

Daftar Pustaka

- [1] H. Wiryosumarto and T. Okumura, "Teknologi Pengelasan Logam," *Pradnya Paramita*, vol. Jakarta, 2000.
- [2] Anang Setiawan and Yusa Asra Yuli Wardana, "Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding pada Baja SM 490," *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 57–63, 2006.
- [3] H. M. Karmanianto, Rizki Bagas, Carsoni, "Pengaruh variasi sudut kampuh dan kuat arus terhadap kekuatan dan kekerasan st 60 pada pengelasan smaw," *J. Device*, vol. 11, no. 1, pp. 52–57.
- [4] S. F. Haider, M. M. Quazi, J. Bhatti, M. Nasir Bashir, and I. Ali, "Effect of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) parameters on mechanical properties of low-carbon, mild and stainless-steel welded joints: A review," *J. Adv. Technol. Eng. Res.*, vol. 5, no. 5, 2019, doi: 10.20474/jater-5.5.1.
- [5] N. R. Abdurahman, Sukarman, Apang Djafar Shieddieque, Safril, Dibyo Setiawan, "Evaluasi Kekuatan Uji Tarik Pada Proses Pengelasan Busur Listrik Beda Material SPHC dan S30-C," vol. 1, no. 2, pp. 29–37, 2021, doi: doi.org/10.36805/jtmmx.v1i2.1395.
- [6] Sukarman *et al.*, "Optimization of tensile-shear strength in the dissimilar joint of Zn-coated steel and low carbon steel," *Automot. Exp.*, vol. 3, no. 3, pp. 115–125, 2020, doi: 10.31603/ae.v3i3.4053.
- [7] A. Q. M. Yogi Nasrul L., Heru Suryanto, "Pengaruh Variasi Arus Las SMAW Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar Stainless Steel 304 dan ST 37," *J. Tek. Mesin UNM*, no. 1, pp. 1–12, 2016.
- [8] S. Wisma, "Pengaruh Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada Mild Steel S45C di Daerah HAZ dengan Pengujian Metalografi," *J. Mech. Manuf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–17, 2020.
- [9] M. Bin Afan, P. Purwantono, M. Mulianti, and B. Rahim, "Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 1, p. 20, 2020.
- [10] AWS, "ASME Section IX Boiler & Pressure Vessel Code, Welding and Brazing Qualifications.," *New York*, vol. 1993, 2004.
- [11] F. A. Rauf, F. P. Sappu, and A. M. A. Lakat, "Uji Kekerasan dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers pada Berbagai Jenis Material Teknik," *J. Tekno Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 21–24, 2018.
- [12] A. Seng, "Analisis Sifat Mekanis Baja Karbon Akibat Pembebanan Dinamis," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 10, pp. 1–8, 2015.
- [13] ASTM E8, "ASTM E8/E8M standard test methods for tension testing of metallic materials 1," *Annu. B. ASTM Stand.* 4, no. C, pp. 1–27, 2010, doi: 10.1520/E0008.
- [14] ISO/ASTM International, "Designation: E384-17 Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials," *Biol. Xenarthra*, pp. 281–293, 2017, doi: 10.1520/E0384-17.