

Analisis Pengaruh Parameter Pengelasan GMAW Terhadap Struktur Mikro, Makro, Dan Nilai Kekerasan Pada ASTM A537 Dan ASTM A653 DDS

Rohman Rohman¹, AgusSuprayitno¹, Muhamad Tiar¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana

Email: rohman@wastukencana.ac.id, asuprayitno@wastukencana.ac.id, muhammadiars.mt@gmail.com

ABSTRAK

Teknik pengelasan semakin banyak dipergunakan secara luas dalam proses penyambungan plat-plat besi, konstruksi bangunan dan konstruksi mesin. Salah satu metode pengelasan yang sering dipakai, yaitu pengelasan *gas metal arc welding* (GMAW). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter terbaik pada Pengelasan GMAW terhadap struktur mikro, makro dan kekerasan Material ASTM A537 dan ASTM A653 DDS (*galvanis*). Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen dengan tiga (3) variasi arus 70 A, 85 A, dan 100 A, dengan dimensi ASTM A537 yaitu; 300 mm x 40 mm x 3 mm dan, ASTM A653 DDS (*galvanis*) yaitu : 300 mm x 35 mm x 1,2 mm dan sambungan yang digunakan adalah *T joint (fillet)*. Pada pengamatan struktur mikro pengelasan GMAW, perubahan struktur mikro sangat terlihat pada daerah HAZ dan logam lasan. Semakin besar input panas yang diberikan akan membuat butiran dari *pearlite* menjadi menyebar. Pada pengamatan struktur makro penetrasi pengelasan, variasi arus 85 A adalah yang paling baik, arus 100 A cukup baik dan arus 70 A kurang baik. Data hasil *dye penetrant test* terhadap hasil pengelasan, ketiga hasil pengelasan layak digunakan hal ini terlihat dari jumlah dan jenis kecacatan. Data hasil pengujian *Vickers* terdapat pada variasi pengelasan dengan arus 100 A yaitu sebesar 217,5 VHN. Pada daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone*), nilai kekerasan tertinggi terdapat pada pengelasan dengan arus 100 A yaitu sebesar 208,5 VHN (HAZ-1), dan 154,5 VHN (HAZ-1). Sedangkan pada daerah logam induk (*base metal*), nilai kekerasan tertinggi terdapat pada pengelasan dengan arus 100 A (BM-1) yaitu sebesar 197 VHN, dan arus 70 A 85 A (BM-2) yaitu sebesar 152 VHN. Data hasil pengujian makro, dan *dye penetrant* yang terbaik pada pengelasan GMAW ini adalah variasi 85 A, kemudian akan dijadikan *Welding Prosedur Spesification* (WPS), dari data hasil pengujian makro, dan *rupture* yang terbaik pada variasi 85 A, kemudian akan dijadikan *Welder Performance Qualification* (WPQ).

Kata kunci : *welding, heat Input, fillet, vickers, struktur mikro*

ABSTRACT

Welding techniques are increasingly being widely used in the process of joining iron plates, building construction and machine construction. One of the welding methods that is often used is gas metal arc welding (GMAW). The purpose of this study was to determine the best parameters for GMAW welding on the microstructure, macro and hardness of ASTM A537 and ASTM A653 DDS (galvanized) materials. The research method used is experimental research with three (3) variations of current 70 A, 85 A, and 100 A, with dimensions of ASTM A537, namely: 300 mm x 40 mm x 3 mm and, ASTM A653 DDS (galvanized) which is 300 mm x 35 mm x 1.2 mm and the connection used is a T joint (fillet). In the observation of the microstructure of GMAW welding, changes in the microstructure are very visible in the HAZ region and the weld metal. The greater the heat input given, the more dispersed the pearlite grains will be. In observing the macro structure of welding penetration, the current variation of 85 A is the best, the current 100 A is quite good and the current 70 A is not good. The data on the results of the dye penetrant test on the welding results, the three welding results are suitable for use, this can be seen from the number and types of defects. The data from the Vickers test is found in the welding variation with a current of 100 A, which is 217.5 VHN. In the Heat Affected Zone, the highest hardness values are found in welding with a current of 100 A, which is 208.5 VHN (HAZ-1), and 154.5 VHN (HAZ-1). While in the base metal area, the highest hardness value is found in welding with a current of 100 A (BM-1) which is 197 VHN, and a current of 70 A 85 A (BM-2) which is 152 VHN. The data from the macro test results, and the best dye penetrant in this GMAW welding is a variation of 85 A, then it will be used as a Welding Procedure Specification (WPS), and the data from the macro test results, and the best rupture at a variation of 85 A, will then be used as a Welder Performance Qualification (WPQ).

Keywords: *welding, heat Input, fillet, vickers, microstructure*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi baja semakin maju, baik di dalam

perakitan maupun perawatan. Seiring kemajuan teknologi dalam bidang konstruksi, membuat pengelasan semakin dibutuhkan. Semakin luas

penggunaan las mempengaruhi kebutuhan penggunaan teknologi las. Teknologi pengelasan sendiri terbagi dalam beberapa jenis, salah satunya adalah las gas metal arc welding (GMAW) [1-3].

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas [7]. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan. Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki [7].

Teknik pengelasan merupakan salah satu proses manufaktur yang banyak digunakan diberbagai industri seperti perpipaan, perkapalan, jembatan dan otomotif bahkan industri fabrikasi kecil. Salah satu contoh kasus pada bidang fabrikasi yang menggunakan material low carbon steel, ternyata berpotensi menyimpan banyak masalah. Masalah yang sering terjadi biasanya adalah cacat/kegagalan dalam pengelasan. Material yang bervariasi dari jenis dan ketebalan yang berbeda-beda memerlukan parameter yang sesuai. Hal ini agar hasil proses pengelasan sesuai dengan apa yang ditargetkat perusahaan, mulai dari keefektifan pengelasan dan juga kekuatan pengelasan.

Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh arus, voltage, kecepatan las, gerakan elektroda, posisi pengelasan, aliran gas, sudut nozzle, dan jarak antara nozzle tip dengan logam induk. Bahan yang biasanya digunakan untuk membuat sebuah produk adalah equal angle bar dan hollow square galvanis, dengan ketebalan yang berbeda. Oleh karena itu parameter harus disesuaikan kembali agar hasil dari proses pengelasan lebih maksimal.

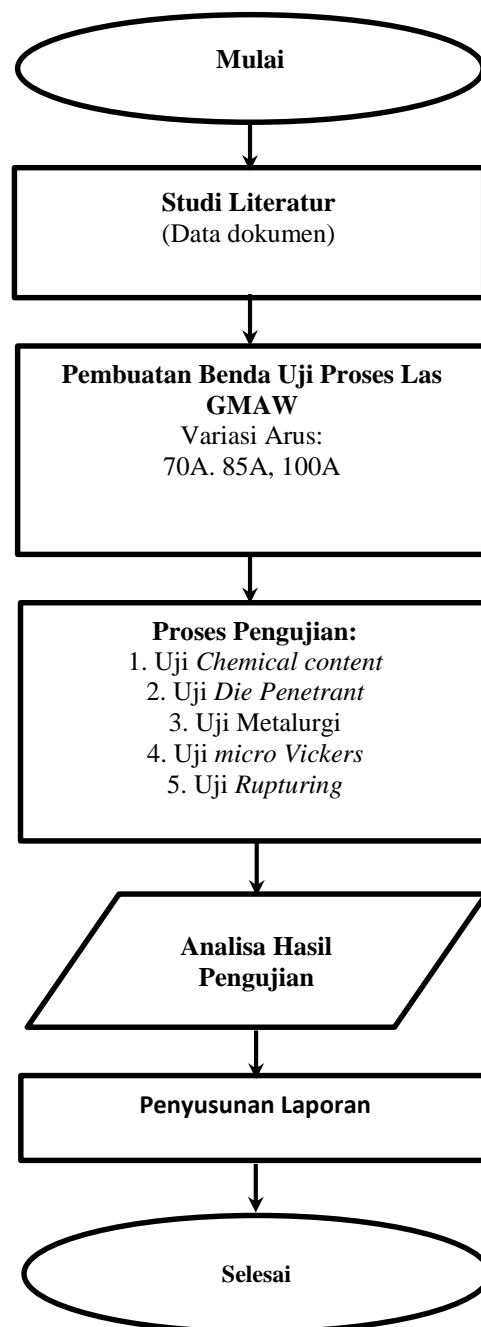
II. METODE PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui struktur mikro pada hasil las GMAW pada material *equal angle bar* (ASTM A537) dan *hollow square galvanize* (ASTM A653 DDS)
2. Untuk mengetahui struktur makro pada hasil las GMAW pada material ASTM A537 dan ASTM A653 DDS
3. Untuk mengetahui nilai kekerasan pada hasil las GMAW pada material ASTM A537 dan ASTM A653 DDS
4. Untuk mengetahui parameter pengelasan GMAW yang optimal pada material ASTM A537 dan ASTM A653 DDS
5. Untuk penyusunan WPS & PQR dari pemenuhan hasil pengujian dye penetrant dan makro struktur
6. Untuk penyusunan WPQ dari pemenuhan

hasil pengujian makro struktur dan rapture.

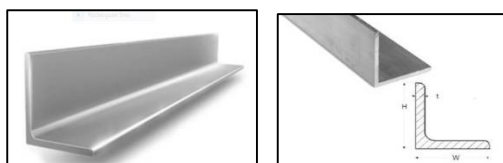
2. Alur Proses Penelitian



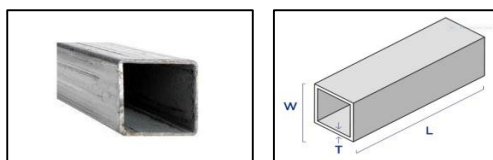
Gambar 1 Alur proses penelitian

3. Material

Material Bahan yang digunakan dalam penelitian ini material besi konstruksi umum yang biasa dipakai dan ada dipasaran, adalah equal angle bar identik dengan material ASTM A537 sebagai Base Material BM-1 dan hollow square galvanize identik dengan material ASTM A653 DDS sebagai BM-2



Gambar 2 Material *equal angle bar* (identik ASTM 537)



Gambar 3 Material *hollow square galvanize* (identik ASTM A653 DDS)

4. Alat Pengujian dan penggunaannya

a. Alat *Optical Emission Spectrometer*

Untuk mengetahui terlebih dahulu unsur-unsur kimia yang terkandung pada material uji, maka dilakukan uji komposisi kimia dengan metode *optical emission spectrometer*, hal ini dilakukan untuk memastikan ekivalensi standarisasi material [5].

Cara kerja *optical emission spectrometer* adalah dengan menggunakan pengekstasi berupa loncatan bunga api (spark) yang dihasilkan antara elektroda dan sampel logam.



Gambar 4 Mesin ARL 3460 *optical emission spectrometer*.

b. Mesin Las GMAW

Mesin las yang digunakan dalam penyambungan menggunakan mesin las GMAW dengan kapasitas *Output current range (A)* : 50-200 A, *Output voltage (VDC)* : 15-26 VDC, *Diameter of the wire (mm)* : 0,8/1.0 mm, Gas : CO₂.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen dengan tiga (3) variasi arus 70 A, 85 A, dan 100 A sebagai parameter pengelasan.

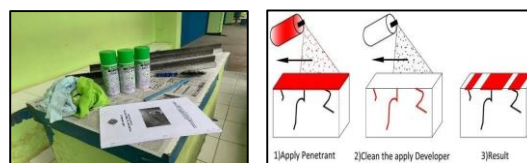


Gambar 5 Mesin las GMAW

c. Alat *Dye Penetrant Test*

Pengujian ini dilakukan pada permukaan benda uji untuk melihat kecacatan pada permukaan luar.

Dye penetrant dapat digunakan pada benda uji bermaterial ferro dan non ferro. Penetrasi ini prinsipnya memanfaatkan daya kapilaritas.



Gambar 6 Alat dan Proses kerja *dye penetrant*

d. Alat Pengujian Struktur Mikro

Pengujian ini dilakukan untuk mengamati karakteristik perubahan struktur mikro pada daerah HAZ yaitu area material yang terpengaruh panas tapi tidak ikut mencair, area fusi line (garis sambungan las), dan Base Metal dari berbagai variasi *Heat Input* pengelasan GMAW.



Gambar 7 Mikroskop optic

e. Alat Pengujian *micro Vickers*

Untuk mengetahui perubahan sifat fisik daerah lasan HAZ, *Fusi line* dan *Base Metal*, serta efeknya dilakukan pengujian kekerasan ini.



Gambar 8 Alat uji kekerasan *micro Vickers*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai kelayakan dan pemenuhan persyaratan hasil pengelasan material angle bar (ASTM A537) dengan material hollow square galvanize (ASTM A653 DDS) menurut aturan/rule/code pengelasan yang umum berlaku, baik scope nasional maupun internasional. Dalam hal ini pada proses pengelasan dan pengujianya mengikuti standar Amerika yaitu AWS D1.1/D1.1M: *An American National Standard Structural Welding Code – Steel*, dan standar terkait lain [6].

Dengan variabel salah satu parameter pengelasan yang diberikan yaitu variasi arus pada 70 A, 85 A dan 100 A, dan dengan parameter lain yang tetap, maka dapat dihitung besarnya *Heat Input* yang diberikan. Kemudian dari hasil pengelasan dilakukan Pengujian Die Penetrat, Pengujian Struktur Mikro, Pengujian Struktur Makro, dan Pengujian *micro Vickers*.

Selanjutnya dari hasil pengujian yang disajikan dapat dianalisa untuk dapat menyimpulkan varian

proses pengelasan terbaik yang bisa dipakai sebagai rekaman/prosedur spesifikasi pengelasan (PQR/WPS) dan ditambah hasil *rupture test*, didapat lisensi performansi juru las (WPQ).

a. Pengujian Verifikasi Material

Hasil pengujian pada Tabel 1 di bawah memperlihatkan bahwa unsur kimia yang terkandung pada bahan *equal angle bar* yang di uji menunjukkan identik dengan material ASTM A537 Hasil Pengujian terlihat pada Tabel 2 diatas memperlihatkan bahwa unsur kimia yang terkandung pada material *hollow square galvanize* yang di uji menunjukkan identik dengan material ASTM A653 DDS.

b. Proses Pengelasan

Percobaan yang dilakukan pada material dengan panjang 300 mm dengan parameter pengelasan sebagai berikut:

Material: ASTM 537 dan ASTM 653 DDS

Dimensi: 300 mm x 40 mm x 3 mm & 300 mm x 35 mm x 1,2 mm

Posisi pengelasan: 2 F

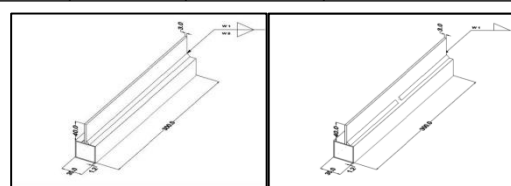
Elektrode: Artic AWS A5.18 ER70S-6 Ø 0,8 mm.

Tabel 1 Hasil pengujian spectrometer equal angle bar

NO	Unsur Kimia	Jumlah Kandungan Unsur (%)	
		BM-1	ASTM A537
1	C	0,24	0,24
2	Si	0,231	0,13–0,55
3	S	0,03	0,035
4	P	0,027	0,035
5	Mn	0,542	0,64–1,46
6	Ni	0,25	0,28
7	Cr	0,24	0,29
8	Mo	0,021	0,09
9	V	0,004	
10	Cu	0,185	0,38
11	W	0,005	
12	Ti	0,002	
13	Sn	0,18	
14	Al	0,000	
15	Pb	0,0027	
16	Sb	0,001	
17	Nb	0,000	
18	Zr	0,000	
19	Zn	0,031	
20	Fe	98,162	

Tabel 2 Hasil pengujian *spectrometer hollow square galvanize*

NO	Unsur Kimia	Jumlah Kandungan Unsur (%)	
		BM-2	ASTM A653 DDS
1	C	0,042	0,06
2	Si	0,02	
3	S	0,005	0,025
4	P	0,012	0,02
5	Mn	0,19	0,5
6	Ni	0,01	0,2
7	Cr	0,02	0,15
8	Mo	0,008	0,06
9	V	0,000	0,008
10	Cu	0,009	0,01
11	W	0,000	
12	Ti	0,002	0,3
13	Sn	0,001	
14	Al	0,038	(min) 0,01
15	Pb	0,002	
16	Sb	0,000	
17	Nb	0,000	
18	Zr	0,000	
19	Zn	0,002	
20	Fe	99,648	



Gambar 9 Sketsa benda kerja yang dilas (a) untuk WPS (b) untuk WPQ

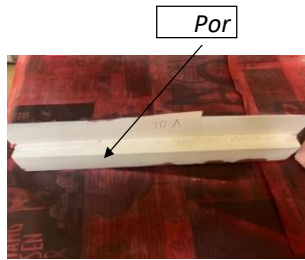
Tabel 3 Parameter pengelasan

No	Arus (A)	Tegangan (V)	Gas Flow (L/min)	Welding speed (cm/min)	Heat Input (j/mm)
1	70	18-20	±10	40-55	231.553
2	85	18-20	±10	40-55	276.865
3	100	18-20	±10	40-55	308.243

Berdasarkan data Tabel 3 semakin besar Arus dan semakin lambat waktu pengelasan yang digunakan maka semakin besar heat input yang keluar.

c. Pengujian Dye Penetrant

Pengujian dye penrant dilakukan untuk mengetahui adanya kecacatan (crack) dan porositas (porosity) pada hasil pengelasan. Pengujian dye penrant ditunjukkan pada Gambar 10 sampai dengan Gambar 12.



Gambar 10 Hasil pengelasan arus 70 A



Gambar 11 Hasil pengelasan arus 85 A



Gambar 12 Hasil pengelasan arus 100 A

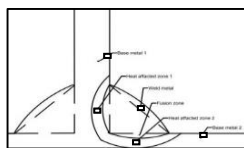
Hasil pengujian dapat dikatakan layak (accepted) dan tidak layak (reject) bergantung pada jumlah kecacatan, jika banyak kecacatan melebihi batas spesifikasi maka hasil pengelasan dikatakan tidak layak (reject). Data dye penetrant test pada hasil pengelasan ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 4 hasil dye pentrant test

No	Part/ Item	Size (mm)	Type of defect	Result	
				Accepted	Reject
1	weld 70 A	300	Porosity (2 mm)	v	-
2	weld 85 A	300	No defect	v	-
3	weld 100 A	300	No defect	v	-

d. Data Hasil Pengujian Metalografi

Setelah melakukan pengujian komposisi kimia atau spectrometer maka selanjutnya adalah melakukan pengamatan metalografi.

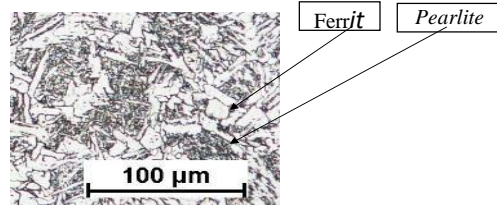
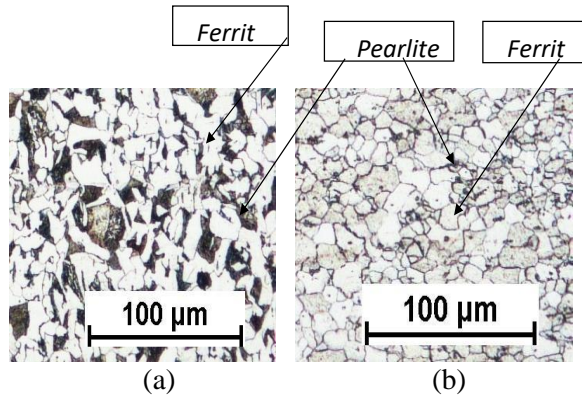


Gambar 13 Sketsa titik pengujian struktur mikro dan makro

d.1 Pengujian Mikro

Pengujian Mikro dilakukan untuk mengetahui perubahan jumlah perlit dan ferrit di area las setelah dilakukan pengelasan base metal ASTM A537 dengan ASTM A653 DDS dan penambahan filler metal AWS A5.18 ER70S-6.

d.1.1 Pengujian Mikro Base Metal

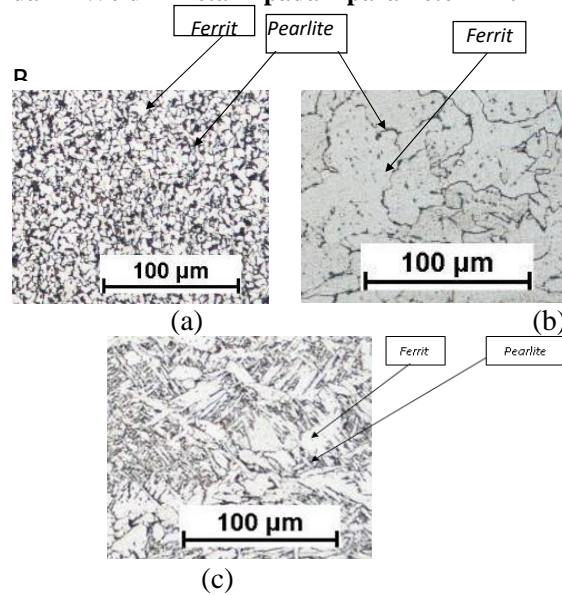


Gambar 14 Struktur mikro a) ASTM A537, b) ASTM A653 DDS

Berdasarkan Gambar 14

- Struktur mikro base material ASTM A537 terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang besar dengan persentase yang seimbang.
 - Struktur mikro ASTM A653 DDS terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang besar dengan persentase ferrit lebih banyak.
- Struktur pearlite ditampilkan dengan warna gelap dengan sifat lebih kuat, keras dan sedikit getas, sedangkan struktur ferrit yang ditampilkan dengan warna terang dengan sifat lunak dan ulet.

d.1.2 Hasil Pengujian Mikro HAZ-1, HAZ=2, dan Weld Metal pada parameter 70 A

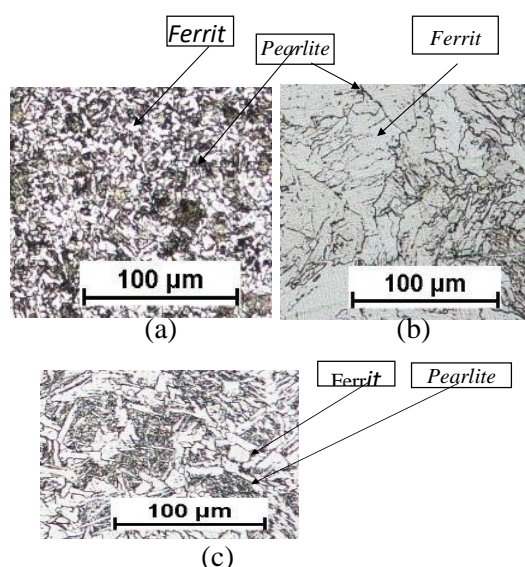


Gambar 15 Struktur mikro 70 A, a) HAZ-1, b) HAZ 2, c) Weld metal

Berdasarkan Gambar 15,

- Daerah HAZ-1 terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang kecil dengan persentase yang seimbang
- Daerah HAZ-2 terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang besar dengan persentase ferrit yang lebih banyak
- Daerah Weld metal terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang besar dengan persentase yang seimbang.

d.1.3 Hasil Pengujian Mikro HAZ-1, HAZ-2, dan Weld Metal pada parameter 85 A

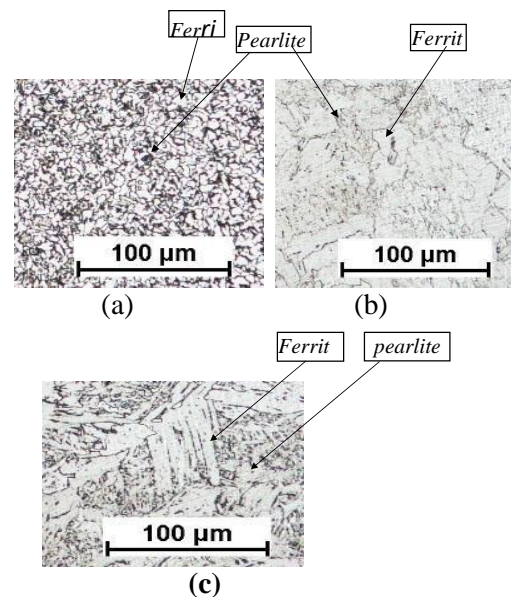


Gambar 16 Struktur mikro 85 A, a) HAZ-1 b) HAZ-2, c) Weld metal

Berdasarkan Gambar 16,

- Daerah HAZ-1 terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang besar dengan persentase pearlite lebih banyak.
- Daerah HAZ-2 terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang kecil dengan persentase ferrit yang lebih banyak
- Daerah Weld metal terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang besar dengan persentase yang seimbang.

d.1.4 Hasil Pengujian Mikro HAZ-1, HAZ-2 dan Weld Metal pada parameter 100 A



Gambar 17 Struktur mikro 100 A, a) HAZ-1, b) HAZ-2 c) Weld metal

Berdasarkan Gambar 17,

- Daerah HAZ-1 terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang kecil dengan persentase yang seimbang.
- Daerah HAZ-2 terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang kecil dengan persentase ferrit yang lebih banyak
- Daerah Weld metal terdiri dari ferrit dan pearlite dengan butiran yang besar

Setelah dilakukan proses pengelasan GMAW tampak adanya perubahan jumlah perlit dan ferrit setelah pengamatan struktur mikro. Dijelaskan hasil struktur pearlite pada daerah las.

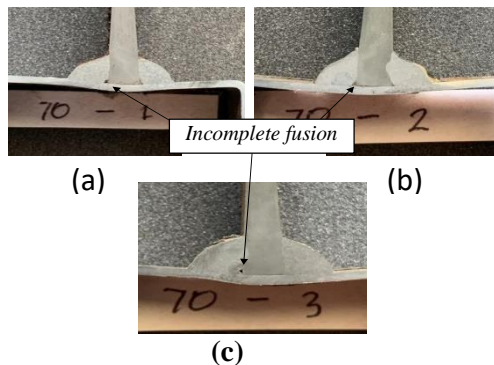
Pada semua hasil foto struktur mikro dapat dilihat bertambahnya butiran pearlit pada pengelasan ASTM A537 dengan ASTM A653 DDS. Hal ini disebabkan akibat suhu pengelasan beda logam dapat merubah butiran pearlit dan ferrit semakin menurun pula kekuatan dari material tersebut. Karena sifat butiran pearlite yang lebih kuat, keras dan sedikit getas. Sedangkan jumlah presentase struktur ferrit yang ditampilkan semakin banyak dengan sifatnya lunak dan ulet yang membuat

kekuatan material lebih kuat dari pada yang lebih banyak butiran pearlitnya.

d.2 Data Hasil Pengujian Makro

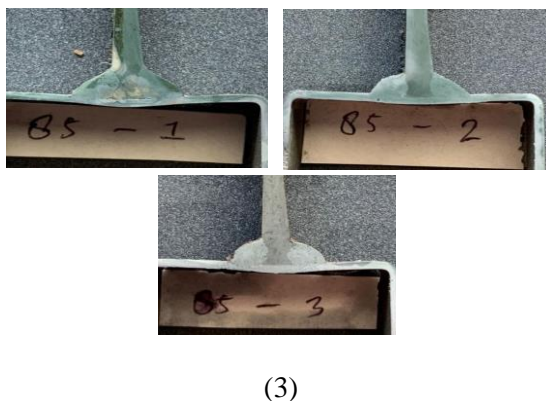
Pengujian ini dilakukan dan dianalisa untuk dapat menyimpulkan varian proses pengelasan terbaik yang bisa dipakai sebagai rekaman/prosedur spesifikasi pengelasan (PQR/ WPS) dan lisensi performansi juru las (WPQ) setelah ditambah dengan pengujian *rupture*

d.2.1 Pengujian Makro pada parameter 70 A



Gambar 18 Foto makro 70 A, a) Spesimen 1, b) Spesimen 2, c) Spesimen 3

d.2.2 Pengujian Makro pada parameter 85 A

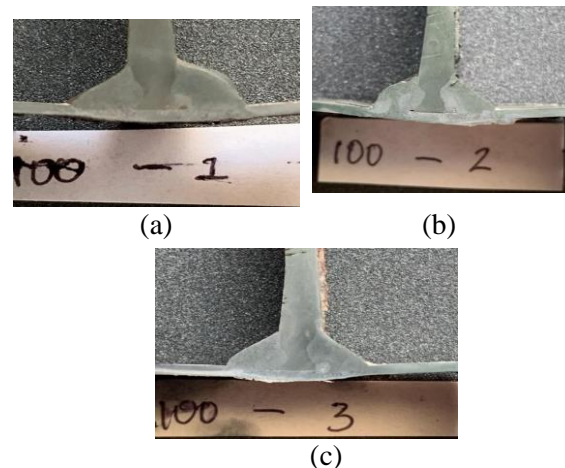


Gambar 19 Foto makro 85 A, a) Spesimen 1 b) Spesimen 2, c) Spesimen 3



Gambar 20 Foto makro 85 A, a) Spesimen 1, b) Spesimen 2 (Spesimen uji rupture WPQ)

4.2.3 Pengujian Makro pada parameter 100 A



Gambar 21 Foto makro 100 A, a) Spesimen 1, b) Spesimen 2, c) Spesimen 3

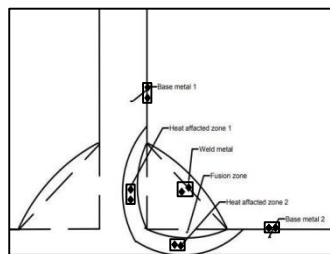
Berdasarkan Gambar 18, penetrasi hasil pengelasan dengan variasi arus 70 A belum sesuai dengan standar AWS D 1.1, terlihat HAZ relatif kecil dibandingkan dengan variasi arus 85 A dan 100 A, kemudian pada spesimen tersebut terindikasi cacat las incomplete fusion.

Berdasarkan Gambar 19 dan 20, penetrasi hasil pengelasan dengan variasi arus 85 A ini sudah sesuai dengan standar AWS D 1.1, terlihat HAZ relatif sedang dibandingkan dengan variasi arus 70 A dan 100 A, kemudian pada spesimen tersebut tidak terlihat indikasi cacat.

Berdasarkan Gambar 21, penetrasi hasil pengelasan dengan variasi arus 100 A ini sudah sesuai dengan standar AWS D 1.1, terlihat HAZ relatif besar dibandingkan dengan variasi arus 70 A dan 85 A, kemudian pada spesimen tersebut tidak terlihat indikasi cacat. Dari hasil foto makro ketiga variasi di atas, hasil penetrasi yang terbaik yaitu pada arus 85 A.

e. Data Hasil Uji Kekerasan

Hasil penyajian data yang diperoleh dari pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* ini adalah dalam bentuk angka. Pada pengujian ini dilakukan 1 kali pengujian dengan 2 penekanan disetiap zona, yaitu pada BM-1 , HAZ, dan BM-2.



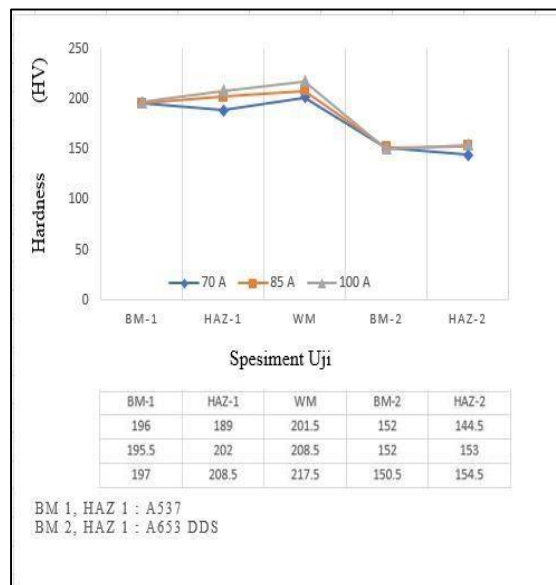
Gambar 22 Sketsa titik pengujian kekerasan

Pada pengujian ini diberikan gaya atau beban dengan nilai 0,2 kg/f. Adapun hasil pengujian ini adalah terlihat seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Data hasil pengujian hardness Vickers

No	Spec/ Posisi	Hardness Vickers (VHN)			Rata-rata			Ket.
		70 A	85 A	100 A	70 A	85 A	100 A	
1	BM- 1	195	197	197	196	195.5	197	Pembe- banan = 0,2 Kg/f
		197	194	197				
2	HAZ- 1	188	203	209	189	202	208,5	
		190	201	208				
3	WM	201	209	218	201,5	208.5	217,5	
		202	208	217				
4	BM- 2	153	151	151	152	152	150,5	
		151	153	150				
5	HAZ- 2	145	152	154	144,5	153	154,5	
		144	154	155				

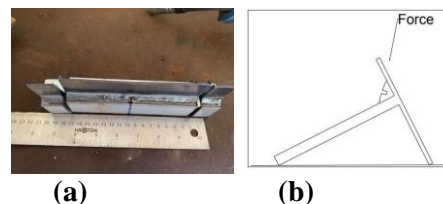
Berdasarkan Tabel 5 tersebut, dapat dilihat untuk nilai kekerasan tertinggi pada logam las (*weld metal*), terdapat pada variasi pengelasan dengan arus 100 A yaitu sebesar 217.5 VHN. Pada daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone*), nilai kekerasan tertinggi terjadi pada pengelasan dengan arus 100 A yaitu sebesar 208.5 VHN (HAZ-1), dan 154.5 VHN (HAZ-1) . Sedangkan pada daerah logam induk (*base metal*) nilai kekerasan tertinggi terjadi pada pengelasan dengan arus 100 A (BM-1) yaitu sebesar 197 VHN, dan arus 70 A 85 A (BM-2) yaitu sebesar 152 VHN. Tabel Data hasil pengujian *hardness vickers* digambarkan dengan grafik di bawah ini.



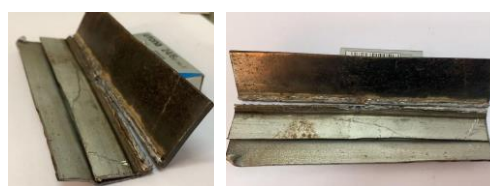
Gambar 23 Grafik hasil pengujian *hardness Vickers*

Berdasarkan Gambar 23 terlihat grafik, pada variasi arus 70 A nilai kekerasan pada HAZ lebih rendah dari *base material*nya, dan pada variasi arus 85 A dan 100 A nilai kekerasan pada HAZ lebih tinggi dari *base material*nya.

f. Data Hasil Uji Rupture



Gambar 24 a) material uji *rupture*, b) sketsa pengujian *rupture*



Gambar 25 Hasil pengujian *rupture*

Berdasarkan Gambar 25, pecahan yang terjadi berada di area *weld metal* dan tidak terdapat *weld metal* yang terlepas dari *base metal*, artinya penetrasi pengelasan pada *base material* sudah baik, sehingga hasil pengelasan tersebut telah memenuhi syarat untuk *Welder Performance Qualification* (WPQ).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan :

1. Hasil dari pengujian *spectrometer material equal angle bar* yang digunakan identik dengann material

ASTM A537, dan material *hollow square galvanize* identik dengan material ASTM A653 DDS.

2. Dari pengamatan struktur mikro nilai hasil pengelasan dengan variasi arus 85 A lebih baik dari arus 100 A dan arus 70 A. Karena sifat butiran pearlite yang lebih kuat, keras dan sedikit getas. Sedangkan jumlah presentase struktur ferrit yang ditampilkan semakin banyak dengan sifatnya lunak dan ulet yang membuat kekuatan material lebih kuat dari pada yang lebih banyak butiran pearlitenya.

3. Dari pengamatan struktur makro penetrasi pengelasan, variasi arus 85 A adalah yang paling baik, arus 100 A cukup baik dan arus 70 A kurang baik.

4. Hasil dari pengujian kekerasan, nilai kekerasan yang tertinggi yaitu pengelasan dengan variasi arus 100 A 217.5 VHN. Dan material yang mengalami perlakuan panas (pengelasan) cenderung meningkat nilai kekerasannya.

5. Data hasil pengujian makro, dan *dye penentran* yang terbaik pada pengelasan GMAW ini adalah variasi arus 85 A, kemudian akan dijadikan *Procedure Qualification Record (PQR)* dan *Welding Prosedur Spesification (WPS)*, yang disusun oleh *Welding Engineer* yang memiliki kewenangan, kemudian WPS di lampirkan.

6. Data hasil pengujian makro, dan *rupture* yang terbaik pada pengelasan GMAW ini adalah variasi arus 85 A, kemudian akan dijadikan *Welder Performance Qualification (WPQ)*, yang disusun oleh *Welding Engineer* yang memiliki kewenangan, kemudian WPQ di lampirkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kusuma T., Studi metalografi hasil pengelasan titik (spot welding) pada pengelasan di lingkungan udara dan dilingkungan gas argon welding. 2012.
- [2] Aladin Eko Purkuncoro, 2019, Analisis Pengaruh Variasi Arus Listrik 90 A, 100 A, 130 A Terhadap Sifat mekanis Dan Struktur mikro hasil Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW) Pada Baja Karbon JISS50C, Jurnal Teknik Industri ITN.
- [3] Amanto H., dan Daryanto, 1999, Ilmu bahan, cetakan pertama, Bumi aksara.
- [4] Siswanto, 2011, Konsep Dasar Teknik Las, Prestasi Pustaka, jakarta.
- [5] Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura, 2008, Teknologi Pengelasan Logam, PT Balai Pustaka (Persero), Jakarta.
- [6] Hery Irawan, Sukendro B.S, Muhamad Anzaldi, 2017. Studi Eksperimental Efek Kuat Arus Terhadap Distribusi Kekerasan Di Daerah Las Pada Pengelasan GMAW Secara Manual, Jurusan Teknik Mesin ITATS.