

ANALISA PENGARUH VARIASI KUAT ARUS PENGELASAN *FLUX CORED ARC WELDING* (FCAW) TERHADAP SIFAT KEKERASAN PADA DAERAH HAZ BAJA KARBON RENDAH

Graciadiana. I. Huka¹⁾, Josef Matheus²⁾, Nevada JM. Nanulaitta^{3*)}, Erwin Bravor Pattikayhatu⁴⁾
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ambon
graciahuka71@yahoo.com, ceceplopulalan@gmail.com, rio_nevada@yahoo.co.id

ABSTRACT

Welding is a process of joining metals by utilizing electric power as a source of welding heat. Flux-Core Arc Welding (FCAW) is a welding process that uses a heat source from electricity that is converted into a heat source in an electric arc, in this FCAW welding the type of protection used is flux or powder that is in the core of the welding wire (the welding wire is rolled in a roll).

This research aims to observe changes in hardness values after welding, both low carbon steel hardness in the HAZ (Heat Affected Zone) area and outside the HAZ (Heat Affected Zone) area. Welding using V-joints with angles of 45° and 60° and varying the voltage strength at 16 volts, 18 volts and 20 volts.

Hardness testing using the Rockwell method where the highest hardness value of the HAZ area for 45 is 22.95 HRD at a voltage strength of 20 volts. For V-joints for an angle of 60°, the highest hardness value of the HAZ area is also at a voltage strength of 20 volts with a value of 24.10 HRD. The highest increase in hardness value is at the V-angle 60° joint with a voltage of 20 volts with a hardness value of 21 HRD while the lowest is the V-angle 45° joint with a voltage of 16 volts at 18.67 HRD.

Keywords: Hardness Value, HAZ (Heat Affected Zone), FCAW (Flux Cored Arc Welding)

ABSTRAK

Pengelasan merupakan proses penyambungan logam dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber panasnya pengelasan. FCAW (*Flux-Core Arc Welding*) yang merupakan proses pengelasan yang menggunakan sumber panas yang berasal dari tenaga listrik yang dikonversi sumber panas pada busur listrik, pada pengelasan FCAW (*Flux-Core Arc Welding*) ini jenis pelindung yang digunakan adalah flux atau serbuk yang yang berada di inti kawat las (kawat las digulung dalam sebuah rol).

Pada penelitian ini adalah mengamati perubahan nilai kekerasan setelah pengelasan baik kekerasan baja karbon rendah pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) maupun diluar daerah HAZ (*Heat Affected Zone*). Pengelasan menggunakan sambungan kampuh V dengan sudut 45° dan 60° serta memvariasikan kuat tegangan pada 16 volt, 18 volt dan 20 volt.

Pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell dimana nilai kekerasan tertinggi daerah HAZ untuk 45° adalah 22,95 HRD pada kuat tegangan 20 volt. Untuk sambungan kampuh V untuk sudut 60° nilai kekerasan daerah HAZ tertinggi pula ada pada kuat tegangan 20 volt dengan nilai 24,10 HRD. Peningkatan nilai kekerasan tertinggi adalah pada pada sambungan kampuh V sudut 60° kuat tegangan 20 volt dengan nilai kekerasan 21 HRD sedangkan terendah adalah sambungan kampuh V sudut 45° kuat tegangan 16 volt berada pada 18,67 HRD.

Kata kunci: Nilai Kekerasan, HAZ (*Heat Affected Zone*), FCAW (*Flux Cored Arc Welding*)

1. PENDAHULUAN

Di era sekarang perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat di pisahkan dari pengelasan karena pengelasan sangat penting di dunia industri. Teknik penyambungan logam pengelasan di kembangkan sejak abad ke-20. Pengelasan merupakan proses penyambungan logam dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber panasnya pengelasan. Banyak sekali jenis pengelasan salah satunya adalah pengelasan FCAW (*Flux-Core Arc Welding*).

FCAW (*Flux cored arc welding*) adalah pengelasan fusi yang terjadi oleh busur listrik yang dihasilkan secara kontinyu antara elektroda logam pengisi pada kolam las (Jeffus. L. 2004). Dalam metode ini logam pengisi berbentuk tubular (silindris memanjang) yang diumpankan secara kontinyu dan memiliki inti berfluks yang memberikan kemampuan pelindung pada proses pengelasan dengan atau tanpa pelindung tambahan dari gas pelindung yang disuplai dari luar. Inti terutama dibentuk oleh pembentuk terak, deoksidator, penstabil busur, dan elemen paduan.

Metode FCAW mendapat perhatian besar dari tukang las dan kontraktor karena kawat berinti fluks memiliki banyak keunggulan seperti produktivitas yang luar biasa, kualitas las yang tinggi, penetrasi yang dalam, percikan perilaku pengelasan berkurang, tingkat deposisi lebih tinggi, kecepatan pengelasan tinggi dan keuntungan biaya (Carry et al. 2005). FCAW dapat diterapkan semi otomatis atau otomatis. Proses FCAW telah menjadi proses semi otomatis yang sangat populer untuk fabrikasi baja struktural (Blodgett et al 1999), Pekerjaan galangan kapal (Nowacki et al. (2009) dan perbaikan (Argo at al 2003, Alorairer et al 2010. Alorairer et al 2006). FCAW juga siap diterima untuk las kelongsong (Palani et al 2006, 2008)

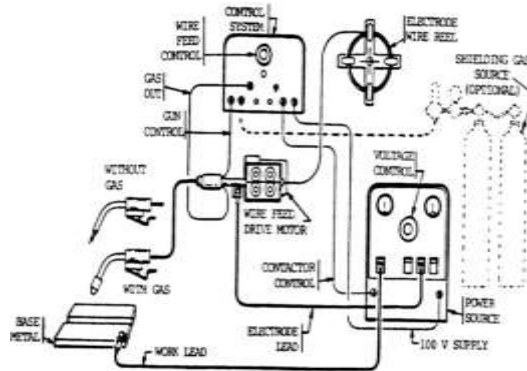
Pengelasan manik geometri (FCAW) secara langsung tergantung pada parameter pengelasan (Abbasi et al 2012). Parameter pengelasannya adalah luas penampang manik menentukan laju pendinginan lasan (Dey et al 2009) , luas penampang manik (Sandor et al 2007) dan rasio kedalaman penetrasi terhadap lebar las menentukan tegangan sisa dan retakan las (Yukler et al 1999). Karena alasan di atas, kualitas dan sifat mekanik las bergantung pada ukuran dan bentuk manik las (Bauer et al 2011, De A et al 2004). Parameter pengelasan harus dioptimalkan agar diperoleh sambungan las yang baik dengan yang dibutuhkan geometri manik dan kualitas las (Benyounis et al 2008). Dalam penelitian ini terutama pengaruh arus las FCAW terhadap sifat mekanis dimana parameter pengelasan pada kedalaman penetrasi las, lebar las dan luas penampang las ditentukan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. FCAW (*Flux Core Arc Welding*)

Teknologi pengelasan (Welding) merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Sonawan, 2004). Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industry Normen* (DIN), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang terjadi dalam keadaan lumer atau cair (Imam et al 2023), dengan kata lain pengelasan adalah penyambungan setempat dari dua logam dengan menggunakan energi panas (Frederik et al 2023). Definisi ini dapat diartikan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energi panas (Wirjosumarto dan Okomura, 2000).

Pengelasan FCAW adalah las busur listrik yang kawat lasnya terdapat flux (Pelindung inti tengah) (Clara et al 2023),. Las FCAW adalah kombinasi antara proses pengelasan GMAW, SMAW, dan SAW (Rey et al 2023). Dalam pengelasan FCAW ini sumber energi menggunakan arus listrik DC atau AC yang di ambil dari pembangkit listrik atau melalui trafo dan *recitifier* (Jones, 2015). (Skema las FCAW dapat dilihat pada gambar 1).



Gambar 1 : Skema Las FCAW

Sifat-sifat utama (*Principal features*) yang dimiliki FCAW dalam proses pengelasan :

- Las FCAW mempunyai produktivitas yang tinggi, karena dapat pasokan elektroda las yang kontinu.
- Las FCAW mempunyai sifat metalurgi las yang bias dikontrol dengan pemilihan flux.
- Saat pembentukan manik atau rigi-rigi las yang cair dapat dilindungi oleh slag yang tebal.

Pengelasan FCAW umumnya menggunakan gas CO₂ atau campuran CO₂ dengan Argon sebagai gas pelindung. Tetapi untuk menghindari logam las terkontaminasi udara luar atau menghindari porositas maka harus dilakukan pemilihan flux yang mengandung mempunyai sifat pengikat oksigen atau *deoxidizer* (Jones, 2015). Aplikasi dan penggunaan utama pengelasan FCAW :

1. Baja karbon.
2. Baja tahan karat.
3. Baja tuang.
4. Baja karbon alloy rendah.
5. Las titik baja tipis.

Kelebihan *Self shielding* FCAW (Pelindung sendiri)

- a. Filler metal menghilangkan kebutuhan terhadap gas pelindung dari luar dan mentoleransi kondisi angin yang lebih kuat tanpa menimbulkan porositas. Proses ini dianggap sama dengan proses elektroda terbungkus terhadap toleransi angin.
- b. Bisa digunakan untuk pengelasan dari arah satu sisi, pada sambungan T-Y-K seperti struktur anjungan lepas pantai untuk menggantikan elektroda terbungkus.
- c. Bisa digunakan untuk *fill pass* pengelasan semua posisi pada *butt weld* atau *fillet weld*. Juru las perlu dilatih dengan prosedur khusus tetapi proses tersebut mudah dipakai.
- d. Bisa digunakan untuk pengelasan benda-benda tebal, *pipelines* dan pelapisan.

Kelebihan *Gas shielding* FCAW (Pelindungan gas)

- a. Penetrasinya dalam dan laju pengisian lebih tinggi dibandingkan dengan proses SMAW.
- b. Unsur-unsur paduan bisa ditambahkan pada inti flux untuk membuat jenis komposisi menjadi lebih banyak, termasuk beberapa logam paduan rendah dan stainless.
- c. Flux memberikan perlindungan bagus pada kawat las dengan membentuk selubung gas pelindung dan lapisan *slag*.
- d. Cocok untuk pengelasan semua posisi tanpa menimbulkan masalah *lack of fusion* seperti yang terdapat pada GMAW hubungan singkat (Julian et al 2023).

B. Baja Karbon

Baja merupakan salah satu jenis logam ferro dengan unsur carbon (C) sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro (Nevada et al 2012). Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam

baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara menjabarkan kandungan pada baja (Supardi, 1999) Berdasarkan kandungan karbon.

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto dalam Wibowo, 2006).

Sifat mekanis baja juga dipengaruhi oleh cara mengadakan ikatan karbon dengan besi. Menurut Schonmetz, dalam Nanulaitta (2011) terdapat 3 bentuk utama Kristal saat karbon mengadakan ikatan dengan besi, yaitu :

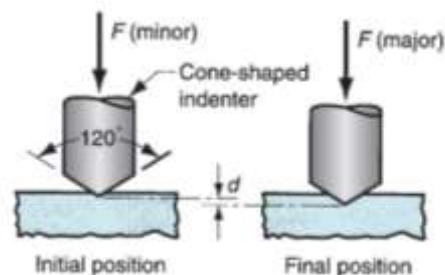
- a. Ferit, yaitu besi murni (Fe) terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. Ferit merupakan bagian baja yang paling lunak, ferrit murni tidak akan cocok digunakan sebagai bahan untuk benda kerja yang menahan beban karena kekuatannya kecil.
- b. Perlit, merupakan campuran antara ferrit dan sementit dengan kandungan karbon sebesar 0,8%. Struktur perlitis mempunyai Kristal ferrit tersendiri dari serpihan sementit halus yang saling berdampingan dalam lapisan tipis.
- c. Karbid besi (Fe_3C), suatu senyawa kimia antara besi dengan karbon sebagai struktur tersendiri yang dinamakan sementit. Peningkatan kandungan karbon akan menambah kadar sementit. Sementit dalam baja merupakan unsur yang paling keras.

C. Pengujian Kekerasan

Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan Material harus diketahui khususnya untuk material dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri adalah suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meski pun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu Material. Didunia Teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode-metode pengujian kekerasan, salah satunya yaitu :

1. Rockwell (HR/RHN)



Gambar 2. Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan dengan Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu Material dalam bentuk daya tahan Material terhadap indentor berupa Bola Baja ataupun kerunjut Intan yang ditekankan pada permukaan Material uji tersebut. Untuk mencari besarnya nilai kekerasan dengan menggunakan metode Rocwell yaitu pada langkah 1 benda uji ditekan oleh indentor dengan beban minor (*minor load F_0*) setelah

itu ditekan dengan beban mayor (major load F1) pada angkaah 2, dan pada langkah 3 beban mayor diambil sehingga yang tersisa adalah minor load dimana pada kondisi 3 ini identor ditahan seperti kondisi pada saat total load F. besarnya minor load maupun major load tergantung dari jenis Material yang akan diuji, jenis-jenisnya bisa dilihat pada Tabel.

Dibawah ini meripakan rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kekerasan dengan metode Rockwell.

$$HR = E - e \quad (1)$$

Dimana :

- F0 = Beban Minor (*Minor Load*)
- F1 = Beban Mayor (*Major Load*)
- F = Total beban (kgf)
- e = Jarak antara kondisil dan kondisi 3 yang dibagi dengan dengan 0.002 mm
- E = Jarak antara identor saat diberi *minor load* dan *zero reference line* yang untuk tiap jenis identor berbeda-beda yang bisa dilihat pada table 1
- R = Besarnya nilai kekerasan dengan metode *hardness table* dibawah ini merupakan skala yang dipakai dalam pengujian Rockwell skala dan *range* uji dalam skala Rockwell.

3. METODOLOGI

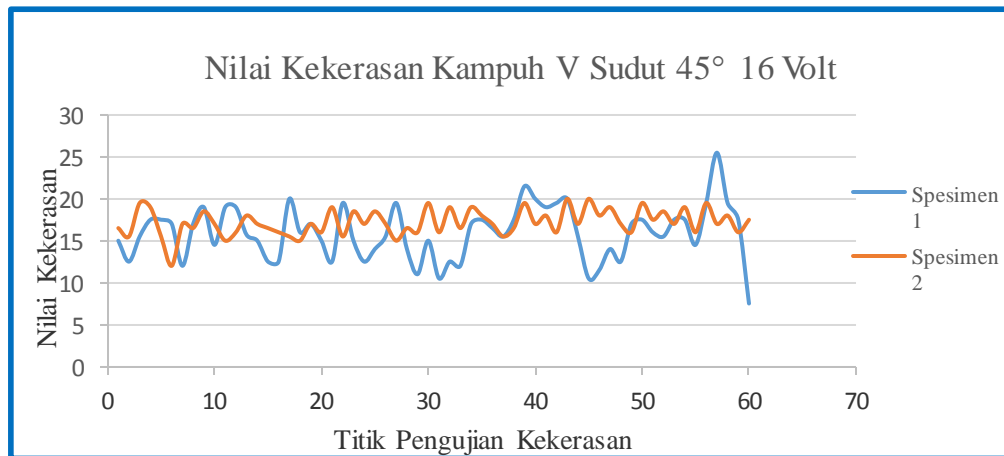
Metode penelitian yang dilakukan berupa metode eksperimen maka penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif. Dimana jenis data yang disajikan akan berupa data numerik yang diambil pada saat proses penelitian. Hasil penelitian ini nantinya dipresentasikan dalam bentuk matematis tabel data grafik. Dalam penelitian ini adalah membandingkan material sebelum proses sesudah proses. Dimana hubungan sebab akibat tersebut sudah dapat diprediksi oleh peneliti dan dapat menyatakan klasifikasi variabel-variabelnya.

Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh voltage dalam pengelasan FCAW, dalam penelitian ini terdapat beberapa variabel dalam penelitian dimana variable bebasnya adalah kuat tegangan yang terdiri dari 16 volt, 18 volt dan 20 volt dengan memvariasikan sudut kampuh V pengelasan dimana terdapat 2 sudut yaitu 45° dan 60°. Sedangkan pengujian mekanis yang digunakan adalah pengujian kekerasan. Tiga variable tersebut adalah :

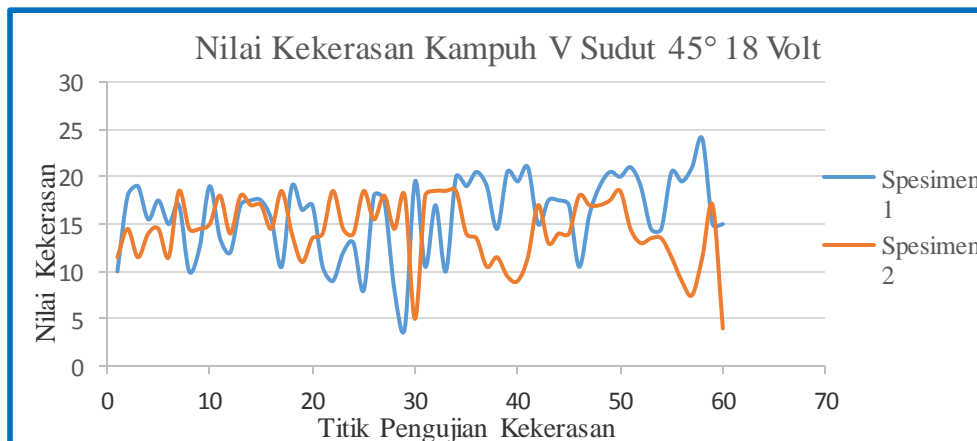
- 1) Variabel bebas
 - a. Kuat tegangan
 - 16 Voltage
 - 18 Voltage
 - 20 Voltage
 - b. Sudut Kampuh V :
 - 45°
 - 60°
- 2.) Variabel Terikat
 - Pengujian Kekerasan
- 3.) Variabel Terkontrol
 - Plat yang digunakan adalah plat baja karbon rendah
 - Pengelasan yang dipakai adalah pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) tanpa menggunakan Gas pelindung
 - Kawat elektroda yang dipakai adalah berdiameter 1 mm
 - Kawat Elektroda yang digunakan 1 mm HZK73s

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

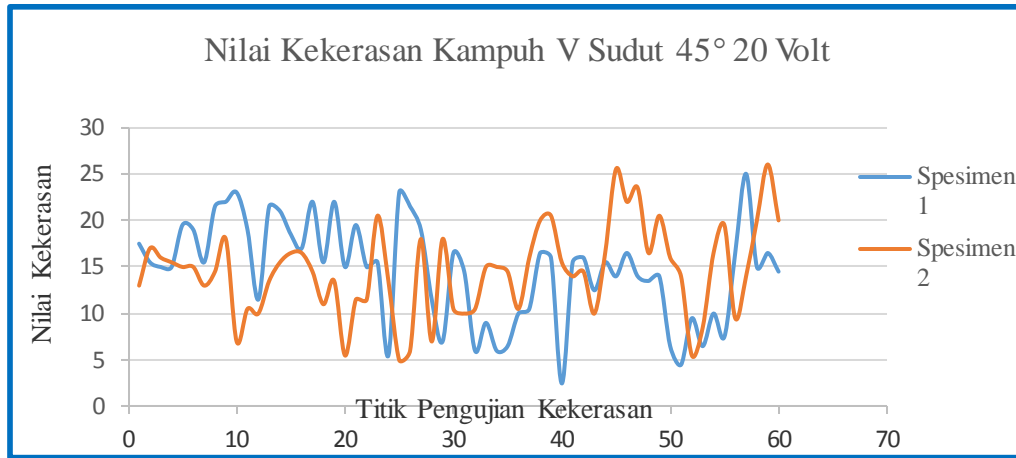
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat arus pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) terhadap sifat mekanis baja karbon rendah. Hasil pengelasan dimana nilai kekerasan serta kekuatan bending. Penelitian ini untuk mengupayakan terjadinya suatu kejadian pada daerah HAZ setelah pengelasan. Proses ini yang akan dilakukan yaitu pengaruh kuat arus pengelasan dengan kekuatan arus 16, 18 dan 20 volt bahan yang digunakan yaitu baja karbon rendah, yang akan dilakukan pengujian kekerasan



Gambar .3. Grafik Nilai Kekerasan V Sudut 45° 16 Volt



Gambar .4. Grafik Nilai Kekerasan V Sudut 45° 18 Volt



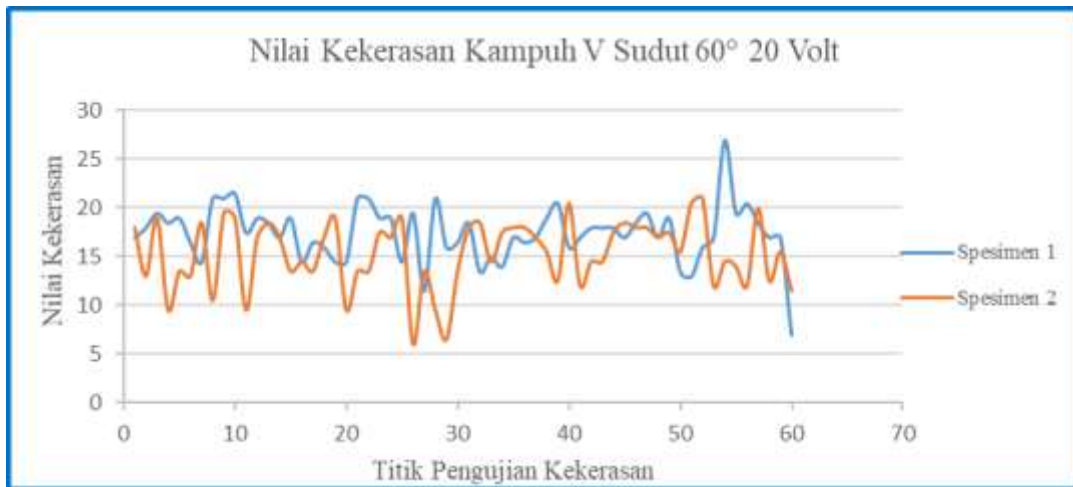
Gambar .5. Grafik Nilai Kekerasan V Sudut 45° 20 Volt



Gambar .6. Grafik Nilai Kekerasan V Sudut 60° 16 Volt



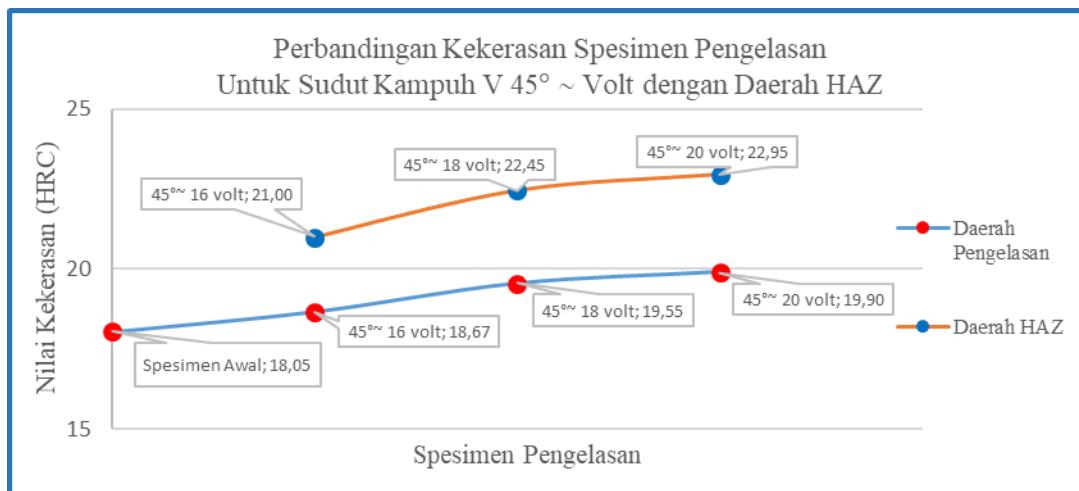
Gambar .7. Grafik Nilai Kekerasan V Sudut 60° 18 Volt



Gambar .8. Grafik Nilai Kekerasan V Sudut 60° 20 Volt

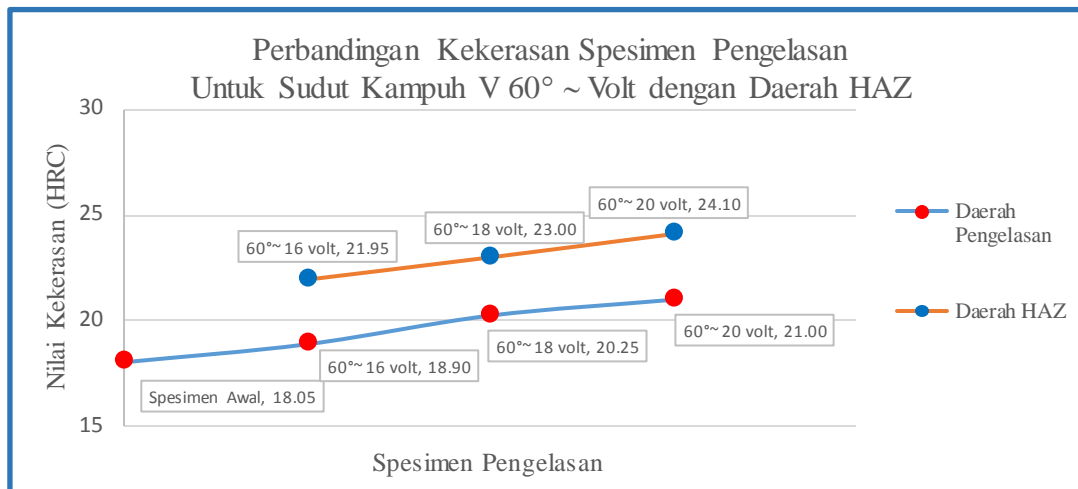
Dari gambar 3 sampai gambar 8 merupakan grafik nilai kekerasan setelah dilakukan proses pengelasan yang dilakukan pengujian pada 60 titik di setiap specimen, menggunakan sudut 45° dan 60°.

Gambar 3 adalah grafik nilai kekerasan kampuh V sudut 45° 16 tegangan Volt, gambar 4 adalah grafik nilai kekerasan kampuh V sudut 45° tegangan 18 Volt,



Gambar .9. Grafik Perbandingan kekerasan specimen pengelasan Kampuh V Sudut 45° dengan daerah HAZ

gambar 5 adalah grafik nilai kekerasan kampuh V sudut 45° tegangan 20 Volt, gambar 6 grafik adalah nilai kekerasan kampuh V sudut 60° tegangan 16 Volt, gambar 7 adalah grafik nilai kekerasan kampuh V sudut 60° tegangan 18 Volt dan gambar 8 adalah grafik kekerasan kampuh V sudut 60° tegangan 20 Volt. Setiap specimen setelah pengelasan terdapat perubahan nilai kekerasan, yang mengakibatkan nilai kekerasan lebih banyak penurunan dari pada kenaikan nilai kekerasan, yang mengakibatkan specimen yang mengalami penurunan mudah bengkok atau rusak



Gambar .10. Grafik Perbandingan kekerasan specimen Pengelasan Kampuh V Sudut 60° dengan daerah HAZ

Dari gambar 9 dan 10 merupakan grafik perbandingan kekerasan specimen pengelasan sudut 45° dan 60° dengan daerah HAZ. Dari penelitian ini, specimen baja karbon rendah dilakukan pengujian kekerasan dengan nilai kekerasan awal rata – rata 18,05 HRD. Selanjutnya dilakukan proses pengelasan dengan kekuatan 16 , 18 dan 20 volt menggunakan sudut kampuh V 45° dan 60°.

Setelah dilakukan pengelasan dilakukan kembali pengujian kekerasan, hasil kekerasan yang diperoleh nilai rata – rata setelah pengelasan kekuatan 16 volt sudut kampuh V 45° yaitu 18,67 HRD dengan nilai rata – rata daerah HAZ 21 HRD untuk 18 volt 19,55 HRD dengan nilai rata – rata daerah HAZ 22,45 HRD dan 20 volt 19,90 HRD dengan nilai rata – rata daerah HAZ 22,95 HRD . Berikutnya adalah hasil dari rata – rata pengelasan sudut 60°, dengan nilai kekerasan 16 volt 18,90 HRD dengan nilai rata – rata daerah HAZ 21,95 HRD untuk 18 volt 20,25 HRD dengan nilai rata – rata daerah HAZ 23 HRD dan 20 volt 21 HRD dengan nilai rata – rata daerah HAZ 24,10 HRD.

Peningkatan nilai kekerasan adalah di semakin besarnya sudut dan besarnya tegangan, semakin besar sudut membuat semakin lama proses pengelasan sehingga proses peningkatan temperatur semakin lama begitupun semakin tinggi volt akan menyebabkan peningkatan panas. Peningkatan panas di daerah tertentu pada baja karbon rendah menyebabkan unsur karbon akan terkumpul di daerah panas, penumpukan karbon menyebabkan daerah tersebut terjadi peningkatan nilai kekerasan dan menurunnya sifat ulet pada daerah tersebut.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian dari pengaruh kuat arus pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) terhadap sifat mekanis baja karbon rendah, maka dapat disimpulkan bahwa hasil kekerasan yang diperoleh nilai rata – rata untuk sudut 45° setelah pengelasan dengan kuat tegangan 16 volt yaitu 18,67 HRD, nilai kekerasan yang paling tinggi dan 19,90 HRD dengan nilai kekerasan tertinggi daerah HAZ 22,95 HRD untuk kuat tegangan 20 volt. Sedangkan untuk sudut pengelasan kampuh V 60° nilai kekerasan terendah ada pada kuat tegangan 16 volt yaitu 18,90 HRD serta tertinggi 21 HRD pada kuat arus 20 volt dan nilai tertinggi kekerasan pada daerah HAZ yaitu 24,10 HRD pada kuat tegangan 20 volt.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, K., Alam, S., Khan, M.I.** (2012). An Experimental Study on the Effect of MIG Welding parameters on the Weld-Bead Shape Characteristics, *Engineering Science and Technology*, 2, 599-602.
- Aloraier, A., Al-Mazrouee, A., Price, J.W.H., Shehata, T.** (2010). Weld Repair Practices Without Post Weld Heat Treatment for Ferritic Alloys and Their Consequences on Residual Stresses, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 87, 127-133.
- Aloraier, A., Ibrahim, R., Thomson, P.** (2006). FCAW Process to Avoid the Use of Post Weld Heat Treatment, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 83, 394-398.
- Argo carriers, Welding International, 23, 34-42. Mitchell, K.C.** (2003). The Application of Flux Cored Arc Welding (FCAW) in UK Power Plant, *Operation Maintenance and Materials*, 2, 1-7.
- Bauer, B., Topi, A., Kralj, S., Ko`uh, Z.** (2011). Influence of The Gas Composition on the Geometry of Laser-Welded Joints in Duplex Stainless Steel, *Materials and Technology* 45, 413-419.
- Benyounis, K.Y., Olabi, A.G.** (2008). Optimization of Different Welding Processes Using Statistical and Numerical Approaches, *Advances in Engineering Software*, 39, 483-496.
- Blodgett, O.W., Funderburk, R.S., Miller, D.K., Quintana, M.,** (1999). *Fabricators and Erectors Guide to Welded Steel Construction*, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland.
- Cary, H.B., Helzer, S.C.** (2005). *Modern Welding Technology*, Prentice Hall, New York.
- Clara Sekeroney. Nevada JM. Nanulaitta, F. Dematacco, Mohammad. A. F, Ike Dayi. F** (2023), Pengaruh Temperature Tempering Terhadap Kekerasan Pada Baja Karbon Sedang Hasil Pengelasan FCAW (*Flux Cored Arc Welding*). *Journal Mechanical Engineering.*, Vol 1 (3) 169-172.
- De, A., Jantre, J., Ghosh, P.K.** (2004). Prediction of Weld Quality in Pulsed Current GMAW Process Using Artificial Neural Network, *Science and Technology of Welding and Joining* 9, 253-259.
- Dey, V., Pratihari, D.K., Datta, G.L., Jha, M.N., Saha, T.K., Bapat, A.V.** (2009). Optimization of Bead Geometry in Electron Beam Welding Using a Genetic Algorithm, *Journal of Materials Processing Technology*, 209, 1151-1157.
- Frederik Dematacco, Nevada. JM. Nanulaitta, Lukman. H, Ratna. A. P. K. D.** (2023), Pengaruh Variasi Sudut Pengelasan Kampuh V dan Ketinggian Elektrikal Stick Out Pengelasan GMAW Terhadap Sifat Mekanis Baja ST-42. *Journal Mechanical Engineering.*, Vol 1 (3), 209-215.
- Imam .A .H, Nevada. JM. Nanulaitta, Graciadiana. I. Huka.** (2023) Pengaruh Variasi Ketinggian Stil Out Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW) Terhadap Sifat Mekanis Pada Pipa Seamless. *Journal Mechanical Engineering*, Vol 1 (2), 112-123.
- Jeffus, L.** (2004). *Welding Principles and Applications*. 5th Edition, Delmar Learning, New York.
- Julian Salakory, Graciadiana. I. Huka, Nevada. JM. Nanulaitta, Annafiyah. A, Ratna. A. P. K. D.** (2023). Pengaruh variasi ketinggian Stick Out pengelasan GMAW dan variasi Sudut Sambungan Pada Kampuh ½ Baja Karbon Sedang Terhadap Sifat Mekanis. *Journal Mechanical Engineering*. Vol 1 (3), 144-150.
- Murugan, N., Gunaraj, V.** (2005). Prediction and Control of Weld Bead Geometry and Shape Relationships in Submerged Arc Welding of Pipes, *Journal of Materials Processing Technology*, 168, 478-487.
- Nevada. JM. Nanulaitta & Lillipaly, E. R. M. A. P.** (2012). Analisa Sifat Kekerasan Baja ST-42 Dengan Pengaruh Besarnya Butiran Media Katalisator (Tulang Sapi (CaCO₃)) Melalui Proses Pengarbonan Padat (Pack Carburizing). *Jurnal Teknologi*, Vol 9(1), 985-994.
- Nowacki, J., Maciej, U.M., Zajac, P.** (2009). FCAW welding of duplex steel in construction of chemical.
- Palani, P. K., Murugan, N.** (2008). Ferrite number optimisation for stainless steel cladding by FCAW using Taguchi technique, *International Journal of Materials and Product Technology*, 33, 404-420.
- Palani, P. K., Murugan, N.** (2008). Ferrite number optimisation for stainless steel cladding by FCAW using Taguchi technique, *International Journal of Materials and Product Technology*, 33, 404-420.

- Rey. J. T. Padang, Nevada. JM. Nanulaitta, Cley. Talakua. Agustinus. O. L. Faizatur. R.** (2023) Analisa Pengaruh Waktu Penahanan (Holding Time) pada Proses Tempering Terhadap Sifat Mekasis baja Karbon Menengah Hasil Pengelasan FCAW (Flux Cored Arc Welding). Journal Mechanical Engineering. Vol 1 (3), 173-180.
- Sandor, T., Dobranszky, J.** (2007). The Experiences of Activated Tungsten Inert Gas (A-TIG) Welding Applied on 1.4301 Type Stainless Steel Plates, Materials Science Forum, 63-70, 537-538.
- Yukler, I., Calis, I.** (1999). Weld Bead Geometry, MUTEF Publications, İstanbul.