

Analisis Kekerasan / Bending Tes Dan Struktur Mikro Terhadap Pengelasan SMAW Pada Material Hardox 400 Dengan ASTM A36

Muhammad Halim Asiri

Dosen Program Magister Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia Makassar
Jl. Urip Sumoharjo No. 225, Kota Makassar
muhammadhalimasiri@umi.ac.id

Abstrak

Pada era industry modern sekarang ini dibutuhkan inovasi terbaru mengenai pengelasan baik metode maupun material yang digunakan. Hal umum yang dilakukan adalah 2 penyambungan material sejenis namun beda seri material, penyambungan ini sudah cukup umum dilakukan. Hal yang jarang dilakukan adalah penyambungan dengan berbeda material atau dissimilar metal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan bending, nilai kekerasan dan struktur mikro pada penyambungan dengan berbedah material atau dissimilar metal antara mhardox 400 dan ASTM A36. Penelitian ini menggunakan material uji hardox 400 dan ASTM A36 yang diperoleh dari PT. Vale Indonesia. Pengujian sifat mekanis yang dilakukan adalah pengujian Tarik di laboratorium material Teknik jurusan mesin Universitas Muslim Indonesia dan juga uji kekerasan dan struktur mikro. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu kekuatan bending pada specimen 1 sebesar 2573,128 N/mm², specimen 2 sebesar 917,346 N/mm² dan pada specimen 3 kekuatan bending yang dihasilkan sebesar 704,668 N/mm², Hardox 400 sebesar 1902,359 N/mm² dan ASTM A36 sebesar 1730,325 N/mm² dan nilai kekersasan rata-rata yang dihasilkan pada hasil pengelasan berbedah (dissimilar) pada material hardox 400 dan ASTM A36. Hardox 400 pada daerah logam induk sebesar 66,67 N/mm², HAZ sebesar 66,67 N/mm², dan daerah las sebesar 58,33 N/mm² sedangkan pada ASTM A36 daerah logam induk (base metal) sebesar 47 N/mm², HAZ 52,33 N/mm². Pada specimen normal ASTM A36 sebesar 47 N/mm² sedangkan hardox 400 sebesar 68,07 N/mm² sedangkan struktur mikro untuk hasil pengelasan 2 logam berbedah antara hardox 400 dan ASTM A36, pada material ASTM A36 untuk daerah logam induk didominasi struktur Ferrit, HAZ terdiri atas struktur Perlit dan Ferrit dan daerah las terdapat struktur Perrlit lebih dominan dibandingkan struktur Ferrit. Material hardox 400 daerah HAZ terdapat struktur Martensit dan Bainit sedangkan struktur logam induk didominasi struktur martensit.

Kata Kunci : Pengelasan Dissimilar, Pengujian Bending, Hardness Tes, Struktur mikro.

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan industry saat ini teknologi pengelasan cukup berkembang pesat seiring dengan kebutuhan dunia industry untuk menghasilkan produk yang cukup baik dalam proses produksinya, karena teknologi pengelasan sangatlah membantu dalam pekerjaan pembuatan

konstruksi baik yang sederhana maupun konstruksi yang mempunyai tingkat kesulitan dan persyaratan tinggi. Pengelasan merupakan bidang yang sangat dibutuhkan oleh Dunia Industri utamanya untuk industry manufaktur dan rekayasa umum serta bidang - bidang lain yang berhubungan dengan penyambungan

konstruksi, Dimana pengelasan adalah factor utamanya dan untuk mendapatkan mutu sambungan las yang baik bahwa dalam perancangan pengelasan konstruksi harus direncanakan tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las, jenis bentuk kampuh las yang akan dipergunakan [1].

Pada era industri modern sekarang ini dibutuhkan inovasi terbaru mengenai pengelasan, baik metode pengelasan maupun material yang digunakan. Hal umum yang sering dilakukan adalah penyambungan 2 material yang sejenis namun beda seri material. Penyambungan ini sudah cukup umum dilakukan. Hal yang jarang dilakukan adalah penyambungan dengan berbedah material atau dissimilar metal [2]. Pada penelitian ini akan dilakukan pengelasan menggunakan elektroda E309 pada pengelasan berbeda material jenis baja karbon AISI 1050 dengan stainless steel SUS 304. E309 adalah elektroda stainless steel yang umumnya dipakai untuk pengelasan SMAW. Pengelasan menggunakan elektroda stainless harus memperhatikan spesifikasi dari material yang akan dilas. Akibat dari pemilihan electrode yang tidak tepat tentu akan menimbulkan kerugian yang cukup besar, crack, porosity, lasan tidak menyatu dan kerugian lainnya, termasuk kekuatan las yang rendah. Dibutuhkan perencanaan yang matang dan tepat untuk menentukan strategi pengelasan agar menghasilkan pengelasan yang baik [3]. Pada eramodernisasi yang disertai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menciptakan sifat yang menuntut setiap individu untuk ikut serta didalamnya sehingga sumber daya manusia dituntut untuk menguasai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta dapat mengaplikasikan ilmunya didalam dunia

kerja. Salah satu dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang terdapat dalam konstruksi mesin adalah pengelasan. Pengelasan menurut DIN (Deutsche Industrie Normen) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Pengelasan logam berbeda adalah suatu proses pengelasan yang dilakukan pada 2 jenis logam atau Paduan logam yang berbed [4].

(Dissimilar Metal Welding) merupakan perkembangan dari teknologi las modern akibat dari kebutuhan akan penyambungan material - material yang memiliki jenis logam yang berbeda [5]. Kelemahan dari pengelasan diantaranya adalah timbulnya lonjakan tegangan yang besar disebabkan oleh perubahan struktur mikro pada daerah las yang menyebabkan turunnya kekuatan bahan dan akibat adanya tegangan sisa dan adanya cacat dan retak akibat proses pengelasan. Kemudian kegagalan pada pengelasan dissimilar dikarenakan kualitas sambungan las yang tidak optimal akibat lonjakan tegangan tinggi disekitar las yang ditimbulkan dari temperatur puncak las dan temperature terdistribusikan tidak sama pada kedua logam yang disambung [6]. Untuk menghindari kelemahan dan kekurangan tersebut pada penelitian yang dilakukan [7] variasi arus pengelasan SMAW dengan electrode berdiameter 2,5 mm menggunakan arus 50,60,70 amper Dimana arus tersebut adalah arus yang rendah dari pada standarisasi arus pada [8]. Dimana untuk elektroda yang berukuran 2,5 mm arus yang paling rendah adalah 60 amper. Pendapat marihot (1988) juga mengatakan bahwa penggunaan kawat las dan besar arus yang lebih rendah sangat memungkinkan dipakai pada pengelasan terutama *stainless steel*. Pengelasan yang sering digunakan dalam dunia konstruksi

secara umum adalah pengelasan dengan menggunakan metode pengelasan dengan busur nyala logam terlindung atau biasa disebut *shielded Metal Arc Welding* (SMAW).

Metode SMAW banyak digunakan pada masa ini karna penggunaannya lebih praktis, lebih mudah pengoprasiannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien. Pengelasan memunculkan kanefek pemanasan setempat dengan temperature yang tinggi yang menyebabkan logam mengalami ekspansi termal maupun penyusutan saat pendinginan. Hal itu menyebabkan terjadinya tegangan sisa dan kekerasan yang tinggi pada daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ). Pengelasan adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda dengan cara memanaskan, menekan, atau menggabungkan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (Filler metal) yang sama atau berbedah titik cair strukturnya [9].

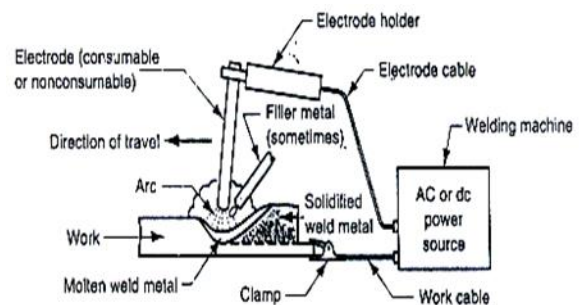
KAJIAN LITERATUR

Pengelasan berdasarkan sumber energi panasnya dapat dibedakan menjadi tiga yaitu mekanik, Listrik dan kimia, sedangkan dari cara pengelasan tekanan (*Pressure Welding*), pengelasan tekanan (*Pressure Welding*), dan pematrian [10]. Las dalam bidang konstruksi sangat luas penggunaannya meliputi konstruksi jembatan, perkapalan, industry karoseri dll. Disamping untuk konstruksi las juga dapat untuk mengelas cacat logam pada hasil pengelasan logam, mempertebal yang aus. Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam di mana logam menjadi satu dan tersambung akibat pengaruh panas dengan atau tanpa tekanan

penambah (Filler). Dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang timbul akibat gaya tarik menarik antar atom. Sebelum atom membentuk ikatan permukaan yang menjadi satu perlu bebas dari gas yang terserap atau oksida - oksida yang akan mempengaruhi hasil lasan.

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur Listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur Listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa *fluks*. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan Bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kumpuh las.

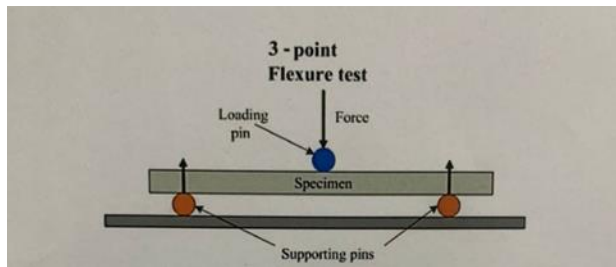


Gambar 1. Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Konfigurasi Dan Rangkaian Listrik Dasar Proses Pengelasan Busur

Karakteristik Baja Karbon Rendah ST 37

Baja karbon rendah ST36 baja karbon dengan komposisi kimia karbon : 0,5 %, Mangan : 0,8%, Silikon 0,3% ditambah dengan unsur lainnya. Dengan kekerasan HB = 170 N/mm² dengan kekuatan Tarik 650 - 800 N/mm². Secara umum baja ST 37 dapat langsung digunakan tanpa mengalami perlakuan panas kecuali jika digunakan pemakaian khusus [9].



Gambar 2. three point bending

$$\sigma_f = \frac{3pl}{2bd^2}$$

Dengan :

σ_f = Tegangan lengkung (kgf/mm²)

P = Gaya atau beban yang bekerja (kgf)

L = Jarak point (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = ketebalan benda uji (mm)

Hardox 400. A36

Hardox pelat aus memenuhi tuntutan yang ketat pada ketahanan aus. Kombinasi unik konsisten dan tinggi kekerasan, kekuatan tinggi dan ketangguhan yang sangat baik membuat bahan cocok untuk berbagai macam aplikasi. *Hardox* adalah pelat aus

dipadatkan dan marah yang telah dikembangkan di SSAB Oxelosund. Produk ini diluncurkan dipasar pada tahun 1970 . dan telah kemudian terus dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan industry diseluruh dunia khususnya yang bergerak dibidang konstruksi, *Hardox* kini identik dengan kualitas tinggi, kerataan yang baik dan permukaan akhir yang baik. *Hardox* adalah plat aus yang telah dikembangkan di SSAB Oxelosund. Produk ini diluncurkan dipasar pada tahun 1970 dan kemudian telah terus dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan industry khususnya dibidang konstruksi di seluruh Dunia, *Hardox* kini identik dengan kualitas tinggi, kerataan yang baik dan permukaan yang baik. Plat *Hardox* memiliki nilai kekerasan 3-4 kali lebih keras dari plat structural, kekuatan yang tinggi, sifat mampu las dan machinability sifat yang sangat baik membuat material sangat mudah untuk dikerjakan karena memiliki kekerasan tinggi yang sesuai dengan kebutuhan industry yang bergerak dibidang konstruksi baja (Data sheet *Hardox*, 2016).

Tabel 1. Komposisi kimia baja Hardox 400

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B
Max%	Max%	Max%	Max%	Max%	Max%	Max%	Max%	Max%
0,32	0.70	1.60	0,025	0.010	1.40	1.50	0.60	0.004

Tabel 2. Sifat - sifat baja Hardox 400

Thickness (mm)	Hardness HBW (Min - Max)	Typical yield strength (MPa)
3 - 130	370 - 430	1000

Tabel 3. Impact Properties Hardox 400

Impact properties	Longitudinal test typical
Charpy V 10x10 mm. Test specimen	45 J/40°C

Spesifikasi dari plat Hardox 400 sebagai berikut :

1. Hardox 400 merupakan baja tahan kikis dengan kekerasan tinggi dan ketangguhan impact yang baik.
2. Hardox 400 memiliki kombinasi sifat ketahanan abrasi, ketangguhan dan mampu las yang optimum. Karna kandungan unsur Paduan yang rendah, Hardox 400 dapat di las dengan mudah dengan memanfaatkan proses pengelasan konvensional dan kawat las dengan kadar hydrogen rendah.

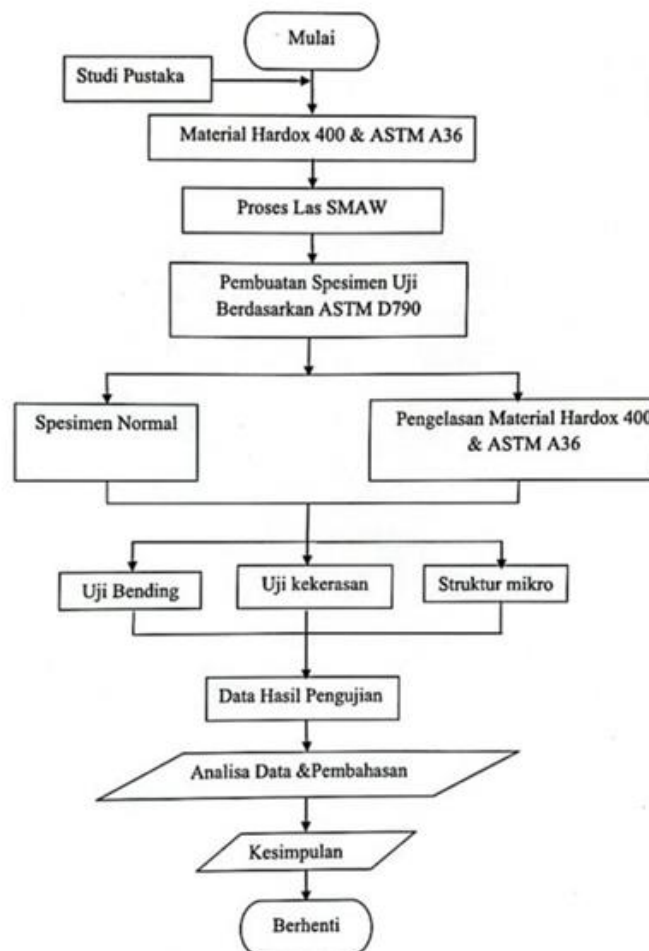
Struktur Mikro Di Daerah Las

Daerah las-lasan terdiri dari tiga bagian yaitu : daerah logam las, daerah pengaruh

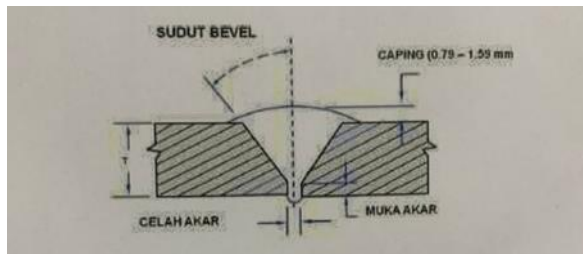
panas atau heat effected zone di singkat menjadi HAZ dan logam induk yang tidak di pengaruhi oleh panas

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis. yang akan diteliti secara sistimatis dan akurat, dengan kasus yang adadi lapangan. Data yang dikumpulkan adalah data primer dan sekunder. Prosedur penelitian sangat penting untuk di ikuti agar proses penelitian dapat dipahami, maka perlu langkah-langkah yang sistematis dalam pelaksanaannya. Adapun prosedur penelitian yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian

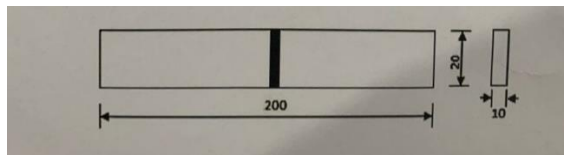


Gambar 3. Diagram alir penelitian pembuatan spesimen

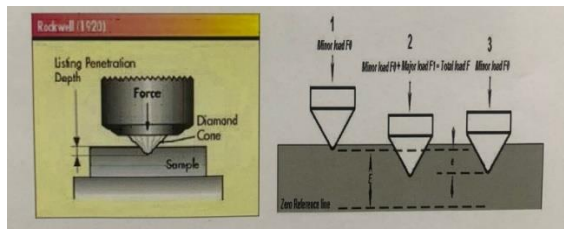


Gambar 4. kampak v

Pembuatan spesimen uji tarik, dan uji bending mengacu ke standar ASTM D790 seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. spesimen uji bending (ASTM D790)



Gambar 6. pengujian rockwell

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari kegiatan penelitian ini berupa data dalam bentuk tabel dan grafik, diperoleh dari hasil pengujian bending, struktur dan kekerasan serta perhitungan bending. Hasil pengujian ini dilakukan meliputi uji bending, struktur mikro dan kekerasan pada pengelasan berbeda material antara hardox 400 dan mill stell ASTM A36. Dalam pengujian bending ini untuk mengetahui kekuatan bahan dapat dilihat dari hasil perhitungan pada specimen 1 hasil pengelasan SMAW berbead material antara hrdox 400 dan mill stell ASTM A36

- Jenis spesimen= Spesimen I
- Panjang (L)= 150 mm
- Lebar (b)= 20 mm
- Tebal (d)= 15 mm
- Beban Maksimum (P)= 22872 N

Menghitung kekuatan bending Contoh perhitungan kekuatan bending diambil pada spesimen 1 sebagai berikut :

$$\sigma_f = \frac{3pl}{2bd^2}$$

dengan :

σ_f = kekuatan bending (N/mm²)

d = Tebal= 10 mm

b = lebar= 20 mm

P = Beban maksimum= 22872 N

L = panjang spesimen= 150 mm

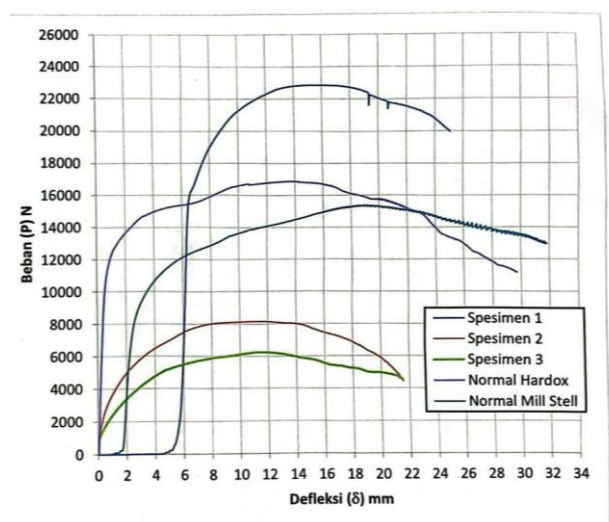
Sehingga :

$$\sigma_b = \frac{3 \times 22872 \times 150}{2 \times 20 \times 10^2} = 2573,128 \text{ N/mm}^2$$

Untuk hasil perhitungan pada specimen 1 dan specimen 2, Spesimen 3, Hardox 400 dan A36 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Bending

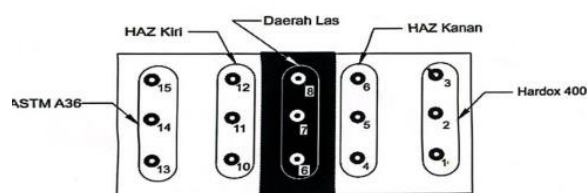
Jenis spesimen	F _{Max} (N)	δ _{Max} (mm)	σ _b (N/mm ²)
Specimen 1	22872,2	15,300	2573,128
Spesimen 2	8154,19	11,180	917,346
Specimen 3	6263,71	11,64	704,668
Hardox 400	16909,857	13,819	1902,359
ASTM A36	15380,67	18.920	1730,325



Gambar 7. grafik antara beban bending dengan defleksi yang terjadi

Pada gambar diatas. memperlihatkan hubungan antara beban bending dengan defleksi yang dihasilkan, dimana semakin besar beban yang diberikan maka defleksi yang terjadi semakin besar pada material Hardox 400 dan ASTM A36. Dimana

pengelasan yang dilakukan adalah pengelasan berbeda spesimen antara Hardox 400 dan ASTM A36. Pada pengujian bending yang dilakukan pada 5 spesimen material hasil pengelasan berbeda antara Hardox 400 dan ASTM A36 yaitu pada spesimen 1 beban maksimum yang dihasilkan sebesar 22872,2 N dengan defleksi yang dihasilkan sebesar 15,300 mm, pada spesimen 2 menghasilkan beban maksimum sebesar 8154,19 N dengan defleksi yang dihasilkan sebesar 11,180 mm dan pada spesimen 3 menghasilkan beban maksimum sebesar 6263,71 N dengan defleksi sebesar 11,64 mm, spesimen normal Hardox 400 menghasilkan beban maksimum sebesar 16909,86 N dengan defleksi sebesar 13,819 mm sedangkan spesimen normal ASTM A36 beban maksimum yang dihasilkan sebesar 15380,67 N dengan defleksi sebesar 18,920 mm. Beban maksimum terbesar terdapat pada spesimen 1 hasil pengelesan berbeda antara hardox 400 dan ASTM A36 sebesar 22872,2 N melebihi kekuatan pada spesimen normal Hardox 400 dan ASTM A36 hal ini disebabkan Selama proses pengelasan, terjadi pemanasan lokal yang tinggi di sekitar daerah lasan. Proses pemanasan ini dapat mengubah struktur mikro dan sifat material di sekitar zona pengaruh panas. Beberapa perubahan yang mungkin terjadi adalah pengerasan, rekristalisasi, dan perubahan ukuran butir. Hasilnya, zona pengaruh panas dapat memiliki sifat mekanis yang lebih baik, termasuk kekuatan yang lebih tinggi. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada tabel 4.2. hasil pengujian kekerasan sebagai berikut:



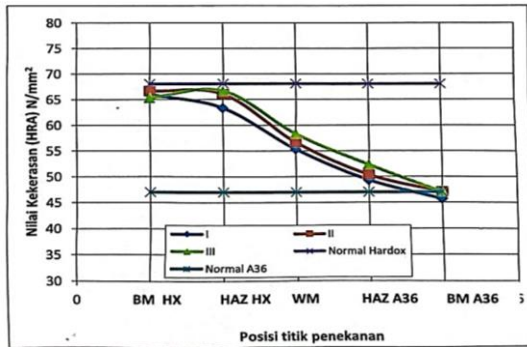
Gambar 8. posisi titik penekanan pada Hardox 400 dan ASTM A36

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Rockwel (HRA) dengan beban 588 N dengan jumlah titik penekanan 10 titik yang terbagi 3 bagian yaitu daerah Las, HAZ dan Logam induk dapat dilihat pada gambar diatas.

Tabel 5. Nilai kekerasan rata-rata (HRA)

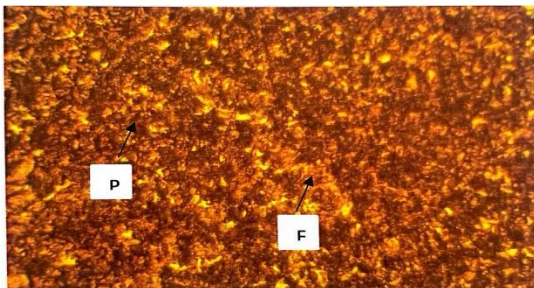
Beban (F) N	Daerah Pengukuran	Nilai Kekerasan Rockwel Rata-rata (HRA)				
		N/mm ²			Normal Hardox	Normal A36
588	BM Hardox	66.00	66.67	65.33	68.07	47
	HAZ Hardox	63.33	66.00	66.67	68.07	47
	WM	55.33	56.67	58.33	68.07	47
	HAZ A36	49.33	50.33	52.33	68.07	47
	BM A36	45.67	47.00	47.00	68.07	47

Gambar diatas memperlihatkan nilai kekerasan rata-rata yang dihasilkan pada pengelasan SMAW berbeda material antara hardox 400 dan ASTM A36 dimana Spesimen 1 Pada daerah base metal Hardox nilai kekerasan rata-rata sebesar 66 N/mm², Daerah HAZ Hardox 400 dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 63,33 N/mm², daerah las nilai kekerasan rata-rata sebesar 55,3 N/mm², Daerah HAZ ASTM A36 dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 49,33 N/mm² dan base metal ASTM A36 nilai kekerasan rata-rata sebesar 45,67 N/mm². Spesimen 2 Pada daerah base metal Hardox nilai kekerasan rata-rata sebesar 66,67 N/mm², Daerah HAZ Hardox 400 nilai kekerasan rata-rata sebesar 66 N/mm², daerah las nilai kekerasan rata-rata sebesar 56,67 N/mm², Daerah HAZ ASTM A36 nilai kekerasan rata-rata sebesar 50,33 N/mm² dan base metal ASTM A36 sebesar 48 N/mm². Spesimen 3 Pada daerah base metal Hardox 400 nilai kekerasan rata-rata sebesar 65,3 N/mm², Daerah HAZ Hardox 400 nilai kekerasan rata-rata sebesar 66,67 N/mm² daerah las nilai kekerasan rata-rata sebesar 58,33 N/mm². Daerah HAZ ASTM A36 dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 52,33 N/mm² dan base metal ASTM A36 sebesar 48 N/mm². Hardox 400 nilai kekerasan rata-rata sebesar 68,07 N/mm² sedangkan ASTM A36 Nilai kekerasan rata-rata sebesar 47 N/mm²

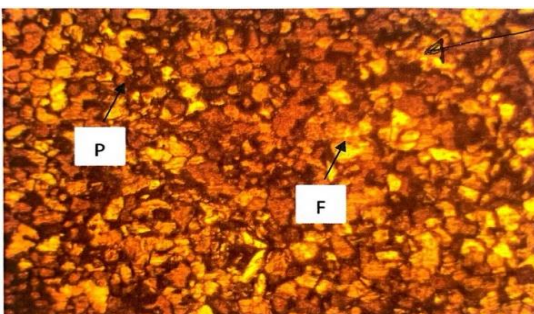


Gambar 9. nilai kekerasan rata-rata

Pada gambar diatas struturmikro daerah las pada pengelasan dengan dua logam dasar yang berbeda yaitu Hardox 400. Pengelasan dengan dua logam dasar yang berbeda untuk menyambung material Hardox yang merupakan baja wear plate dengan material ASTM A36. Penyambungan ini digunakan untuk perubahan sifat mekanik sesuai dengan kebutuhan. Strukturmikro yang terbentuk adalah Pearlit dan ferrit. Struktur pearlit yang berwarna gelap sedangkan struktur ferrit yang berwarna terang. Struktur pearlit lebih dominan dibandingkan struktur ferrit.

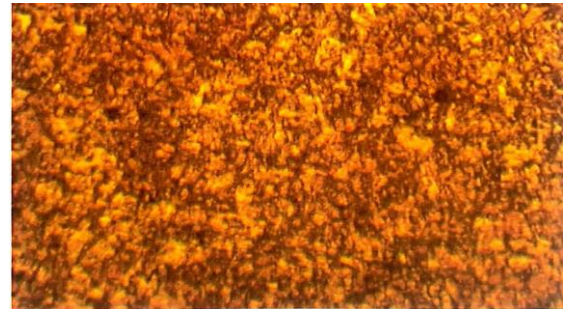


Gambar 10. Strukturmikro Daerah las (Weld Metal)



Gambar 11. Strukturmikro Daerah HAZ A36

Daerah HAZ (Heat Affected Zone) material mengalami pemanasan hingga suhu dekat atau di atas titik lelehnya tanpa mengalami peleburan total. Ketika material terkena panas tinggi, redistribusi karbon dan elemen paduan lainnya dapat terjadi, yang dapat mempengaruhi struktur mikro dan sifat mekanik. Daerah terdapat struktur pearlit dan ferrit yang berukuran besar.



Gambar 11. Strukturmikro Daerah HAZ Hardox 400

Pada daerah HAZ Hardox 400, struktur mikro dapat mengalami perubahan akibat pemanasan dan pendinginan selama proses pengelasan. Strukturmikro yang terbentuk dalam HAZ dapat mempengaruhi sifat mekanis dan kinerja material. Rekristalisasi adalah proses di mana butiran logam yang terdeformasi kembali menjadi butiran yang lebih halus dan memiliki orientasi kristal yang lebih acak. Pada daerah HAZ, pemanasan yang tinggi dapat memicu rekristalisasi pada beberapa bagian material, menghasilkan strukturmikro yang lebih halus dan kurang deformed. Strukturmikro yang terdapat pada daerah HAZ adalah Martensit

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian hasil pengelesan dengan dua logam berbeda (Dissimilar) anantara material hardox 400 dan ASTM A36 dapat disimpulkan bahwa kekuatan bending pada spesimen 1 sebesar 2573,128 N/mm', spesimen 2 sebesar 917,346N/mm² dan pada spesimen 3 kekuatan bending yang dihasilkan

sebesar 704,668 N/mm², Hardox 400 sebesar 1902,359 N/mm² dan ASTM A36 sebesar 1730,325 N/mm². Nilai kekerasan rata-rata yang dihasilkan pada hasil pengelasan berdebeda (dissimilar) pada material Hardox 400 dan ASTM A36. Hardox 400 pada daerah logam induk sebesar 66,67 N/mm², HAZ sebesar 66,67 N/mm² daerah las sebesar 58,33 N/mm² sedangkan pada ASTM A36 daerah logam induk (base metal) sebesar 47 N/mm², HAZ 52,33 N/mm². Pada spesimen normal ASTM A 36 sebesar 47 N/mm² sedangkan Hardox 400 sebesar 68,07 N/mm². Strukturmikro untuk hasil pengelasan dua logam berbeda antara hardox 400 dan ASTM 36. pada material ASTM A36 untuk daerah logam induk didominasi struktur ferrit, HAZ terdiri atas struktur pearlit dan ferrit dan daerah las terdapat struktur pearlit lebih dominan dibandingkan struktur ferrit. Material hardox 400 daerah HAZ terdapat struktur martensi dan bainit sedangkan struktur untuk logam induk didominasi struktur martensit.

REFERENCE

- [1] Arifin, S., 1997, Las Listrik dan Ototen, Ghalia Indonesia, Jakarta
- [2] Wirjosumarto, H., 2000, Teknologi Pengelasan Logam, Erlangga, Jakarta.
- [3] Abdurahman, Sukarman, Apang D.S, Safril, Dibyo S Nana R., 2021. Evaluasi Kekuatan Uji Tarik Pada Proses Pengelasan Busur Listrik Beda Material SPHC Dan S30-C. Jurnal Mechanical Xplore Volume 1 No. 2. Universitas Buana Perjuangan Karawang
- [4] Surdia, T.; Saito, S., 1985, Pengetahuan Bahan Teknik, Edisi ke-4, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- [5] Data sheet 2062UK Hardox 400 Sheet 2016 - 03 - 02
- [6] Parekke, Simon. 2014. Pengaruh Pengelasan Logam Berbeda (AISI 1045) Dengan (AISI 316L) Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. Jurnal Sains & Teknologi. Vol.3 No.2 Desember. Universitas Hasanuddin.
- [7] A. Ginting, A. Hamsi, and H. Sibarani, 2008 "Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal dan Kuat Arus pada Sambungan Logam Aluminium-Mg 5083 terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan TIG,".
- [8] Q. M Yogi Nasrul L., Heru Suryanto, 2016 "Pengaruh Variasi Arus Las SMAW Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar Stainless Steel 304 Dan ST 37," J. Tek. Mesin, vol. 24, no. 01, pp. 1-12,.
- [9] J. Awali, Y. S. Irawan, and M. A. Choiron, 2014 "Pengaruh kuat arus pengelasan dua layer dengan metode GTAW dan SMAW terhadap kekuatan tarik pada plat ASTM A 36," Rekayasa Mesin, vol. 5, no. 2, pp. 107-112.
- [10] Howard BC. 1994. Modern Welding Tech-nology. New Jersey: Prentice-Hall. Marihot, Goklas. 1984. Mengelas Logam dan Pemilihan Kawat Las. PT. Gramedia Jakarta
- [11] Rizam Alfahmi, Saifuddin, Mawardi., 2021., Analisa kekuatan sambungan kampuh V pada pengelasan carbon steel dengan stainless steel menggunakan elektroda E 309 terhadap kekuatan impact. Journal of Welding Technology. Volume 3, No. 2. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [12] Abdurahman, Sukarman, Apang D.S, Safril, Dibyo S Nana R., 2021. Evaluasi Kekuatan Uji Tarik Pada Proses Pengelasan Busur Listrik Beda Material SPHC Dan S30-C. Jurnal Mechanical Xplore Volume 1 No. 2. Universitas Buana Perjuangan Karawang.