

ANALISA UJI KEKERASAN DAN STRUKTUR MICRO PADA PLAT BAJA ASTM A36 TERHADAP PENGELASAN MIG DENGAN VARIABEL PENDINGIN AIR, OLI, DAN UDARA

Muhammad 'Athif Istigfarian

181020200006

Dr. Mulyadi, S.T., M.T.

**TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO
2024**



PENDAHULUAN

Latar Belakang

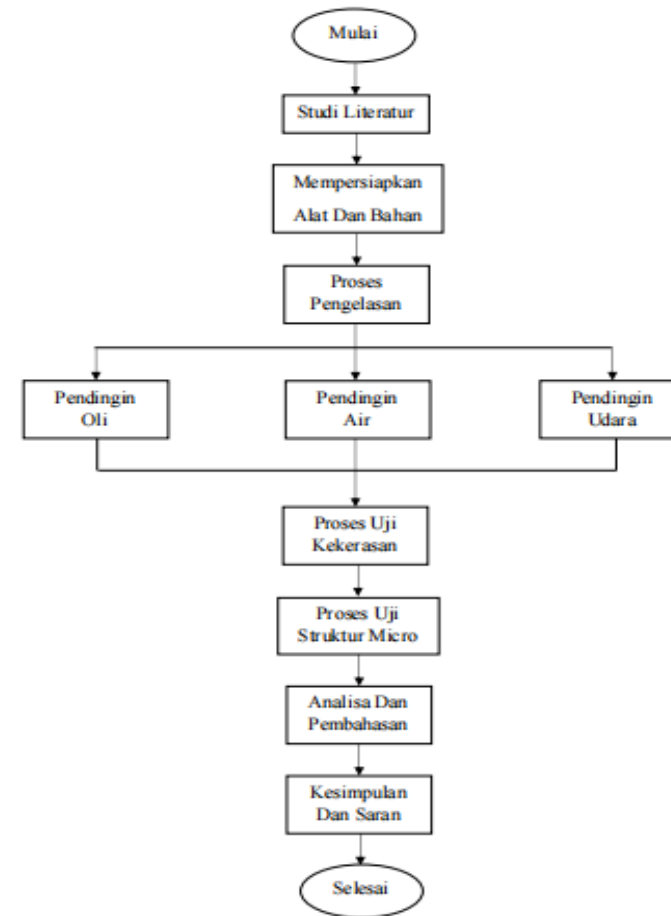
1. Dalam perkembangan teknologi dan industri, baja merupakan salah satu material penting, dibuktikan dengan pemakaiannya yang sudah umum dalam dunia manufaktur, maritim, bahan bangunan, perpipaan, oil and gas, maupun penggunaan substansial yang lain. Hal ini dikarenakan baja memiliki kelebihan pada kekuatan, ketersediaan bahan, versatility, sifat mekanis, dan tingkat ekonomis yang rendah dari pada material yang lain.
2. Pengelasan MIG (Metal Inert Gas) tidak selalu mudah dilakukan karena sifatnya yang reaktif terhadap oksigen, yang dapat menyebabkan terbentuknya oksida yang mengganggu kualitas pengelasan. Oleh karena itu, penting untuk mempelajari dan mengoptimalkan parameter proses pengelasan untuk meningkatkan kualitas sambungan dan meminimalkan cacat. Pada pengelasan MIG (Metal Inert Gas) terdapat berbagai macam cacat pengelasan, antara lain undercutting, porositas, slag inclusion, crack/ retak dan kurang penetrasi atau penembusan yang kurang sempurna.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berbagai kombinasi parameter proses MIG (Metal Inert Gas) untuk pengelasan baja, dengan fokus khusus pada pengaruhnya terhadap hasil pengujian kekerasan dan mikrostruktur.

METODE

Diagram Alur Penelitian

Diagram alir ini dibuat supaya penelitian ini dapat terlaksana sesuai dengantahapan dan menghindari kekeliruan pada saat melakukan penelitan. Oleh karena itu dibuat sebuah diagram alur pada penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

STUDI LITERATUR

Studi literatur ini dilakukan sebagai tahap awal dan juga sebagai landasan materi dengan mempelajari beberapa referensi dari jurnal, artikel, buku, tugas akhir yang berkaitan, pengamatan secara langsung di lapangan, juga dari media internet, dan diskusi dengan dosen pembimbing yang ada kaitannya dengan besar perencanaan tinjauan parameter pengelasan MIG (Metal Inert Gas) Terhadap hasil pengujian kekerasan dan mikrostruktur.

PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

1. Mesin Las MIG Merk LAKONI TIPE MIG 160i

Mesin las MIG merk LAKONI TIPE MIG 160i pada penelitian ini digunakan untuk proses pengelasan dengan menyambungkan antar plat baja ASTM A36 dengan menggunakan elektroda fluxcore diameter 1 mm sehingga membentuk spesimen dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan. Parameter yang dirubah dari mesin las yaitu kuat arusnya yaitu 80 A, 100 A, 120 A. Untuk tekanan Gas Argon konstan dimasing-masing spesimenya yaitu 0.15 Mpa dengan flow rate 10-15 L/menit.



Gambar 2. Mesin Las MIG merk LAKONI TIPE MIG 160i

PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

2. Mesin CNC Milling

Mesin CNC milling yang dipakai penelitian disini yaitu merk weidamc vmc-640 memiliki 3 axis yang berfungsi untuk melakukan pemotongan spesimen penggunaan mesin cnc milling harus memiliki program yang telah dibuat sebelumnya di aplikasi Solidwork.



Gambar 3. Mesin CNC Milling

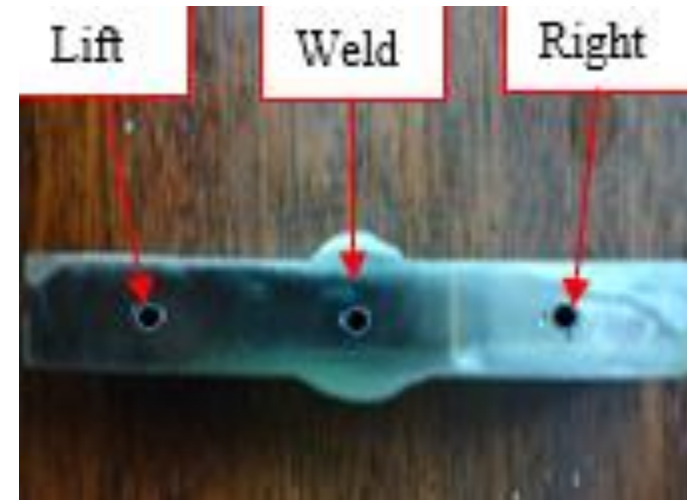
PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

3. Alat Uji Kekerasan

Uji kekerasan las adalah satu dari banyaknya proses pengujian yang di pakai dalam pengelasan, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi. Dengan memberikan beban menggunakan indentor ke dalam permukaan untuk mengetahui material kekerasan dari suatu metal diukur.



a). Alat uji Kekerasan



b). Zone Uji Kekerasan

PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

4. Alat Uji Mikrostruktur

Pengujian metalografi harus membutuhkan alat khusus untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada mikrostruktur yaitu menggunakan mikroskop yang mampu melakukan pembesaran hingga 100x [14]. Alat dibawah ini bermerk OLYMPUS BX53M yang digunakan untuk melihat stuktur mikro pada plat baja ASTM A36.



a). Mikroskop Optik

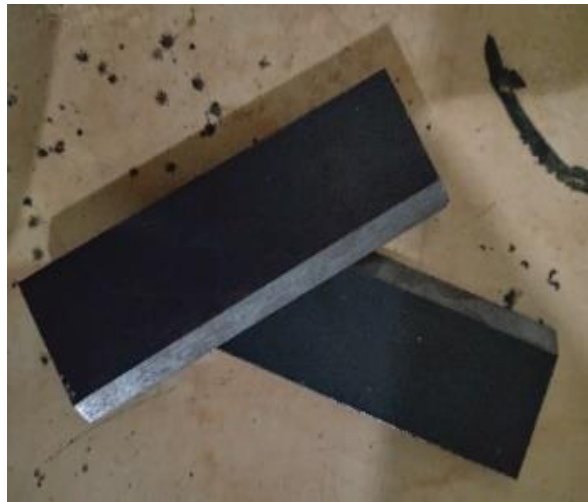


b). Zone Mikrostruktur

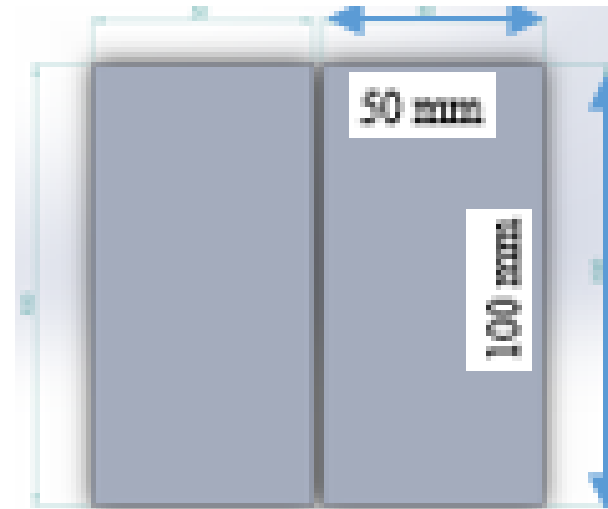
PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

5. Plat Baja ASTM A36

Plat baja ASTM A36 adalah bahan spesimen yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan kampuh V. Sesuai dengan banyaknya parameter proses pengelasan yaitu 9 spesimen dengan dimensi 100 mm x 50 mm x 5 mm.



a). potongan plat baja ASTM A36



b). bentuk join pengelasan kampuh V

PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

6. Handle Gas

Kertas gosok disini digunakan pada proses poles dan grinding. Pada penelitian ini digunakan kertas gosok ukuran 1000, 2000, 3000 dan 5000.

6. Cairan Etching

Cairan kimia untuk etsa digunakan untuk mengikis permukaan supaya struktur makro dapat dilihat. Komposisi cairan yang digunakan disebut komposisi keller's yaitu 2 ml hf, 3 ml hcl, 5 ml hno₃, dan 190 ml h₂O.

PROSES PENGELASAN MIG PADA PLAT BAJA ASTM A36

Spesimen plat baja ASTM A36 akan dilas dengan posisi 1G dengan beberapa parameter yang akan menjadi acuan variasi yaitu variasi kuat arus pengelasan dan variasi pendinginan setelah pengelasan.

Tabel 1. Variasi Parameter Proses Pengelasan

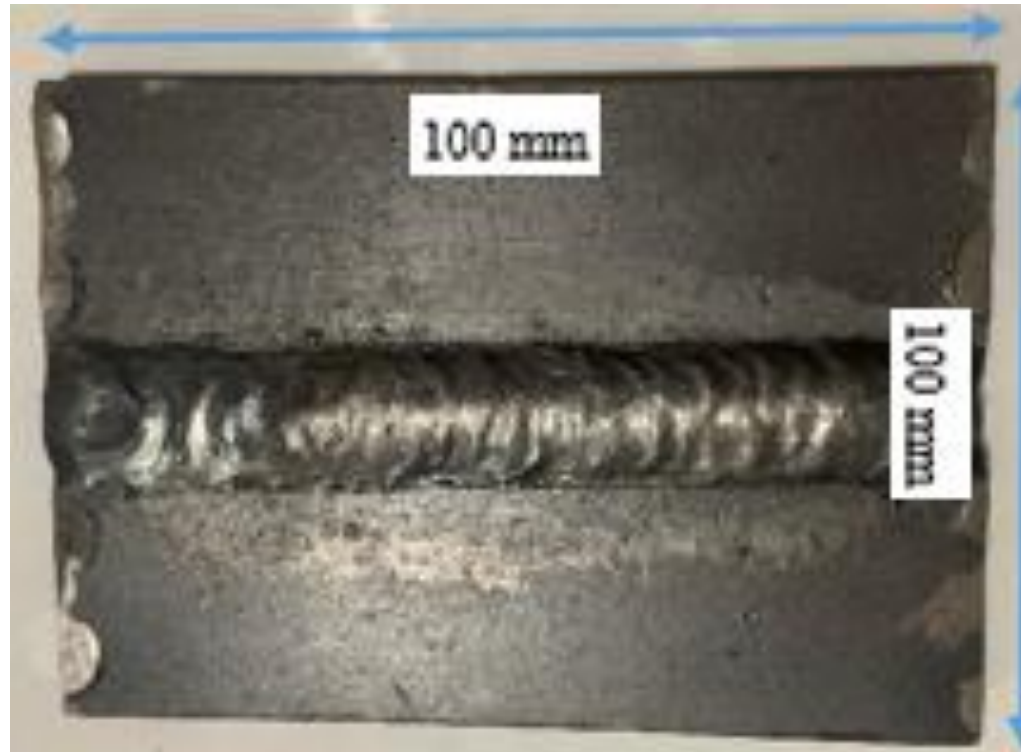
No. Spc	Kuat Arus (A)	Pendingin	Kekerasan Brinell hardness (HV)	Mikro Struktur
1	80	Air	294.4	
2	80	Udara	283.3	
3	80	Olie	283.7	
4	100	Air	297.5	
5	100	Udara	282.4	
6	100	Olie	281.3	
7	120	Air	296.8	
8	120	Udara	286.3	
9	120	Olie	281.2	

PROSES PENGELASAN MIG PADA PLAT BAJA ASTM A36

Pada penelitian ini proses Pengelasan Metal Inert Gas (MIG) dilakukan sebanyak 9 kali dengan perbedaan parameter yang telah ditentukan. Berikut adalah langkah –langkah proses Pengelasan Metal Inert Gas (MIG) :

- 1.Siapkan mesin las, elektroda, meja untuk pengelasan dan plat baja ASTM A36 yang akan digunakan.
- 2.Jig atau klem plat aluminium yang telah disiapkan untuk mencegah terjadinya proses pemuaian pada plat.
- 3.Atur Parameter mesin las MIG sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.
- 4.Lakukan proses pengelasan pada plat aluminium sebanyak 9 kali.
- 5.Pada setiap hasil pengelasan lakukan pendinginan pada hasil pengelasan sesuai dengan parameter pendingin yang ditentukan.
- 6.Kemudian lakukan pembersihan pada hasil pengelasan di area pengelasan dan memberikan nomer specimen sesuai dengan nomer parameter.
- 7.Apabila semua proses pengelasan sudah selesai lakukan pembersihan lingkungan sekitar pengelasan dan pembersihan pada alat dan bahan pengelasan.

PROSES PENGELASAN MIG PADA PLAT BAJA ASTM A36



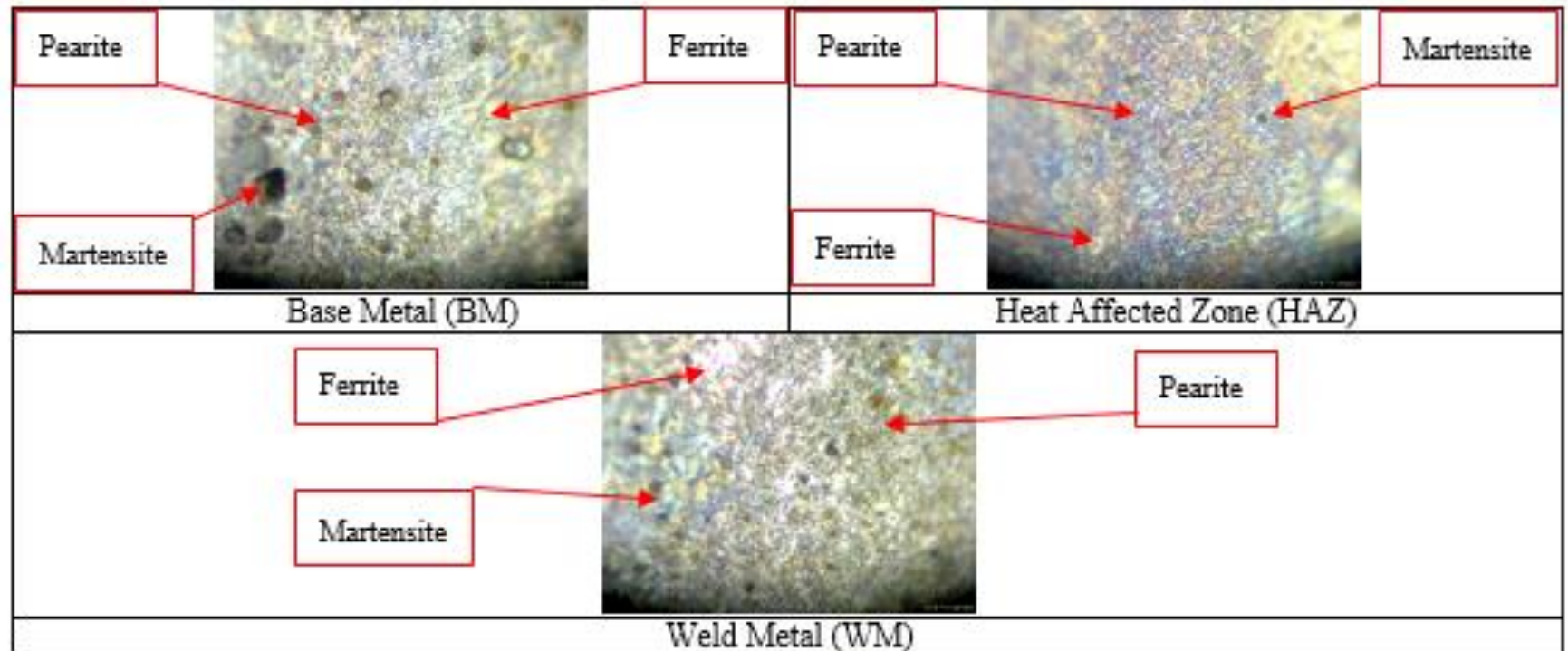
Gambar 6. Hasil Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Mikrostruktur

Pengujian Mikrostruktur dilakukan dengan alat Mikroskop Optik menggunakan mikroskop 100 x. Berikut dibawah ini merupakan hasil dari pengambilan makrostruktur pengelasan Metal Inert Gas (MIG) pada material baja ASTM A36.

1. Spesimen 1 (80 Ampere Pendingin Air)



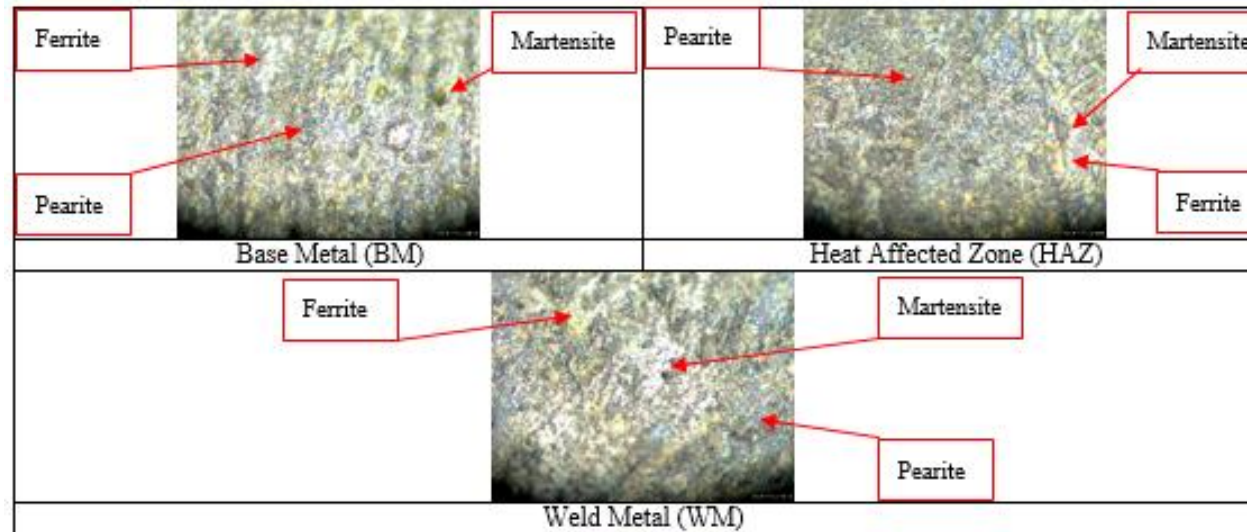
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Spesimen 1 (80 Ampere Pendingin Air)

Pada Gambar 7. Parameter proses pengelasan 80 Ampere dan pendingin air hasil mikrostruktur nya memiliki komposisi martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat martensite, ferrite dan pearlite yang seimbang, kemudian pada daerah HAZ terdapat martensite yang sedikit dari pada ferrite dan pearlite dan pada daerah weld metal terdapat martensite, ferrite dan pearlite yang seimbang. Parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang baik. Serta pada parameter proses tersebut jarang ditemuinya cacat las yang berarti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

2. Spesimen 2 (80 Ampere Pendingin Udara)

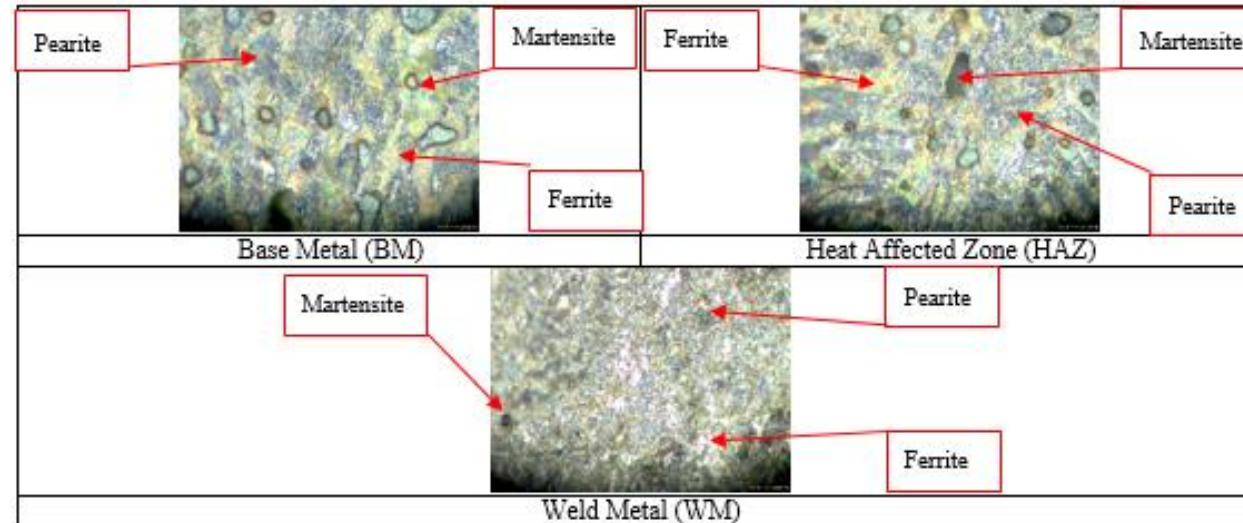


Gambar 8. Mikrostruktur Spesimen 2

Pada Gambar 8. Parameter proses pengelasan 80 Ampere dan pendingin udara hasil mikrostruktur nya memiliki komposisi martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi, kemudian pada daerah terdapat martensite, ferrite dan pearlite yang seimbang dan pada daerah weld metal terdapat martensite, ferrite dan pearlite yang seimbang. parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang baik. Serta pada parameter proses tersebut jarang ditemuinya cacat las yang berarti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3. Spesimen 3 (80 Ampere Pendingin Oli)

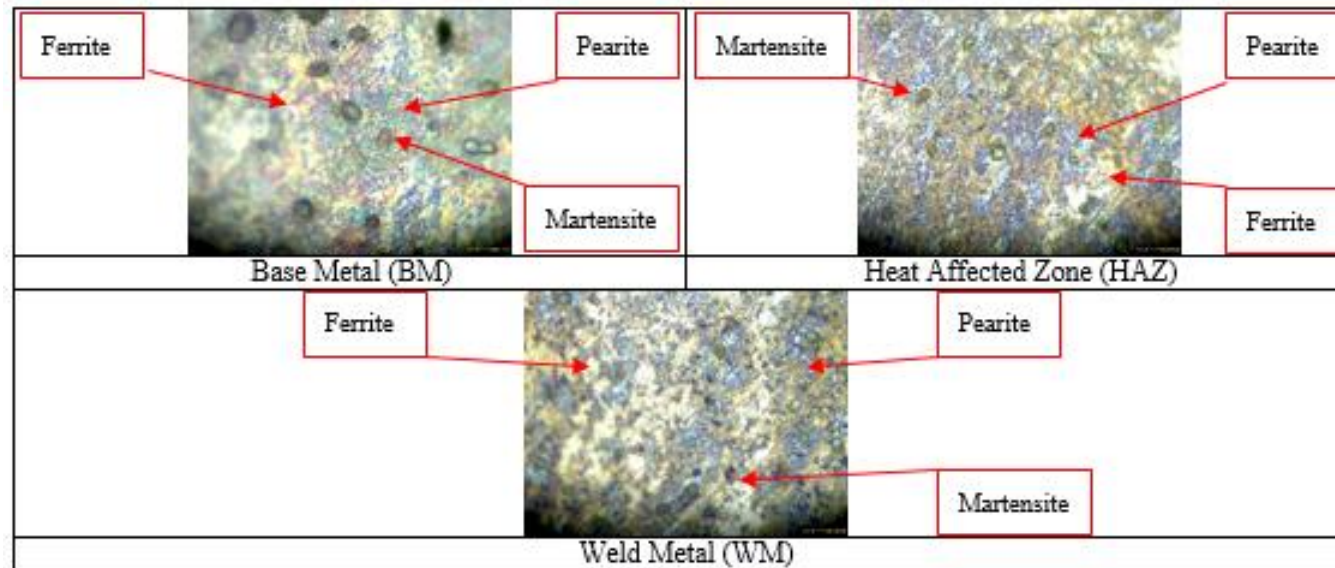


Gambar 9. Mikrostruktur Spesimen 3

Pada Gambar 9. Parameter proses pengelasan 80 Ampere dan pendingin oli hasil mikrostruktur nya memiliki komposisi martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi, pada daerah HAZ terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi dan pada daerah weld metal terdapat martensite yang sedikit dari pada ferrite dan pearlite. parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang baik. Serta pada parameter proses tersebut jarang ditemuinya cacat las yang berarti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4. Spesimen 4 (100 Ampere Pendingin Air)

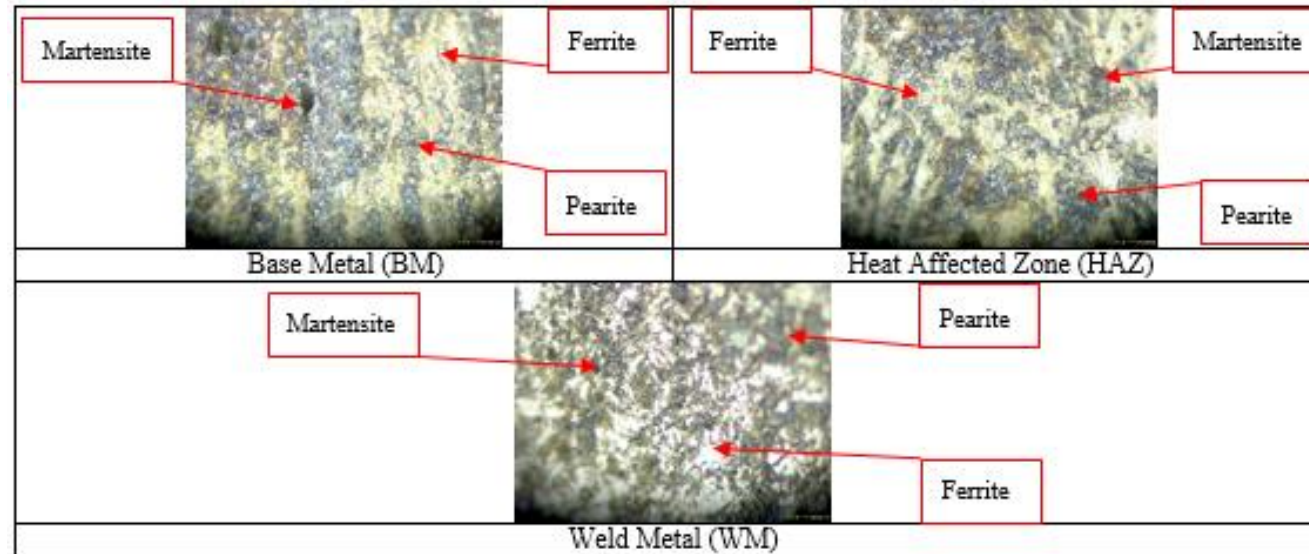


Gambar 10. Mikrostruktur Spesimen 4

Pada Gambar 10. Parameter proses pengelasan 80 Ampere dan pendingin air hasil mikrostruktur nya memiliki komposisi martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi, pada daerah HAZ terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi dan pada daerah weld metal terdapat martensite yang sedikit dari pada ferrite dan pearlite. parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang baik. Serta pada parameter proses tersebut jarang ditemuinya cacat las yang berarti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

5. Spesimen 5 (100 Ampere Pendingin Udara)

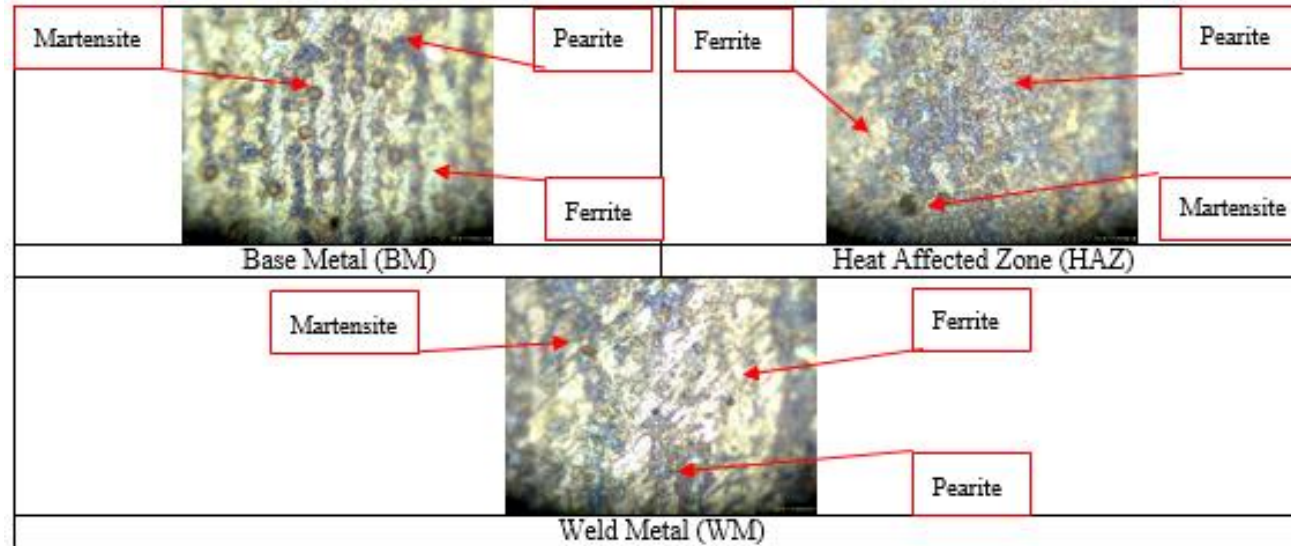


Gambar 11. Mikrostruktur Spesimen 5

Pada Gambar 11. Parameter proses pengelasan 100 Ampere dan pendingin udara hasil mikrostruktur nya memiliki komposisi martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi, pada daerah HAZ terdapat sedikit ferrite dan pearlite, martensite yang mendominasi dan pada daerah weld metal terdapat martensite yang sedikit dari pada ferrite dan pearlite. Parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang baik. Serta pada parameter proses tersebut jarang ditemuinya cacat las yang berarti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

6. Spesimen 6 (100 Ampere Pendingin Oli)

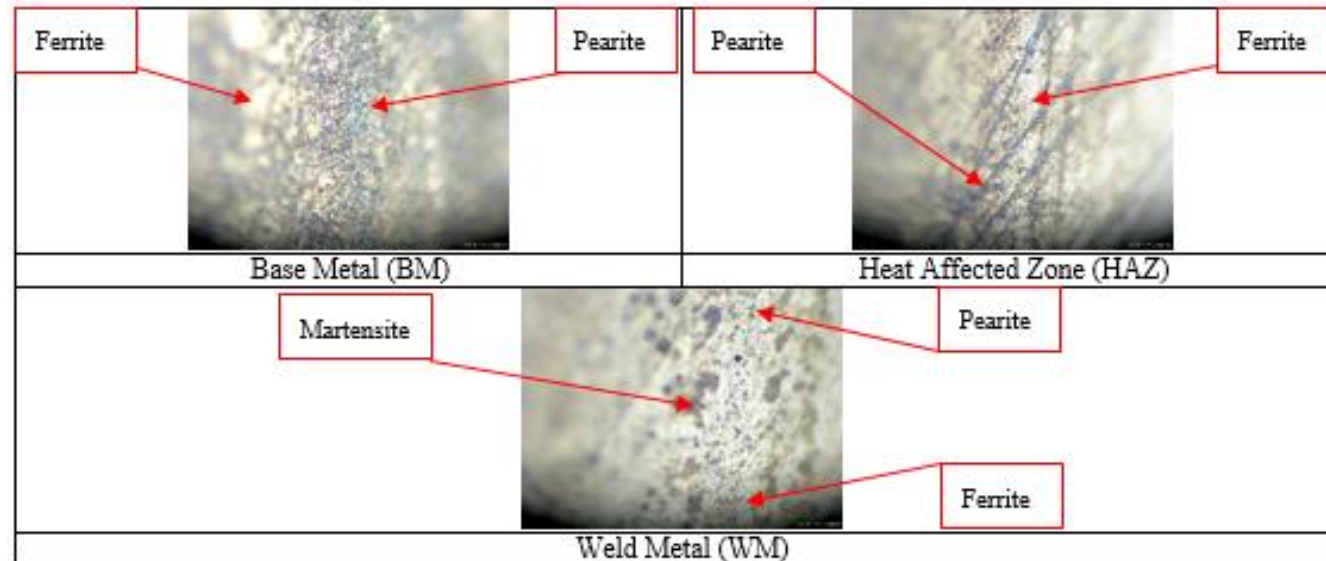


Gambar 12. Mikrostruktur Spesimen 6

Pada Gambar 12. Parameter proses pengelasan 100 Ampere dan pendingin oli hasil mikrostruktur nya memiliki komposisi martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat martensite, ferrite dan pearlite yang seimbang, kemudian pada daerah HAZ terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi dan pada weld metal terdapat martensite yang sedikit dari pada ferrite dan pearlite. Parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang baik. Serta pada parameter proses tersebut jarang ditemuinya cacat las yang berarti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

7. Spesimen 7 (120 Ampere Pendingin Air)

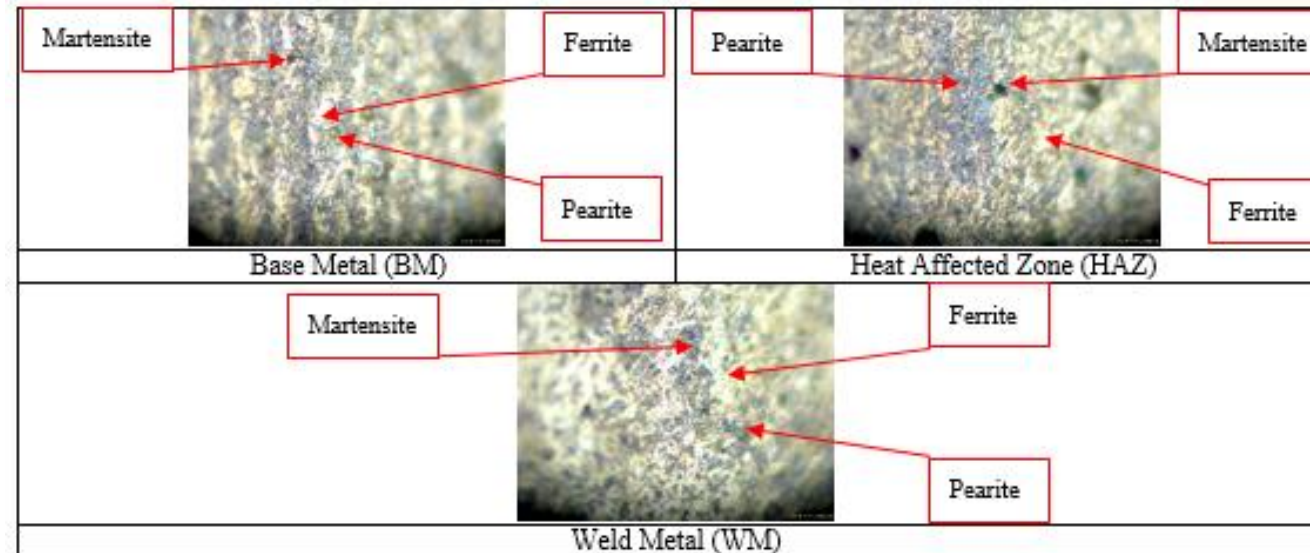


Gambar 13. Mikrostruktur Spesimen 7

Pada Gambar 13. Parameter proses pengelasan 120 Ampere dan pendingin air hasil mikrostruktur nya memiliki martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat ferrite dan pearlite yang seimbang tanpa ada martensite, kemudian pada daerah HAZ terdapat ferrite dan pearlite yang seimbang dan pada weld metal terdapat martensite yang sedikit dari pada ferrite dan pearlite yang mendominasi adalah ferrite. Parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang kurang baik. Serta pada parameter proses tersebut banyaknya cacat las yang terjadi dikarenakan kuat arus yang terlalu besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

8. Spesimen 8 (120 Ampere Pendingin Udara)

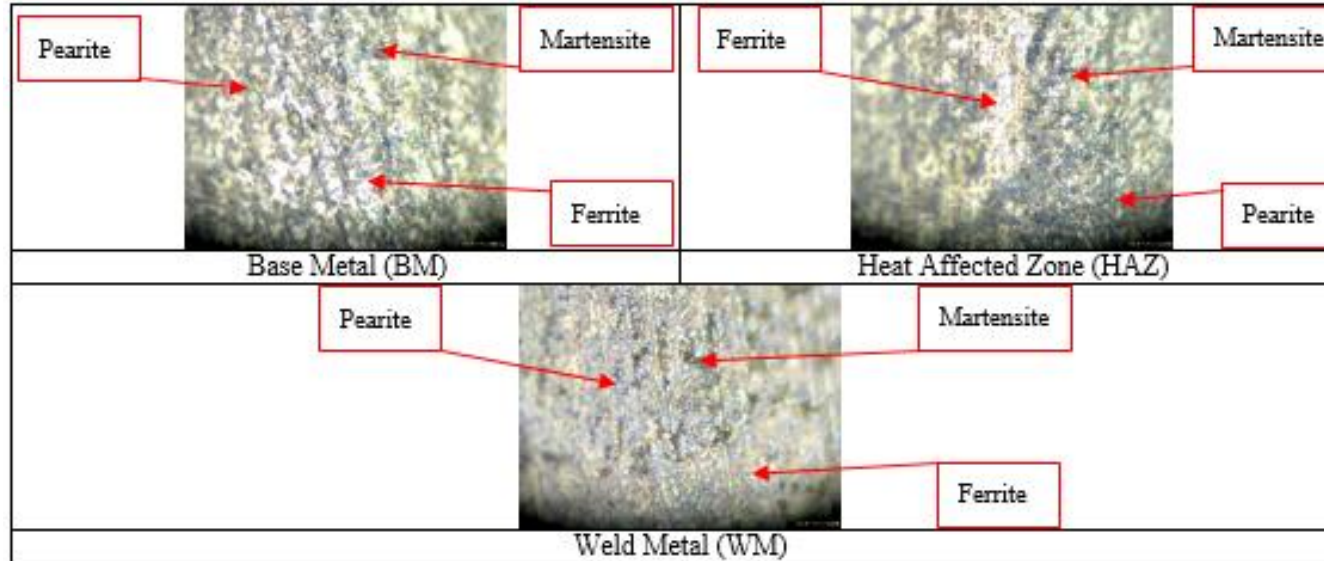


Gambar 14. Mikrostruktur Spesimen 8

Pada Gambar 14. Parameter proses pengelasan 120 Ampere dan pendingin udara hasil mikrostruktur nya memiliki martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi, kemudian pada daerah HAZ terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi dan pada weld metal terdapat martensite yang sedikit dari pada ferrite dan pearlite. Parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang kurang baik. Serta pada parameter proses tersebut banyaknya cacat las yang terjadi dikarenakan kuat arus yang terlalu besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

9. Spesimen 9 (120 Ampere Pendingin Oli)



Gambar 15. Mikrostruktur Spesimen 9

Pada Gambar 15. Parameter proses pengelasan 120 Ampere dan pendingin oli hasil mikrostruktur nya memiliki martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi, kemudian pada daerah HAZ terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi dan pada weld metal terdapat martensite yang sedikit dari pada ferrite dan pearlite. Parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang kurang baik. Serta pada parameter proses tersebut banyaknya cacat las yang terjadi dikarenakan kuat arus yang terlalu besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

B. Uji Kekerasan

Uji ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan pengelasan pengelasan Metal Inert Gas (MIG) pada plat baja ASTM A36 menggunakan unit pengukuran kekerasan Vickers (HV).

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Hardness (HV)

<u>No. Spc</u>	<u>Kuat Arus (A)</u>	<u>Pendingin</u>	<u>Kekerasan Vickers Hardness (HV)</u>			
			Lift	Weld	Right	Rata-rata
1	80	Air	283.2	317	283.2	294.4
2	80	<u>Udara</u>	2811.7	286.5	2811.7	283.3
3	80	Oli	278.7	293.8	278.7	283.7
4	100	Air	284.8	323	284.8	297.5
5	100	<u>Udara</u>	278.7	290	278.7	282.4
6	100	Oli	277	290	277	281.3
7	120	Air	280.2	330	280.2	296.8
8	120	<u>Udara</u>	281.7	395.7	281.7	286.3
9	120	Oli	276	291.8	276	281.2

HASIL DAN PEMBAHASAN

B. Uji Kekasaran

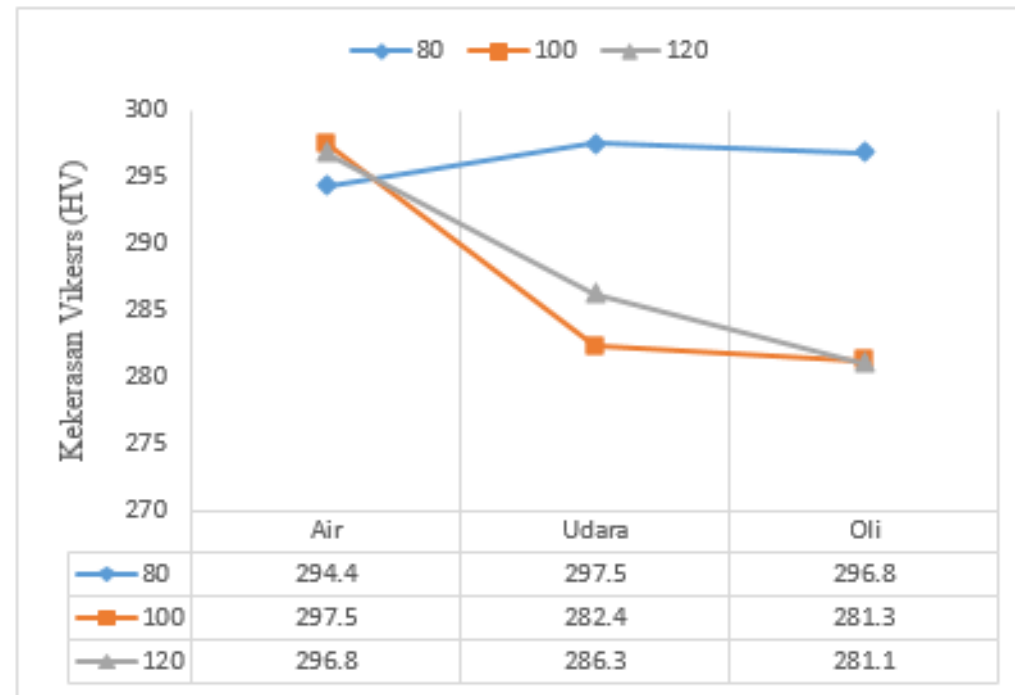
Sesuai data pada Tabel 2. hasil pengujian kekerasan vikers dapat disimpulkan bahwa dari 9 spesimen dengan parameter proses yang di uji diperoleh nilai tertinggi pada spesimen 4 dengan parameter kuat arus 100A menggunakan pendingin Air memperoleh hasil kekerasan dengan rata-rata 297.5 HV karena oli memiliki titik didih tinggi yaitu 100°C dan massa jenis air yang rendah sehingga proses pendinginannya cepat untuk proses pendinginan oli menjadi media pendingin yang sangat baik sehingga partikel pada pengelasan menjadi lebih erat dan keras. Serta arus pengelasan yang rendah menjadikan spesimen pengelasan menjadi sedikitnya cacat pada pengelasan.

Nilai terendah ada pada spesimen 9 dengan parameter kuat arus 120A menggunakan pendingin Air memperoleh hasil kekerasan dengan rata-rata 281,2 HB karena nilai titik didih air 400°C dan massa jenis air yang tinggi maka proses pendinginan menjadi lama maka partikel pada pengelasan cenderung lebih renggang dan kekerasan menjadi rendah. Serta arus pengelasan yang terlalu tinggi menjadikan spesimen pengelasan menjadi banyak cacat pada pengelasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

C. Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Kekerasan Vickers (HV) dan Uji Mikrostruktur

Untuk memudahkan pemahaman pada data dari hasil uji mikro struktur dan uji kekerasan dilakukan proses analisa pada hasil pengelasan Metal Inert Gas (MIG). Tujuan analisa ini guna visualisasi yang lebih baik dan lebih mudah dimengerti.



Gambar 16. Grafik Hasil Uji Kekerasan Vickers Hardnes (HV) dan Mikrostruktur

HASIL DAN PEMBAHASAN

C. Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Kekerasan Vickers (HV) dan Uji Mikrostruktur

Berdasarkan pada Gambar 16. Grafik hasil pengujian kekerasan Vickers (HV) dan uji mikrostruktur dari 9 spesimen dengan parameter proses yang di uji diperoleh nilai tertinggi pada spesimen spesimen 4 dengan parameter kuat arus 100A menggunakan pendingin Air memperoleh hasil kekerasan dengan rata-rata 297.5 HV karena oli memiliki titik didih tinggi yaitu 100°C dan massa jenis air yang rendah sehingga proses pendinginannya cepat untuk proses pendinginan oli menjadi media pendingin yang sangat baik sehingga patrikel pada pengelasan menjadi lebih erat dan keras. Serta arus pengelasan yang rendah menjadikan spesimen pengelasan menjadi sedikitnya cacat pada pengelasan, kemudian pada struktur mikronya memiliki komposisi martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi, pada daerah HAZ terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi dan pada daerah weld metal terdapat martensite yang sedikit dari pada ferrite dan pearlite. parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang baik. Serta pada parameter proses tersebut jarang ditemuinya cacat las yang berarti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

C. Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Kekerasan Vickers (HV) dan Uji Mikrostruktur

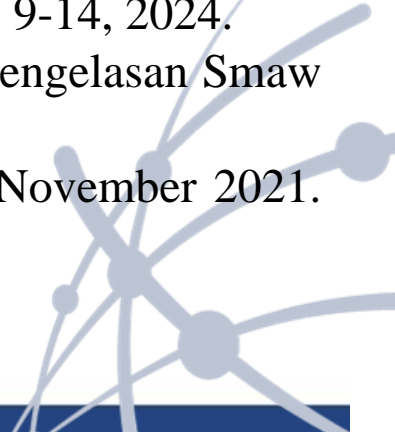
Nilai terendah ada pada spesimen 9 dengan parameter kuat arus 120A menggunakan pendingin Air memperoleh hasil kekerasan dengan rata-rata 281,2 HB karena nilai titik didih air 400°C dan massa jenis air yang tinggi maka proses pendinginan menjadi lama maka partikel pada pengelasan cenderung lebih renggang dan kekerasan menjadi rendah. Serta arus pengelasan yang terlalu tinggi menjadikan spesimen pengelasan menjadi banyak cacat pada pengelasan. Kemudian pada struktur mikronya memiliki martensite, ferrite dan pearlite. Pada daerah Base metal terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi, kemudian pada daerah HAZ terdapat sedikit martensite, ferrite dan pearlite yang mendominasi dan pada weld metal terdapat martensite yang sedikit dari pada ferrite dan pearlite. Parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang kurang baik. Serta pada parameter proses tersebut banyaknya cacat las yang terjadi dikarenakan kuat arus yang terlalu besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dari “Analisa Uji Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Plat Baja ASTM A36 Terhadap Pengelasan MIG Dengan Variabel Pendingin Air, Oli, Dan Udara” dengan ini dapat diambil kesimpulan yaitu Hasil pengujian kekerasan Vickers (HV) dan mikrostruktur dari 9 spesimen menunjukkan nilai kekerasan tertinggi pada spesimen 4 dengan kuat arus 100A menggunakan pendingin air, menghasilkan rata-rata kekerasan 297,5 HV. Pendinginan cepat dengan air dan rendahnya arus pengelasan menghasilkan pengelasan dengan partikel yang lebih erat dan minim cacat, dengan struktur mikro yang didominasi martensit, ferit, dan perlit. Sebaliknya, nilai kekerasan terendah ditemukan pada spesimen 9 dengan kuat arus 120A menggunakan pendingin air, menghasilkan rata-rata 281,2 HV karena proses pendinginan lebih lambat dan arus yang terlalu tinggi menyebabkan cacat las yang lebih banyak. Struktur mikro spesimen ini juga menunjukkan martensit, ferit, dan perlit, namun parameter pengelasan ini menghasilkan sifat mekanik yang kurang optimal, seperti kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus yang lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Marthiana et al., "Analisa Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Sambungan Pengelasan MIG Pada Material ST 37," Jurnal Kajian Teknik Mesin, vol. 5, no. 2, pp. 140-144, 2020.
- [2] I. N. Sihombing, S. Jokosiworo, and B. A. Adietya, "Pengaruh Posisi Pengelasan dan Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrografi Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) Pada Aluminium 6061 Sebagai Bahan Material Kapal," Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 7, no. 4, 2019.
- [3] R. Wurdhani, U. Budiarto, and W. Amiruddin, "Pengaruh Perlakuan Panas (Heat Treatment) Normalizing Terhadap Kekuatan Impak Aluminium 6061 Pengelasan MIG dengan Variasi Posisi dan Bentuk Kampuh," Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 9, no. 1, pp. 70-78, 2020.
- [4] A. Sebayang, E. Tarigan, and L. Tarigan, "Pengaruh Variasi Arus Pengelasan 120 A, 130 A, 140 A, dan 150 A terhadap Kekuatan Tarik pada Material ST 37 dengan Metode Pengelasan Metal Inert Gas (MIG)," Jurnal Pustaka Cendekia Hukum dan Ilmu Sosial, vol. 2, no. 1, pp. 118-124, 2024.
- [5] Y. R. Fauzi and M. Arsyad, "Pengaruh Post Weld Heat Treatment Proses Pengelasan MIG Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon AISI 1045," Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology, vol. 3, no. 02, pp. 9-14, 2024.
- [7] A. F. Al Faridzi, "Ketahanan Baja Astm A36 Terhadap Pengujian Tarik Dan Bending Dengan Proses Pengelasan Smaw Dan Metalografi," Rekayasa Sistem Energi dan Manufaktur (ReSEM), vol. 2, no. 2, pp. 109-118, 2024.
- [8] W. Fsw, T. Sifat, M. Dan, M. Pada, dan A. Paduan, Pengaruh Kecepatan Feedrate Friction Stir, no. November 2021. 2024.



DAFTAR PUSTAKA

- [9] R. H. Aruan, H. Pratikno, and Y. S. Hadiwidodo, "Analisis Pengaruh Suhu Material Pada Pengaplikasian Coating Epoxy Terhadap Kekuatan Adhesi Baja A36," Jurnal Teknik ITS, vol. 12, no. 1, pp. F34-F40, 2023.
- [10] Setiawan, A. (2016). Penelitian Stainless Steel 304 Terhadap Pengaruh Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) Untuk Variasi Arus 50 A, 100 A dan 160 A Dengan Uji Komposisi Kimia, Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan Dan Uji Impact (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [11] Soleh, M. Z. A., & Mulyadi, M. (2021). Design and Build JIG Design on Friction Stir Welding Using Fillet Connection on AA6061-T6 Material. Indonesian Journal of Innovation Studies, 14, 10-21070.
- [12] Wardana, A. I., & Mulyadi, M. Analysis of Underwater Friction Stir Welding (UFSW) Process Joint on AA6005-T6 Series Alumunium Alloy on Tensile Strength and Macro Structure: Analisa Sambungan Proses Underwater Friction Stir Welding (UFSW) pada Paduan Aluminium Seri AA6005-T6 terhadap Kuat Tarik dan Struktur Makro.
- [13] Subkhan, M. F., & Mulyadi, M. Confirmation Experiment of Friction Stir Welding Process on Aluminum Alloy Aa-6061-T6561 on Tensile Strength and Weld Penetration: Eksperimen Konfirmasi Proses Friction Stir Welding pada Material Alumunium Alloy Aa-6061-T6561 Terhadap Kekuatan Tarik dan Penetrasi Las.
- [14] M. A. I. Muslim and Iswanto, "Pengaruh Parameter Pengelasan Pada Friction Stir Welding Terhadap Sifat Mekanik Polimer Jenis Polyethylene," Progr. Stud. Tek. Mesin, Univ. Muhammadiyah Sidoarjo, pp. 1–9, 2023.
- [15] Mulyadi, R. Firdaus, and R. S. Untari, "Optimization of Friction Stir Welding Parameters for AA6061-T651 Aluminum Alloy: Defect Analysis and Process Improvement," Acad. Open, vol. 8, no. 1, pp. 1–13, 2023, doi: 10.21070/acopen.8.2023.6665.

