

ANALISA SAMBUNGAN BAJA AISI 1020 DAN AISI 1040 DENGAN VARIASI KOMBINASI ELEKTRODA MENGGUNAKAN METODE PENGELASAN SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW)

A.N. Haryoyudanto¹, E.Y. Setyawan², F. Rahmadianto³, T.A. Sutrisno⁴

Teknik Mesin-S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Jl Raya Karanglo KM2, Tasikmadu Kec. Lowokwaru, Kota Malang. 65413

Telp : (0341) 417636

Email : alfian.nugroho221@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan bagaimana pengaruh sambungan pengelasan pada baja AISI 1020 dan baja AISI 1040 metode variasi kombinasi elektroda terhadap sifat mekanis baja dan juga struktur mikro pada baja AISI. Penelitian ini dapat mengetahui pengaruh sambungan pengelasan kombinasi elektroda 6010-7018, 6013-7018, 7018-7016. dimaksudkan mempunyai sifat mekanis yang baik supaya dapat digunakan pada bidang industri, konstruksi, maupun otomotif. Metode penelitian ini menggunakan eksperimental dengan tiga metode pengujian yang bertujuan mengetahui hasil eksperimen dari variasi hasil uji spesimen. Setelah proses pengelasan, lalu dilakukan tiga pengujian seperti pengujian Kekerasan, alat yang digunakan adalah *Rockwell Hardness*, Kekuatan Tarik spesimen, dan Struktur Mikro. Hasil pengujian diperoleh tingkat kekerasan material pada daerah HAZ baja AISI 1040 kombinasi elektroda 6013-7016 dengan nilai kekerasan 56,6 HRB, yang menyebabkan tingginya nilai kekerasan adalah fasa bainit dan ferit *acicular*. Pada daerah logam las nilai kekerasan tertinggi pada kombinasi elektroda 6013-7016, pengaruh unsur paduan dan elektroda inilah yang menyebabkan meningkatnya jumlah fasa bainit pada daerah logam las sehingga membuat nilai kekerasannya tinggi. Nilai tertinggi yang didapat pada pengujian kekuatan tarik terjadi pada kombinasi elektroda 7018-7016 sebesar 43,37 Kgf/mm².

Kata kunci : Kombinasi Elektroda, SMAW, Kekerasan, Kekuatan Tarik, Struktur Mikro

Pendahuluan

Seiring berkembangnya kemajuan teknologi dibidang konstruksi, pengelasan merupakan salah satu bagian dari pengembangan industri, dikarenakan memiliki peran yang cukup penting dalam penyambungan logam. Pada saat ini, pembangunan konstruksi menggunakan logam sering melibatkan proses pengelasan salah satunya pada bidang rancang bangun, hal ini dikarenakan sambungan las adalah salah satu proses pembuatan sambungan dari satu bahan atau

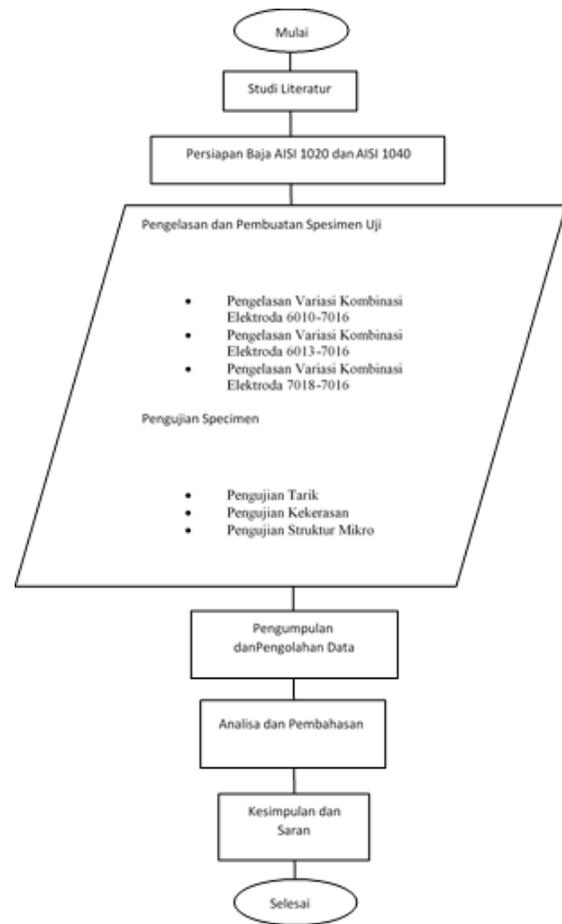
lebih yang secara teknis memiliki kemampuan yang baik bagi penjuru las untuk memperoleh hasil sambungan las dengan kualitas yang cukup baik. Proses pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dengan atau tanpa logam pengisi. Pengertian pengelasan menurut (Arifin, 1997) adalah proses penyambungan 2 buah material menjadi satu dilakukan dengan cara pelumeran atau pemanasan, dimana kedua yang

akan dilakukan proses sambungan las dibuat lumer dengan menggunakan busur nyala api atau panas yang diperoleh dari busur nyala listrik. Lingkup penerapan teknik pengelasan dalam kehidupan sehari-hari banyak dijumpai pada konstruksi jembatan, rangka baja bangunan, pipa saluran, industri karoseri, perkapalan, dan lain-lain.

Pada penelitian ini baja AISI 1020 dan baja AISI 1040 di las dengan menggunakan pengelasan kombinasi elektroda yang berbeda yaitu E6010 dan E7016, E6013 dan E7016, E7016 dan E7018 dengan metode pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Yang nantinya diuji menggunakan pengujian tarik, pengujian keras material dan pengujian struktur mikro. Pengujian tarik adalah uji stress-strain mekanis bertujuan mengetahui tingkat kekuatan pada tiap spesimen terhadap gaya tarik. Uji kekerasan adalah supaya tahu tingkat kekerasan struktur material setelah dilakukan pengelasan. Kekerasan suatu bahan (baja) dapat diketahui dengan melakukan pengujian kekerasan yang memakai alat uji kekerasan yang menggunakan tiga metode pengujian, dilakukan dengan metode *Brinell*, *Rockwell*, dan *Vickers*. Sedangkan uji struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang terdapat pada baja saat setelah dilakukan pengelasan.

Studi Literatur

Studi Literatur yaitu pencarian referensi teori yang relevan dengan kasus atau masalah yang didapat. Tujuan dari studi literatur yaitu untuk memperkuat suatu masalah dan sebagai teori dasar dalam melakukan pembelajaran dan juga dasar untuk melakukan suatu penelitian, dimana kegiatan yang dilakukan adalah mencari referensi jurnal tentang analisa kekuatan pengelasan serta struktur mikro. Metode pada penelitian ini menggunakan pengolahan data kualitatif.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Persiapan Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain, Baja AISI 1020 dan AISI 1040 yang dibeli di PT Barokah Steel Sidoarjo, Elektroda E6010, E6013, E7016, E7018, Amplas dan Alat yang akan digunakan adalah : Mesin Las SMAW, Weld Cap, Gerinda untuk pemotongan specimen.

Pembuatan Spesimen

Spesimen uji ini dibuat di VEDC Malang, peralatan yang diperlukan untuk pembuatan spesimen yaitu, Mesin las SMAW sebagai penyambung kedua baja AISI, Gerinda Listik untuk pemotong dan penghalus baja AISI, dan 4 jenis elektroda yang berbeda. Dan baja berbentuk plat dengan ukuran 5mm x 200mm x 300mm.

Pembentukan Specimen pengujian dilakukan di VEDC dengan mengikuti standar yang sesuai dengan ASTM (American Society of Testing and Material).



Gambar 2. Bentuk Specimen Uji Tarik

Pengujian Struktur Mikro.

Proses uji struktur mikro ini nantinya di lakukan di Laboratorium Universitas Merdeka Malang, dengan ukuran spesimen 5mm x 55mm x 15mm.

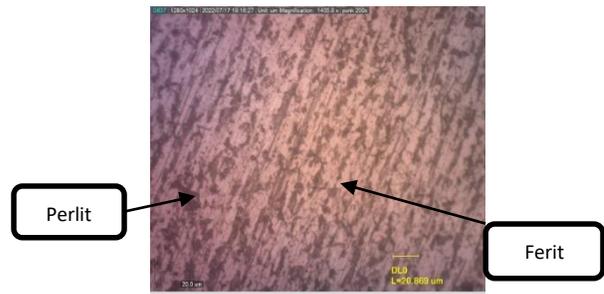


Gambar 3. Bentuk Specimen Uji Struktur Mikro

Proses Pengelasan

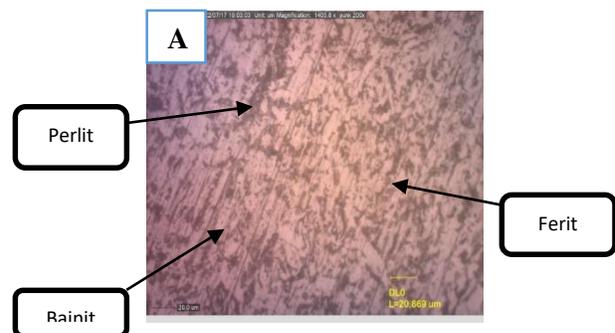
Pada proses pengelasan 3 specimen , Root dan Hotpass menggunakan elektroda 7016 dan untuk Filler dan Capping Menggunakan elektroda E6010, E6013 dan E7108. Untuk pengelasan Root dan Hotpass menggunakan elktroda berdiameter 2,6 mm sedangkan pada Filler dan Capping menggunakan elektroda berdiameter 3,6 mm dengan menggunakan merk elektroda yang sama.

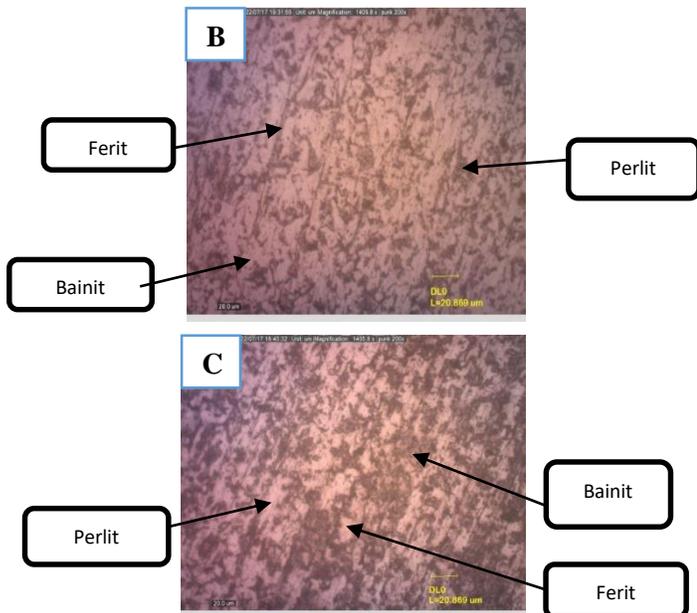
Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja AISI 1020



Gambar 4. Struktur Mikro Logam Induk Baja AISI 1020

Struktur diamati dengan mikroskop pembesaran 200x setelah dilakukan proses grinding, polishing dan etching menggunakan komposisi alkohol 95% dan HNO₃ 5% pada bahan dasar baja AISI 1020. Hasilnya kandungan fasa perlit berwarna gelap, sedangkan ferit tampak terang. 41% perlit dan 59% ferit diperoleh di logam induk. Karenakandungan karbon yang rendah pada baja aisi 1020 yaitu 0,20% karbon, presentase fasa perlit lebih dominan dibandingkan ferit





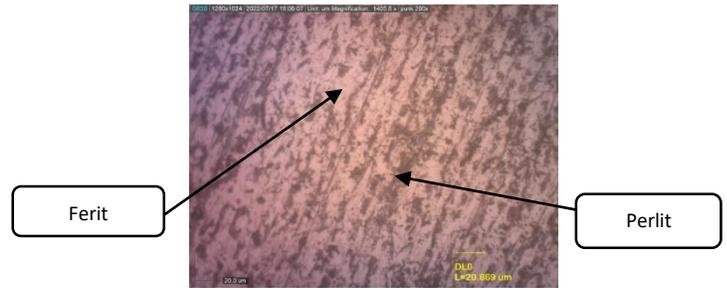
Gambar 5. HAZ AISI 1020 Kombinasi elektroda (A) 6010-7016, (B) 6013-7016, (C) 7018-7016

Pada hasil perhitungan presentase daerah HAZ AISI 1020 untuk kombinasi elektroda 6013-7016 diperoleh kandungan perlit sebesar 43% dan ferit sebesar 57%. Pada kombinasi elektroda 6013-7016 kombinasi elektroda 6013-7016 diperoleh kandungan fasa perlit sebesar 45% ,ferit 51% dan Bainit sebesar 9% dan Kombinasi elektroda 7018-7016 diperoleh kandungan perlit 42% ,ferit 53% dan bainit sebesar 5%.

Pada hasil perhitungan presentase daerah HAZ kombinasi elektroda 6013-7016 dengan kandungan fasa perlit terlihat berwarna gelap dan ferit terlihat berwarna terang dan bainit berwarna abu-abu. Pada kombinasi elektroda 6013-7016 diperoleh kandungan fasa perlit sebesar 45% ,ferit 51% dan Bainit sebesar 9%. Dibandingkan pada daerah HAZ kombinasi elektroda 6010-7016 pada kombinasi elektroda 6013-7016 mengalami kenaikan fasa perlit yang diakibatkan laju panas yang diperoleh pada daerah HAZ lebih merata dibandingkan kombinasi elektroda 6013-7016 maka hasil pendinginan udara suhu ruangan bisa menjadikan specimen dengan kombinasi elektroda

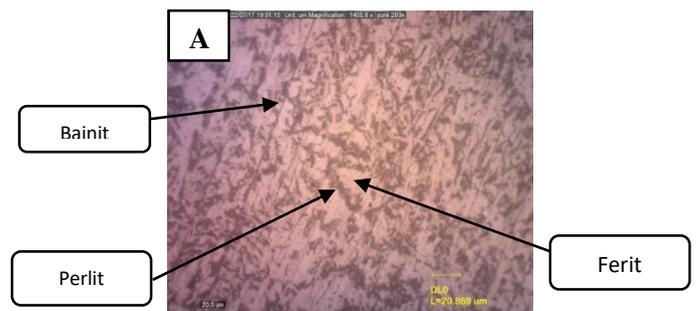
6013-7016 mendapat presentase fasa perlit lebih tinggi dari pada kombinasi elektroda 6010-7016 dan kombinasi elektroda 7018-7016.

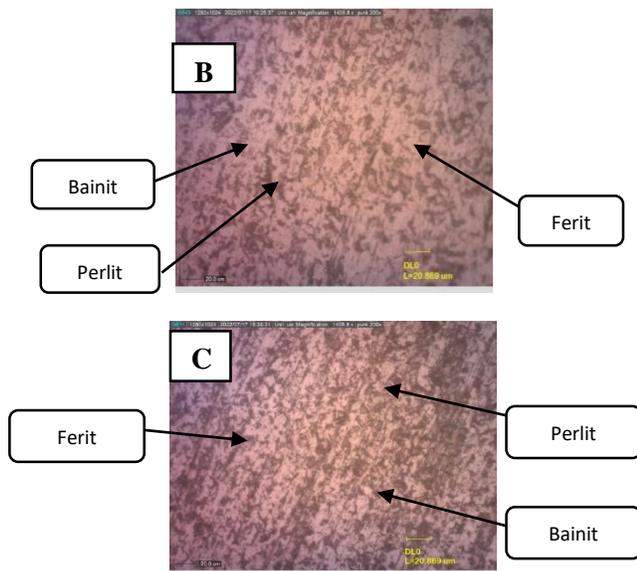
Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja AISI 1040



Gambar 6. Struktur mikro logam induk Baja AISI 1040

Struktur diamati menggunakan mikroskop pembesaran 200x pada bahan dasar baja AISI 1040 setelah dilakukan proses grinding, polishing dan etching menggunakan nital etching dengan komposisi alkohol 95% dan HNO₃ 5%. Akibatnya kandungan fasa perlit tampak berwarna lebih gelap, sedangkan kandungan fasa feritik tampak berwarna lebih terang. Kandungan perlit dari bahan induk adalah 41,5%, dan kandungan ferit adalah 58,5%. Persentase kandungan fasa ferit lebih dominan dibandingkan perlit karena kandungan karbon pada baja AISI 1040 cukup tinggi yaitu 0,40% karbon.





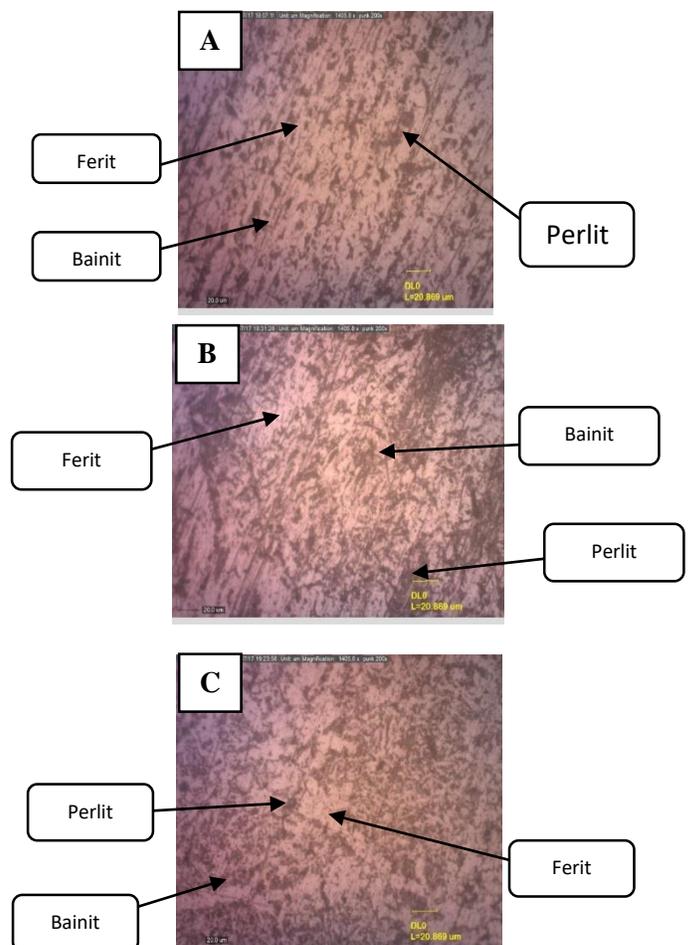
Gambar 7 HAZ AISI 1040 Kombinasi elektroda (A) 6010-7016, (B) 6013-7016, (C) 7018-7016

Pada hasil perhitungan presentase daerah HAZ AISI 1040 untuk kombinasi elektroda 601-7016 diperoleh kandungan Ferit 55%, Perlit 38% dan Bainit 7%. Pada kombinasi elektroda 6013-7016 kandungan fasa perlit sebesar 40% ferit 51% dan bainit 9%. dan Kombinasi elektroda 7018-7016 diperoleh kandungan perlit sebesar 32% ferit 52% dan bainit sebesar 16%.

Pada hasil perhitungan presentase daerah HAZ kombinasi elektroda 6013-7016 dengan kandungan fasa perlit terlihat bewarna gelap ferit terlihat bewarna terang dan bainit abu-abu. Pada kombinasi elektroda 6013-7016 diperoleh kandungan fasa perlit sebesar 40% ferit 51% dan bainit 9%. Dibandingkan pada daerah HAZ kombinasi elektroda 6010-7016, pada kombinasi elektroda 6013-7016 fasa perlit mengalami kenaikan diakibatkan oleh laju panas yang ada pada daerah HAZ lebih merata daripada kombinasi elektroda 6010-7016 jadi hasil pendinginan ruang an bisa membuat kombinasi elektroda 6013-7016 memperoleh kandungan fasa perlit lebih tinggi dari pada kombinasi elektroda 6010-7016 dan 7018-7016.

Struktur Mikro Daerah Las

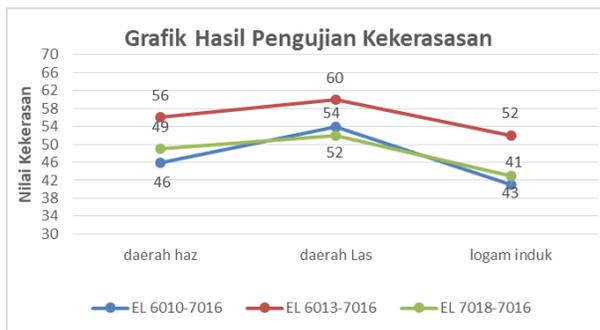
Logam las adalah endapan dimana logam melebur dan kemudian mengeras selama proses pengelasan, dan logam endapan tersebut berasal dari logam pengisi. Logam dasar dan batang las yang digunakan sebagai logam pengisi dilebur bersama dengan fluks pelapis, dan logam dasar cair dan kawat las dicampur untuk membentuk lelehan logam, yang disebut bola solder, dan lelehan logam mengeras menjadi logam las.



Gambar 8. Logam Las Kombinasi elektroda (A) 6010-7016, (B) 6013-7016, (C) 7018-7016

Dari hasil perhitungan persentase fasa struktur mikro pada daerah lasan pada kombinasi elektroda 6010-7016 dengan kandungan fasa perlit terlihat berwarna gelap dan ferit berwarna terang. Pada kombinasi elektroda 6010-7016 kadar perlit sebesar 38% dan ferit sebesar 57%, pada daerah lasan lebih tinggi kandungan fasa ferit yang dihasilkan karena peningkatan temperatur las akibat elektroda yang lembab, maka komposisi pada daerah lasan hampir sama dengan logam induk. Pada kombinasi elektroda 6013-7016 diperoleh kandungan fasa perlit sebesar 34% ,ferit 58% dan bainit sebesar 8%, pada kandungan perlit pada kombinasi elektroda 6013-7016 mengalami penurunan yang disebabkan dari pengaruh temperatur panas yang kurang merata dan ferit lebih rendah disebabkan pendinginan udara yang cukup lambat. Pada kombinasi elektroda 7018-7016 kandungan perlit sebesar 37% dan ferit sebesar 43% dibandingkan pada kombinasi elektroda 6013-7016 pada kombinasi elektroda 7016-7018 mengalami penurunan kandungan perlit yang disebabkan dari siklus termal.

Analisa Hasil Pengujian Kekerasan Baja AISI 1020



Gambar 9. Grafik Kekerasan Permukaan AISI 1020

Analisa Pengujian Kekerasan Daerah HAZ AISI 1020

Pada gambar 9 hasil pengujian kekerasan baja AISI 1020. Pada pengujian kekerasan daerah HAZ hasil elektroda 6010-7016 memiliki nilai kekerasan sebesar 45RHN. Jika dibandingkan kekerasan pada logam induk diperoleh kekerasan 42 maka kekerasan pada daerah HAZ menurun

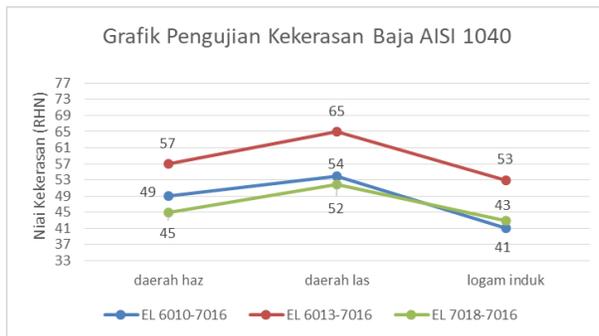
disebabkan daerah HAZ terkena pengaruh temperatur panas yang cukup tinggi mengakibatkan perubahan struktur menjadi menurunnya kekerasan dan meningkatnya keuletan. Pada hasil spesimen kombinasi elektroda 6013-7016 mengalami kenaikan nilai kekerasan sebesar 55 RHN sedangkan pada spesimen kombinasi elektroda 7016-7018 mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 47,33 RHN. Dibandingkan kombinasi elektroda 6010-7016 dan kombinasi elektroda 7018-7016, pada kombinasi elektroda 6013-7016 memiliki nilai kekerasan paling tinggi. hal yang menyebabkan perbedaan tingkat kekerasan RHN pada masing -masing spesimen adalah jenis elektroda.

Analisa Kekerasan Daerah Las Baja AISI 1020

Pada gambar grafik 4.1 hasil pengujian kekerasan daerah lasan hasil spesimen kombinasi elektroda 6010-7016 memiliki nilai kekerasan sebesar 55 RHN, pada hasil spesimen kombinasi elektroda 6013-7016 mengalami kenaikan nilai kekerasan sebesar 62,33 RHN. Sedangkan spesimen kombinasi elektroda 7018-7016 mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 52,33RHN. Dibandingkan kombinasi elektroda 6010-7016 dan 7018-7016, pada kombinasi elektroda 6013-7016 memiliki nilai kekerasan paling tinggi. Karena pengelasan pada specimen kombinasi elektroda 6013-7016 terjadi penetrasi yang baik, sehingga hasil pengelasan jadi cukup baik dan padat karena jenis elektroda 6013 yang cukup mudah untuk digunakan sehingga pada saat proses pengelasan mendapatkan hasil lasan yang baik dibandingkan kombinasi elektroda 6010-7016 dan 7018-7016 , kepadatan inilah yang membuat logamisi lebih keras.

Hal yang menyebabkan perbedaan kekerasan pada specimen disebabkan masukan pengaruh temperatur panas yang sangat tinggi mengakibatkan perubahan struktur pada proses pengelasan yang dapat mempengaruhi nilai kekerasan dan pengaruh proses pendinginan udara maka dapat dilihat pada diagram CCT bahwa pendinginan udara sangat lambat maka semakin lambat pendinginan maka semakin keras.

Analisa Hasil Pengujian Kekerasan Baja AISI 1040



Gambar 10. Grafik Kekerasan Permukaan Baja AISI 1040

Analisa Pengujian Kekerasan Daerah HAZ AISI 1040

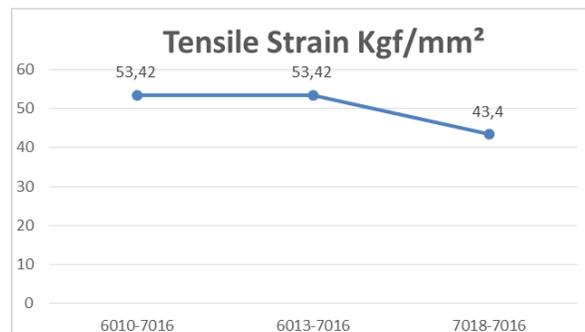
Pada gambar 10 hasil rata-rata pada pengujian kekerasan daerah HAZ baja AISI 1040. pada hasil spesimen kombinasi elektroda 6010-7016 memiliki nilai kekerasan sebesar 48 RHN. Jika dibandingkan kekerasan pada logam induk diperoleh kekerasan 44 RHN maka kekerasan pada daerah HAZ naik disebabkan daerah HAZ terkena pengaruh temperatur panas yang cukup sedang mengakibatkan perubahan struktur menjadi naiknya kekerasan dan meningkatnya keuletan. Pada hasil spesimen kombinasi elektroda 6013-7016 mengalami kenaikan nilai kekerasan sebesar 56,66 RHN sedangkan pada spesimen kombinasi elektroda 7018-7016 mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 46,33 RHN. Dibandingkan kombinasi elektroda 6010-7016 dan 7018-7016, pada kombinasi elektroda 6013-7016 memiliki nilai kekerasan paling tinggi. Hal yang Menyebabkan perbedaan tingkat kekerasan (RHN) pada tiap spesimen adalah perbedaan tegangan arus pengelasan dan diameter elektroda, dimana untuk kombinasi elektroda 6013-7016 menggunakan arus pengelasan sebesar 98A dan diameter elektroda E6013 46mm maka pada saat pengelasan terkena temperature panas yang mengakibatkan kombinasi elektroda 6013-7016 mendapatkan nilai kekerasan paling tinggi disebabkan pengaruh temperatur panas lebih merata dibandingkan kombinasi elektroda 6010-7016 dan 7018-7016 maka

pengaruh proses pendinginan udara dapat dilihat dari diagram CCT bahwa waktu pendinginan udara sangat lambat maka semakin lambat akan menjadikan struktur yang terbentuk semakin keras.

Analisa Kekerasan Daerah Las Baja AISI 1040

hasil pengujian kekerasan daerah lasan hasil spesimen kombinasi elektroda mendapatkan nilai kekerasan sebesar 55 RHN, pada spesimen kombinasi elektroda 6013-7016 mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 42,33 RHN. Sedangkan spesimen kombinasi elektroda 7018-7016 mengalami kenaikan nilai kekerasan sebesar 52,33 RHN. Pada kombinasi elektroda 6010-7016 memiliki nilai kekerasan paling tinggi. Karena pengelasan pada spesimen kombinasi elektroda 6010-7016 disebabkan oleh temperatur panas yang meningkat disebabkan oleh kondisi elektroda yang kurang bagus dan proses pengelasan yang cukup sulit.

Analisa Data Dan Pembahasan Hasil Pengujian Kekuatan Tarik



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Pada gambar 11 hasil dari pengujian kekuatan tarik baja AISI 1020 dan baja AISI 1040 menghasilkan kekuatan tarik maksimum. Pada kombinasi elektroda 6010-7016 kekuatan tarik sebesar 53,42 kgf/mm², Pada kombinasi elektroda 6013-7016 tidak mengalami kenaikan maupun penurunan dengan kekuatan tarik sebesar 53,42 kgf/mm² disini kombinasi elektroda 6010-7016 dan 6013-7016 memiliki kekuatan tarik yang sama hal ini disebabkan oleh kandungan kalium yang

ada pada elektroda dimana elektroda E6010 dan E6013 sama sama memiliki kadar kalium yang cukup tinggi oleh karena itu kedua kombinasi elektroda E6010 dan E6013 memiliki kekuatan tarik yang sama. Sedangkan pada kombinasi elektroda 7018-7016 mengalami penurunan kekuatan tarik sebesar 43,4kgf/mm². Penurunan ini dapat disebabkan dari kondisi elektroda yang kurang baik karena kedua elektroda tersebut termasuk kedalam jenis elektroda hydrogen rendah. karena jika penyimpanan elektroda E7018 dan E7016 kurang baik maka elektroda ini juga akan sulit digunakan untuk pengelasan dalam kemungkinan besar terjadinya cacat pada sambungan las yang bisa mengakibatkan mudah patah dan mengalami hydrogen cracking.

Kesimpulan

- a. Pembentukan pada tiap fasa disebabkan oleh unsur yang ada pada baja atau kecepatan pendinginan dan temperatur dapat menentukan fasa yang terjadi pada saat proses pengelasan.
- b. Proses pengelasan dan laju pendinginan ruangan dengan variasi variasi kombinasi elektroda 6010-7016, 6013-7016, 7018-7016 dapat mempengaruhi perubahan fasa pada setiap specimen
- c. Nilai pengujian kekerasan tertinggi pada daerah HAZ terdapat pada kombinasi elektroda 6013-7016 terdapat bentuk fasa *acicular*, struktur inilah yang di inginkan di setiap proses pengelasan, karena struktur ini sebagai *interlocking structure* yang dapat menghambat laju peretakan material
- d. Pada daerah logam pengelasan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada kombinasi elektroda 6013-7016 bentuk fasa tidak beraturan dan peningkatan jumlah bainit pada daerah ini mempengaruhi nilai kekerasan
- e. Perbedaan nilai kuat tarik disebabkan oleh banyaknya filler yang masuk ke dalam sambungan, yang berarti peningkatan temperature panas (*heat input*) yang menyertai filler, yang menyebabkan semakin banyak filler yang digunakan pada sambungan dan pendinginan yang lebih lambat. Hasil uji tarik ini juga berbanding lurus dengan uji kekerasan
- f. Pengelasan dari kedua baja AISI menggunakan metode las SMAW(Shield Metal Arc Welding) didapat nilai kekuatan tarik yang terendah pada kombinasi elektroda 7016-7018 dengan nilai 43,4 Kgf/mm², hal ini diakibatkan oleh lambat pengelasan dan juga pada saat melakukan pengelasan kondisi elektroda 7018 kondisinya kurang baik akibat pada saat penyimpanan kurang tepat. pada lapisan luar menjadi faktor yang mempengaruhi tingkat kekuatan tarik dan juga tingkat kekerasan spesimen pada kombinasi elektroda 7018-7016.

Saran

1. Perlu adanya peningkatan pemeriksaan hasil las untuk mengecek apakah hasil las memenuhi standar spesifikasi, karena cacat pengelasan yang disebabkan oleh kelalaian pada saat proses las akan mempengaruhi data dari penelitian.
2. Seharusnya dalam penelitian selanjutnya, dibuat lebih dari tiga sampel yang digunakan saat mengumpulkan data selama pengujian kekerasan dan tarik untuk mendapatkan nilai yang akurat
3. Sebaiknya elektroda harus disimpan dengan baik dan benar agar memudahkan untuk proses pengelasan
4. Sebaiknya menggunakan elektroda yang baru supaya pada saat pengelasan mendapat hasil yang maksimal
5. Untuk penelitian selanjutnya di sarankan menggunakan variasi arus atau media pendingin yang lain sehingga dapat membandingkan hasil kekuatan tarik baja AISI 1020 dan baja AISI 1040

DAFTAR PUSTAKA

ASM Handbook Committee. (1985). ASM Handbook Volume 9 Metallography & Microstructures. United States of America.

Azis, R. A., & Saputro, H. (2019). Pengaruh Variasi Diameter Elektroda E7018 Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro Pengelasan pada Baja Karbon Rendah Jenis SS400 dengan Metode SMAW. *Jurnal Teknik UNS*.

Effendi, M. N., & Nugroho, N. Y. (2017). Pengaruh kelembaban elektroda las terhadap kualitas hasil pengelasan Pengarang, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan. *Universitas Hang Tuah*.

Haris, R. (2020). JURNAL MESIN MATERIAL MANUFAKTUR DAN ENERGI. *Analisa Pengaruh Media Pendingin Menggunakan Oli*.

Irawati, A. (2017). Analisa pengaruh variasi waktu penahanan austenisasi Pada perlakuan panas pengerasan terhadap struktur Mikro, nilai kekerasan dan kekuatan impak pada baja Karbon aisi 1050.

Irsyad, H. (2013). Effect Of Slab Thickness On Weld Distortion Results In Medium Carbon Steel AISI 1045 By SMAW Method. *University Lampung*.

Kurniawan, D. (2019). Skripsi] Institut Teknologi Nasional Malang. *Analisa pengaruh variasi elektroda pengelasan smaw sambungan logam baja jis g 3131 sphc dengan baja aisi ss 201 terhadap sifat mekanis*.

Pramono, A. (2011). *KARAKTERISTIK STRUKTUR MIKRO HASIL PROSES HARDENING BAJA AISI 1045 MEDIA QUENCHING UNTUK APLIKASI SPROCKET RANTAI*.