

**ANALISIS VARIASI ALIRAN GAS PELINDUNG DAN BENTUK KAMPUH
PADA PROSES LAS GMAW TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR
MIKRO BAJA ASTM A36**

**ANALYSIS OF PROTECTIVE GAS FLOW AND SEAM FORMATION ON GMAW
WELD PROCESS TO HARDNESS AND MICRO STRUCTURE OF ASTM A36
STEEL**

Fius Lambang¹⁾, Mastiadi Tamjidillah²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
email: fiuslambang8@gmail.com¹⁾, mastiadit@ulm.ac.id²⁾*

Received:
17 Juni 2020

Accepted:
21 Juni 2020

Published:
25 Juni 2020

© 2020 SJME
Kinematika All
Rights Reserved.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi aliran gas pelindung dan bentuk kampuh terhadap kekerasan dan struktur mikro baja ASTM A36. Variasi aliran gas pelindung yang digunakan adalah 5 liter/menit, 10 liter/menit dan 15 liter/menit, sedangkan bentuk kampuh yang digunakan adalah kampuh I, ½ V dan V dengan elektroda ER 70S-6 diameter 1,2 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran gas pelindung yang semakin besar akan meningkatkan nilai kekerasan. Peningkatan nilai kekerasan *weld metal* dan HAZ tertinggi ada pada kampuh V dengan aliran gas 15 liter/menit sebanyak 38,06% *weld metal*, 11,15% HAZ, sedangkan nilai kekerasan terendah *weld metal* terdapat pada aliran gas 5 liter/menit pada kampuh ½ V yaitu 41,9 HRB dan nilai kekerasan HAZ terendah terdapat pada aliran gas 5 liter/menit pada kampuh I yaitu 40,8 HRB. Peningkatan nilai kekerasan *base metal* tertinggi ada pada kampuh ½ V sebanyak 39,46% dengan aliran gas 15 liter/menit sedangkan kekerasan *base metal* terendah pada kampuh I yaitu 43,4 HRB dengan aliran gas 5 liter/menit. Hasil pengujian struktur menunjukkan semakin tinggi aliran gas pelindung akan meningkatkan pembentukan *pearlite* lebih banyak. Persentase pembentukan *pearlite* paling banyak ada pada *weld metal* kampuh V yaitu 53,16% dan persentase *pearlite* paling sedikit daerah HAZ kampuh I yaitu 38,17%.

Kata Kunci: Las GMAW, Aliran Gas Pelindung, Bentuk Kampuh, Kekerasan, Struktur Mikro

Abstract

This study aims to determine the effect of variations in the protective gas flow and seam formation on the hardness and microstructure of ASTM A36 steel. The variation of the protective gas flow used is 5 liters/minute, 10 liters/minute, and 15 liters/minute, while the form of seam used is seam I, ½ V, and V with ER 70S-6 electrodes with a diameter of 1.2 mm. The results showed that the greater protective gas flow would increase the value of violence. The highest increase in weld metal and HAZ hardness was in seam V with 15 liters/minute gas flow

as much as 38.06% weld metal, 11.15% HAZ, while the lowest hardness value of weld metal was in gas flow 5 liters/minute at seam $\frac{1}{2}$ V is 41.9 HRB and the lowest HAZ hardness value is in the gas flow of 5 liters/minute in Kampung I which is 40.8 HRB. The highest increase in hardness of base metal was in $\frac{1}{2}$ V with 39.46% with 15 liters/minute gas flow, while the lowest base metal hardness was in Kampung I, 43.4 HRB with 5 liters/minute gas flow. The structural test results show the higher the protective gas flow will increase the formation of more pearlite. The highest percentage of pearlite formation is in the weld metal of seam V, which is 53.16% and the percentage of pearlite at least in the HAZ area of seam I is 38.17%.

Keywords: GMAW Welding, Protective Gas Flow, Seam Formation, Hardness, Micro Structure

DOI: 10.20527/sjmekinematika.v5i1.137

How to cite:

Lambang, F., & Tamjidillah, M., "Analisis Variasi Aliran Gas Pelindung dan Bentuk Kampuh Pada Proses Las GMAW Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja ASTM A36", *Scientific Jurnal of Mechanical Engineering Kinematika*, 5(1), 51-66, 2020.

PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan penyambungan logam yang paling umum digunakan dalam pekerjaan keteknikan. Salah satu jenis pengelasan yang banyak dipakai untuk mengelas baja karbon adalah GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Las GMAW menggunakan kawat las sebagai elektroda, elektroda yang digunakan berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas CO₂ dan gas mulia sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer [1].

Baja karbon adalah perpaduan antara karbon dan besi dengan sedikit Si, Mn, P, S dan C. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,30 %. Baja karbon rendah yang juga disebut baja lunak banyak sekali digunakan untuk konstruksi umum [2]. Baja ASTM A36 termasuk kedalam baja karbon rendah dengan kandungan karbon kurang dari 0,30 %.

Las GMAW menggunakan gas pelindung (*shielding gas*) yang berfungsi sebagai pelindung logam dan busur yang mencair dari pengaruh atmosfer saat berlangsungnya proses pengelasan. Gas pelindung yang digunakan pada pengelasan GMAW adalah gas CO₂ (karbon dioksida). Penggunaan CO₂ sebagai gas pelindung pada proses las GMAW memungkinkan kecepatan pengelasan dapat tinggi, penetrasi yang lebih baik, dan sifat mekanik yang lebih baik serta biaya yang lebih murah dibanding dengan gas "*inert*" [3].

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu uji kekerasan dengan menggunakan alat *Portable Hardness Tester Mitech MH600* dan uji struktur mikro menggunakan kamera Digital Mikroskop USB. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi aliran gas pelindung dan variasi bentuk kampuh hasil pengelasan GMAW terhadap kekerasan dan struktur mikro baja ASTM A36.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan di workshop PT. Cakra Perkasa Jayamulia. Untuk pengujian material dilakukan di Laboratorium Material dan Fisika Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru. Peralatan yang digunakan diantaranya mesin las GMAW (DC+) merk *Time Inverter*, *Portable Hardness Tester Mitech MH600*, kamera Digital Mikroskop USB, mesin amplas,

gerinda potong, penggaris, *flow* meter dan regulator gas pelindung, sikat baja, penggaris dan ragum. Bahan yang digunakan baja ASTM A36 dengan ukuran 250 x 100 x 9,8 mm, elektroda ER 70S-6 diameter 1,2 mm, autosol, alkohol, Larutan HNO₃, kertas amplas, gas karbon dioksida (CO₂). Pengujian hasil pengelasan adalah uji kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Pengujian kekerasan dilakukan pada 9 titik yang berbeda pada spesimen uji yaitu 3 titik *weld metal*, 3 titik HAZ (*Heat Affected Zone*) dan 3 titik *base metal*. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada *weld metal* HAZ (*Heat Affected Zone*), dan *base metal*.

1. Studi Literatur

Pada penelitian ini studi literatur menggunakan referensi yang berasal dari Buku, Jurnal, Tugas Akhir dan Thesis. Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian ini di tampilkan pada tabel 3 dibawah.

Tabel 1. Parameter pengelasan

Arus Pengelasan	Aliran Gas	Bentuk Kampuh	Gerakan Ayunan Pengelasan
150 A	5 liter/menit	I	Zig-zag
		½ V	
		V	
150 A	10 liter/menit	I	Zig-zag
		½ V	
		V	
150 A	15 liter/menit	I	Zig-zag
		½ V	
		V	

2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ada 3 yaitu: (1) Variabel bebas adalah variasi aliran gas pelindung yaitu 5 liter/menit, 10 liter/menit, 15 liter/menit dan variasi bentuk kampuh yaitu I, ½ V dan V tunggal. (2) Variabel terikat adalah uji kekerasan dan pengamatan struktur mikro. (3) Variabel terkontrol yang digunakan adalah arus pengelasan, tebal benda kerja dan kecepatan pengelasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3. Hasil Pengujian Kekerasan

Dari masing-masing pengelasan yang berbeda diambil tiga titik pada daerah uji kekerasan. Adapun pada pengujian kekerasan ini menggunakan alat *Portable Hardness Tester* di mana dilakukan pada 9 titik yang meliputi daerah-daerah sebagai yaitu 3 titik *weld metal*, 3 titik HAZ, dan 3 titik *base metal*. Berikut ini adalah hasil pengujian kekerasan dengan variasi aliran gas yang berbeda yaitu 5 liter/menit, 10 liter/menit dan 15 liter/menit dan bentuk kampuh yang berbeda yaitu kampuh I, kampuh ½ V dan kampuh V.

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan dengan variasi aliran gas dan bentuk kampuh

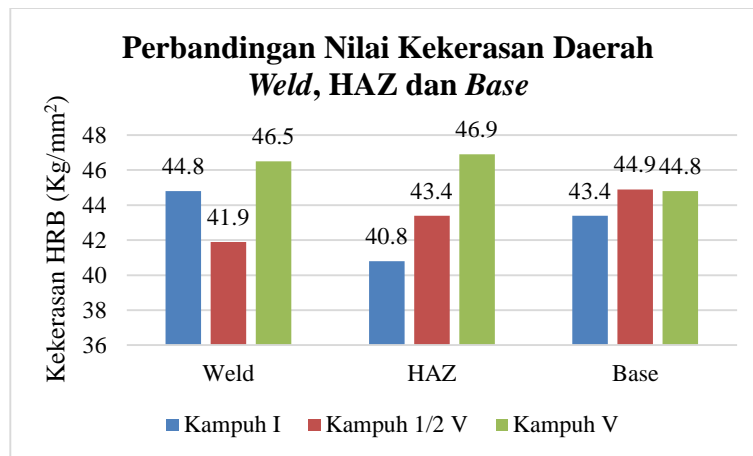
Aliran Gas (liter/menit)	Titik Pengujian	Kekerasan HRB (Kg/mm ²)								
		Weld			HAZ			Base		
		I	½ V	V	I	½ V	V	I	½ V	V
5 liter/menit	Titik 1	46,3	42,3	45,3	42,3	44,9	43,5	45,1	42,8	47,2
	Titik 2	46,3	39,2	44,2	40,3	44,0	42,8	44,7	38,4	44,5
	Titik 3	41,7	44,2	49,8	39,8	41,3	54,0	40,2	52,7	42,5
Rata-rata		44,8	41,9	46,5	40,8	43,4	46,9	43,4	44,9	44,8

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan dengan variasi aliran gas dan bentuk kampuh (lanjutan)

Aliran Gas (liter/menit)	Titik Pengujian	Kekerasan HRB (Kg/mm ²)								
		Weld			HAZ			Base		
		I	½ V	V	I	½ V	V	I	½ V	V
10 liter/menit	Titik 1	45,7	48,3	49,5	41,7	41,9	39,2	50,1	46,1	47,7
	Titik 2	40,1	43,8	48,6	42,5	42,3	46,0	47,8	53,0	60,8
	Titik 3	54,8	40,3	56,0	39,2	45,2	42,3	50,4	46,5	51,4
Rata-rata		47,1	44,2	51,4	41,1	43,2	42,5	49,4	48,6	53,5
15 liter/menit	Titik 1	54,8	49,5	65,6	42,8	45,8	53,0	61,1	64,5	46,5
	Titik 2	53,3	54,0	62,0	50,1	51,6	52,1	57,4	62,2	49,1
	Titik 3	56,5	51,6	64,8	45,4	55,0	51,9	61,2	60,7	48,0
Rata-rata		54,9	51,7	64,2	46,2	50,9	52,3	59,9	62,2	47,1

4. Hasil Pengujian Kekerasan Pada Aliran Gas 5 liter/menit

Grafik perbandingan nilai kekerasan dengan aliran gas pelindung 5 liter/menit terhadap variasi kampuh I, ½ V dan V, dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Variasi Kampuh dengan Aliran Gas 5 liter/menit

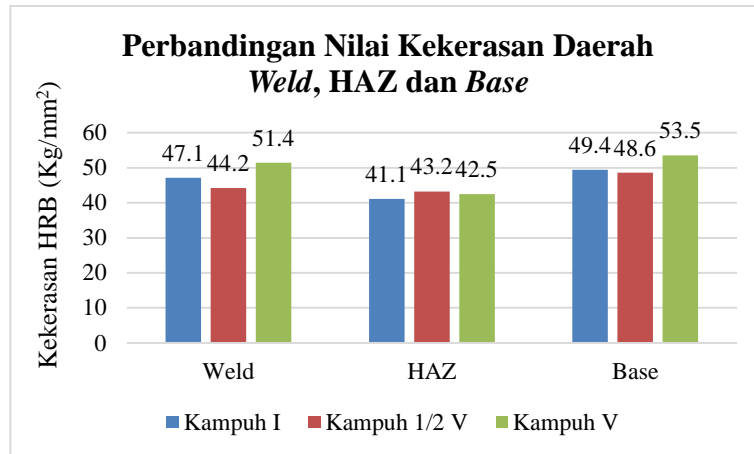
Dari Gambar 1 diatas diketahui bahwa spesimen dengan nilai kekerasan tertinggi daerah *weld metal* dengan aliran gas 5 liter/menit terdapat pada kampuh V dengan nilai kekerasan 46,5 HRB kemudian nilai kekerasan tertinggi berikutnya pada daerah *weld metal* adalah pada kampuh I dengan nilai kekerasan 44,8 HRB dan nilai kekerasan *weld metal* terendah ada pada kampuh ½ V dengan nilai kekerasan 41,9 HRB.

Nilai kekerasan tertinggi pada daerah HAZ terdapat pada kampuh V dengan nilai kekerasan 46,9 HRB dan untuk nilai kekerasan tertinggi selanjutnya pada daerah HAZ kampuh ½ V dengan kekerasan 43,4 HRB dan untuk kekerasan daerah HAZ terendah terdapat pada kampuh I dengan nilai kekerasan 40,8 HRB. Untuk nilai kekerasan pada bagian *base metal* tertinggi ada pada kampuh ½ V dengan nilai kekerasan 44,9 HRB dan kekerasan tertinggi berikutnya pada bagian *base metal* adalah pada kampuh V dengan nilai kekerasan 44,8 HRB, nilai kekerasan *base metal* kampuh V dan ½ V hampir sama. Kemudian untuk nilai kekerasan *base metal* terendah ada pada kampuh I dengan nilai kekerasan 43,4 HRB.

Pada aliran gas 5 liter/menit kekerasan tertinggi terdapat pada daerah HAZ kampuh V yaitu 46,9 HRB dan nilai kekerasan terendah ada pada daerah HAZ kampuh I, hal ini disebabkan karena tebal material yang sesuai untuk kampuh I adalah 3-6 mm sedangkan material yang digunakan memiliki ketebalan 9,8 mm [4].

5. Hasil Pengujian Kekerasan Pada Aliran Gas 10 liter/menit

Grafik perbandingan nilai kekerasan dengan aliran gas pelindung 10 liter/menit terhadap variasi kampuh I, ½ V dan V, dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



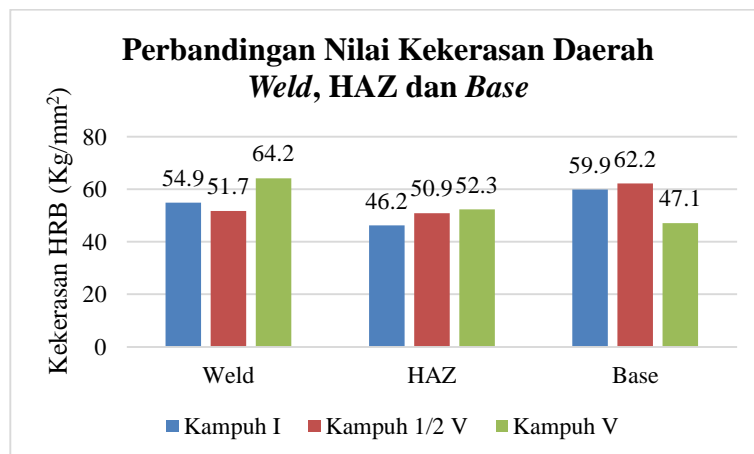
Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Variasi Kampuh dengan Aliran Gas 10 liter/menit

Dari grafik diatas diketahui bahwa spesimen dengan kekerasan tertinggi daerah *weld metal* dengan aliran gas pelindung 10 liter/menit adalah pada kampuh V yaitu 51,4 HRB. Kekerasan tertinggi berikutnya pada kampuh I yaitu 47,1 HRB dan nilai kekerasan *weld metal* terendah ada pada kapuh ½ V yaitu 44,2 HRB. Pada daerah HAZ kekerasan tertinggi terdapat pada kampuh ½ V yaitu 43,2 HRB, kekerasan tertinggi selanjutnya pada daerah HAZ adalah pada kampuh V dengan nilai kekerasan HAZ 42,5 HRB dan untuk kekerasan terendah pada daerah HAZ ada pada kampuh I yaitu 41,1 HRB.

Kemudian pada daerah *base metal* nilai kekerasan tertinggi terdapat pada kampuh V dengan nilai kekerasan *base metal* 53,5 HRB, selanjutnya pada kampuh I dengan kekerasan *base metal* 49,4 HRB dan untuk kekerasan terendah pada *base metal* yaitu pada kampuh ½ V dengan nilai kekerasan 48,6 HRB.

6. Hasil Pengujian Kekerasan Pada Aliran Gas 15 liter/menit

Grafik perbandingan nilai kekerasan dengan aliran gas pelindung 15 liter/menit terhadap variasi kampuh I, ½ V dan V, dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



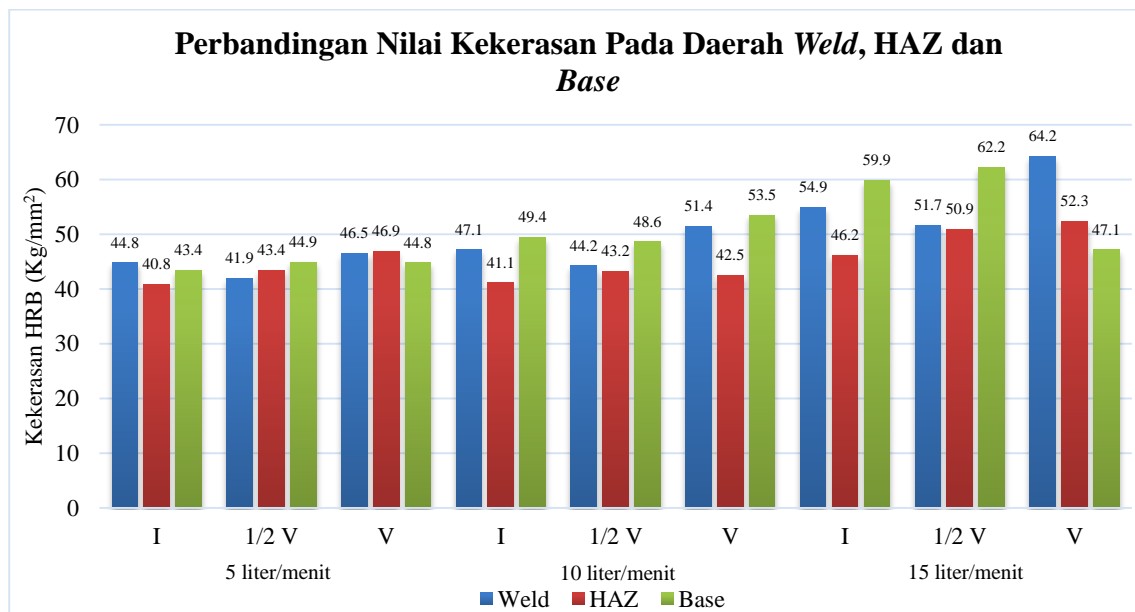
Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Variasi Kampuh dengan Aliran Gas 15 liter/menit

Berdasarkan Gambar 3 diatas diketahui bahwa spesimen dengan nilai kekerasan tertinggi pada *weld metal* dengan aliran gas pelindung 15 liter/menit sama seperti pada aliran gas pelindung 5 liter/menit dan 10 liter/menit dimana nilai kekerasan tertinggi pada bagian *weld metal* ada pada kampuh V yaitu 64,2 HRB, dan nilai kekerasan tertinggi selanjutnya pada kampuh I yaitu 54,9 HRB dan nilai kekerasan *weld metal* terendah pada kampuh ½ V yaitu 51,7 HRB. Sedangkan untuk nilai kekerasan HAZ tertinggi pada aliran gas 15 liter/menit juga sama seperti pada aliran gas pelindung 5 liter/menit dan 10 liter/menit dimana nilai kekerasan tertinggi dan terendah pada daerah HAZ berurutan mulai dari kampuh V, ½ V dan I.

Nilai kekerasan HAZ kampuh V adalah 52,3 HRB, HAZ kampuh ½ V sebesar 50,9 HRB dan nilai kekerasan HAZ terendah pada kampuh I yaitu 46,2 HRB. Pada bagian *base metal* nilai kekerasan tertinggi terdapat pada kampuh ½ V dengan nilai kekerasan 62,2 HRB. Nilai kekerasan *base metal* tertinggi selanjutnya ada pada kampuh I dengan nilai kekerasan 59,9 HRB dan nilai kekerasan *base metal* terendah ada pada kampuh V dengan nilai kekerasan 47,1 HRB. Dari data diatas dapat dilihat bahwa aliran gas pelindung yang semakin tinggi akan meningkatkan nilai kekerasan *weld metal* dan HAZ hasil pengelasan.

7. Perbandingan Nilai Kekerasan Pada Daerah *Weld*, HAZ dan *Base* dengan Aliran Gas 5 liter/menit, 10 liter/menit dan 15 liter/menit

Grafik perbandingan nilai kekerasan pada daerah *weld metal*, HAZ dan *base metal* dengan aliran gas pelindung 5 liter/menit, 10 liter/menit dan 15 liter/menit terhadap variasi kampuh I, ½ V dan V, dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Pada Daerah *Weld*, HAZ dan *Base* dengan Variasi Aliran Gas 5 liter/menit, 10 liter/menit dan 15 liter/menit

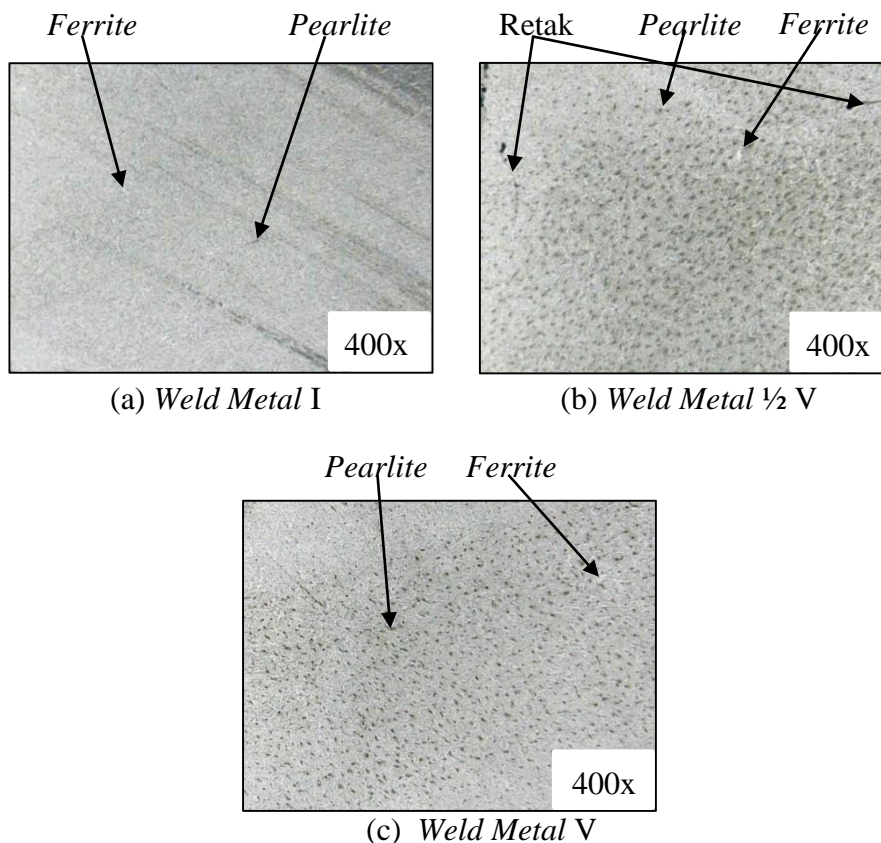
Gambar 4 diatas merupakan grafik perbandingan nilai kekerasan daerah *weld metal*, HAZ dan *base metal* kampuh I, ½ V dan V hasil pengelasan GMAW dengan variasi aliran gas pelindung 5 liter/menit, 10 liter/menit dan 15 liter/menit. Nilai kekerasan mengalami peningkatan seiring dengan bertambah besarnya aliran gas pelindung. Nilai kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* dan HAZ terdapat pada kampuh V dengan aliran gas pelindung 15 liter/menit yang mengalami peningkatan sebanyak 38,06% daerah *weld metal* dan 11,15% daerah HAZ. Semakin meningkatnya aliran gas pelindung maka nilai kekerasan hasil pengelasan juga mengalami peningkatan. Nilai kekerasan terendah *weld metal* ada pada

kampuh $\frac{1}{2}$ V dengan nilai kekerasan 41,9 HRB dan nilai kekerasan HAZ terendah ada pada kampuh I yaitu 40,8 HRB dengan aliran gas pelindung 5 liter/menit. Sedangkan untuk nilai kekerasan daerah *base metal* tertinggi ada pada kampuh $\frac{1}{2}$ V pada aliran gas 15 liter/menit dengan peningkatan nilai kekerasan sebesar 39,46% dan nilai kekerasan *base metal* terendah ada pada kampuh I dengan aliran gas pelindung 5 liter/menit yaitu 43,4 HRB.

Pengaruh variasi *flow rate* gas pelindung terhadap kekerasan adalah semakin besar *flow rate* gas pelindung maka semakin besar pula kekerasan material, dimana semakin naiknya *flow rate* gas pelindung maka akan meningkatnya jumlah struktur perlit, hal ini disebabkan karena bertambah besarnya *flow rate* gas pelindung, semakin kuat tekanan hembusan gas pelindung maka semakin cepat pula laju pendinginan [5]. Debit gas pelindung yang semakin besar akan meningkatkan tingkat kekerasan sambungan las [6]. Bentuk kampuh sangat berpengaruh terhadap panjang hasil pengelasan, kedalaman penetrasi hasil pengelasan dan lebar hasil pengelasan [7]. Nilai kekerasan hasil pengelasan kampuh V lebih tinggi dibandingkan kampuh I dan $\frac{1}{2}$ V mulai dari aliran gas 5 liter/menit, 10 liter/menit dan 15 liter/menit. Hal itu disebabkan karena dengan menggunakan kampuh V proses pengelasan elektroda dapat mengisi penuh seluruh bagian dari kampuh dan mengisinya secara cukup sempurna [4].

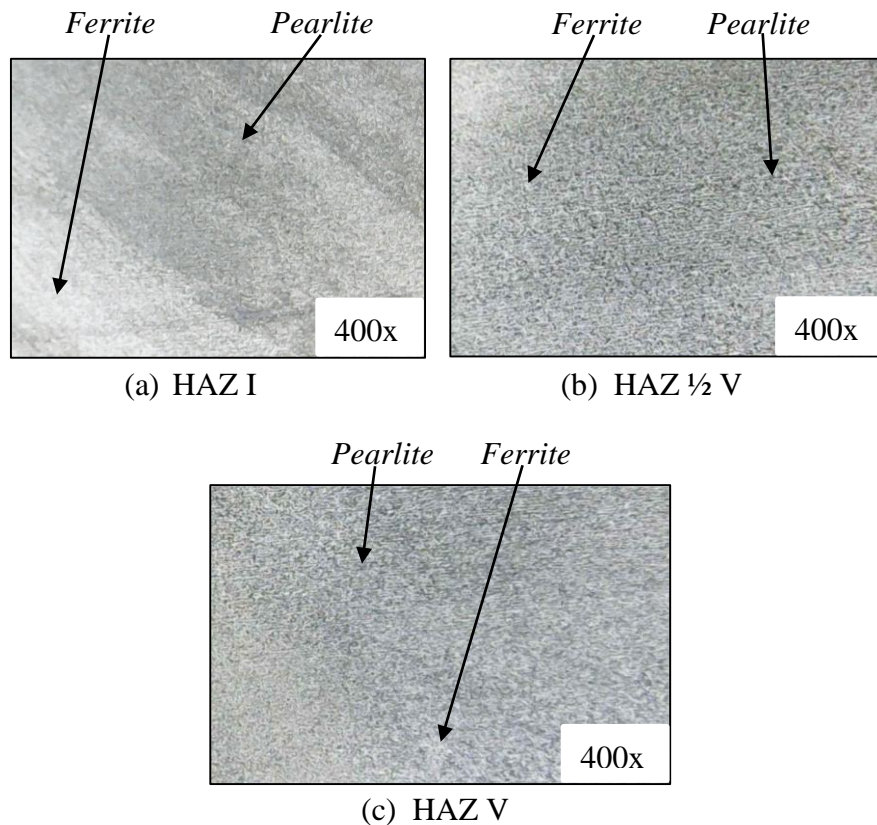
8. Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan Aliran Gas 5 liter/menit

Pengamatan struktur mikro hasil pengelasan GMAW baja ASTM A36 dengan variasi bentuk kampuh I, $\frac{1}{2}$ V dan V dengan aliran gas 5 liter/menit. Pada penelitian ini menggunakan alat kamera Digital Mikroskop USB dengan perbesaran 400x dan untuk hasil pengamatan struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7 dibawah.



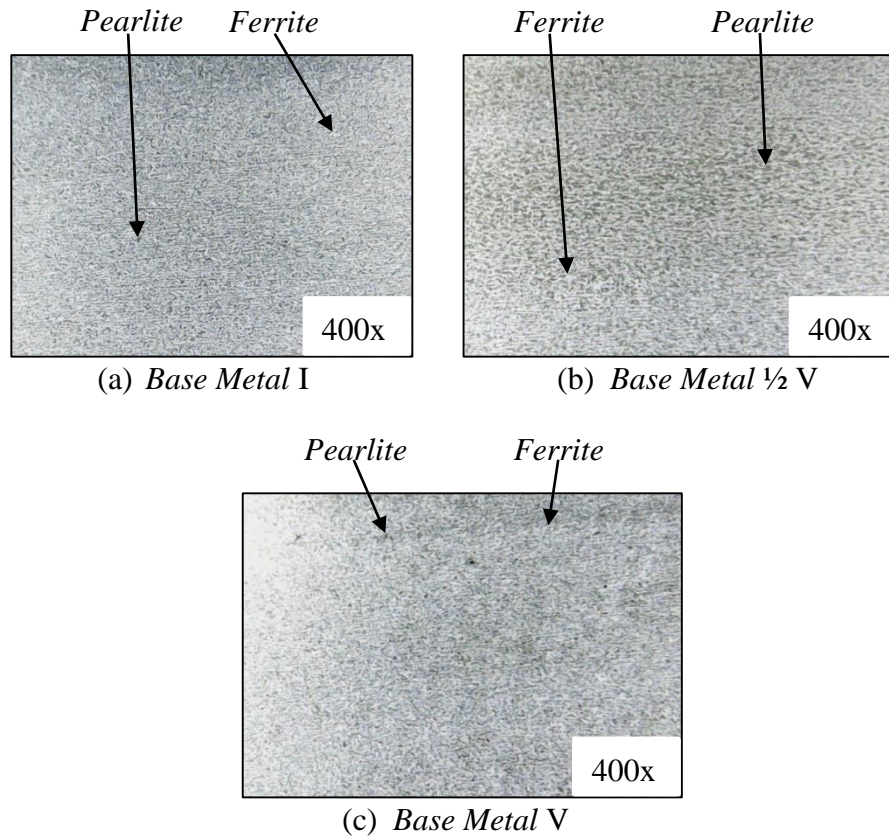
Gambar 5. Struktur Mikro *Weld Metal* Kampuh (a) I, (b) $\frac{1}{2}$ V dan (c) V dengan Aliran Gas Pelindung 5 liter/menit

Dari hasil pengamatan struktur mikro diatas menunjukkan bahwa *weld metal* kampuh I pada Gambar 5 (a) fasa yang terbentuk merupakan fasa *pearlite* (gelap) dengan persentase 42,54% dan fasa *ferrite* (terang) 57,46%. Pada Gambar 5 (b) persentase fasa *pearlite* (gelap) yang terbentuk yaitu 42,91% dan fasa *ferrite* (terang) 57,09%, namun terdapat retak pada *weld metal* nya. Kemudian pada Gambar 5 (c) daerah *weld metal* kampuh V persentase fasa *pearlite* (gelap) yaitu 43,36% dan fasa *ferrite* (terang) 56,64%.



Gambar 6. Struktur Mikro HAZ Kampuh (a) I, (b) 1/2 V dan (c) V dengan Aliran Gas Pelindung 5 liter/menit

Dari Gambar 6 diatas menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada daerah HAZ kampuh I, 1/2 V dan V. Pada Gambar 6 (a) persentase *pearlite* dan *ferrite* pada daerah HAZ kampuh I yaitu *ferrite* (terang) 61.17% lebih dominan dibandingkan fasa *pearlite* (gelap) yaitu 38.17%. Pada Gambar 6 (b) daerah HAZ kampuh 1/2 V *ferrite* (terang) 56,48% lebih dominan dibandingkan fasa *pearlite* (gelap) yaitu 43.52%. Kemudian pada Gambar 6 (c) fasa yang terbentuk adalah fasa *ferrite* (terang) yaitu 55,72% dan fasa *pearlite* (gelap) 44,28%.

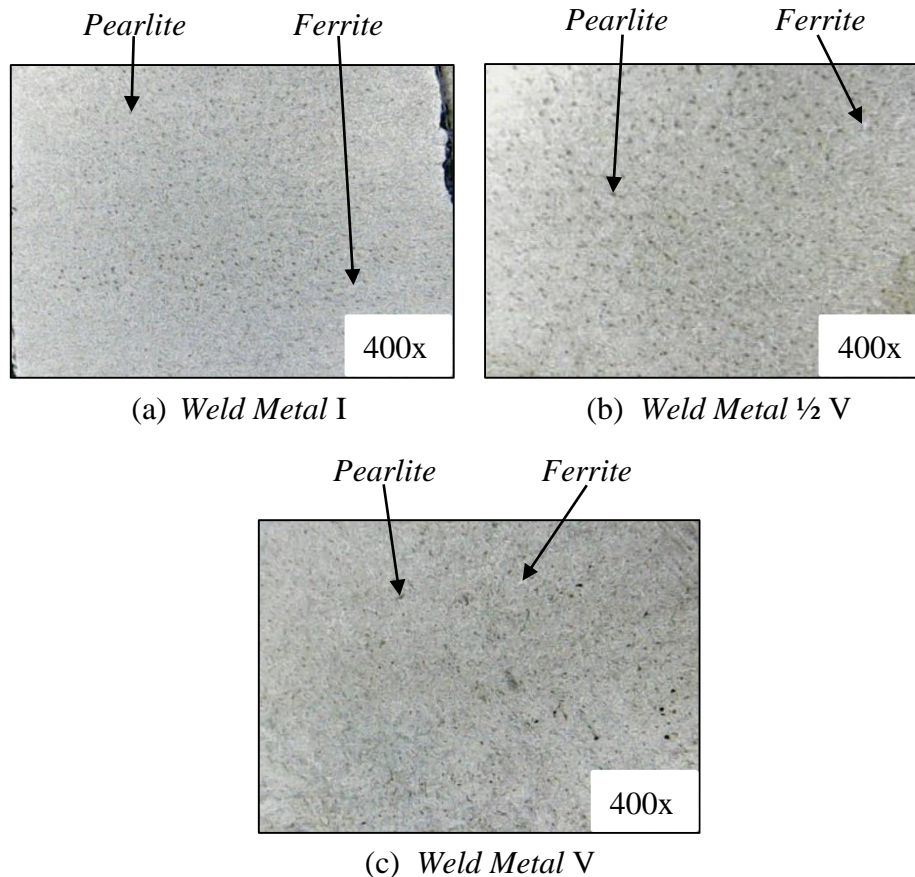


Gambar 7. Struktur Mikro *Base Metal* kampuh (a) I, (b) 1/2 V dan (c) V dengan Aliran Gas Pelindung 5 liter/menit

Dari Gambar 7 diatas menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada daerah *base metal* kampuh I, 1/2 V dan V. Pada Gambar 7 (a) daerah *base metal* kampuh I fasa yang terbentuk merupakan fasa *pearlite* (gelap) dengan persentase yaitu 40,75% dan fasa *ferrite* (terang) 59,25%. Kemudian pada Gambar 7 (b) daerah *base metal* kampuh 1/2 V persentase fasa *pearlite* (gelap) 43,16% dan fasa *ferrite* (terang) 56,84%, fasa *pearlite* yang terbentuk sedikit lebih dominan dibandingkan pada *base metal* kampuh I pada Gambar 7 (a). Pada Gambar 7 (c) daerah *base metal* kampuh V persentase fasa *pearlite* (gelap) 43,22% dan fasa *ferrite* (terang) 56,78%.

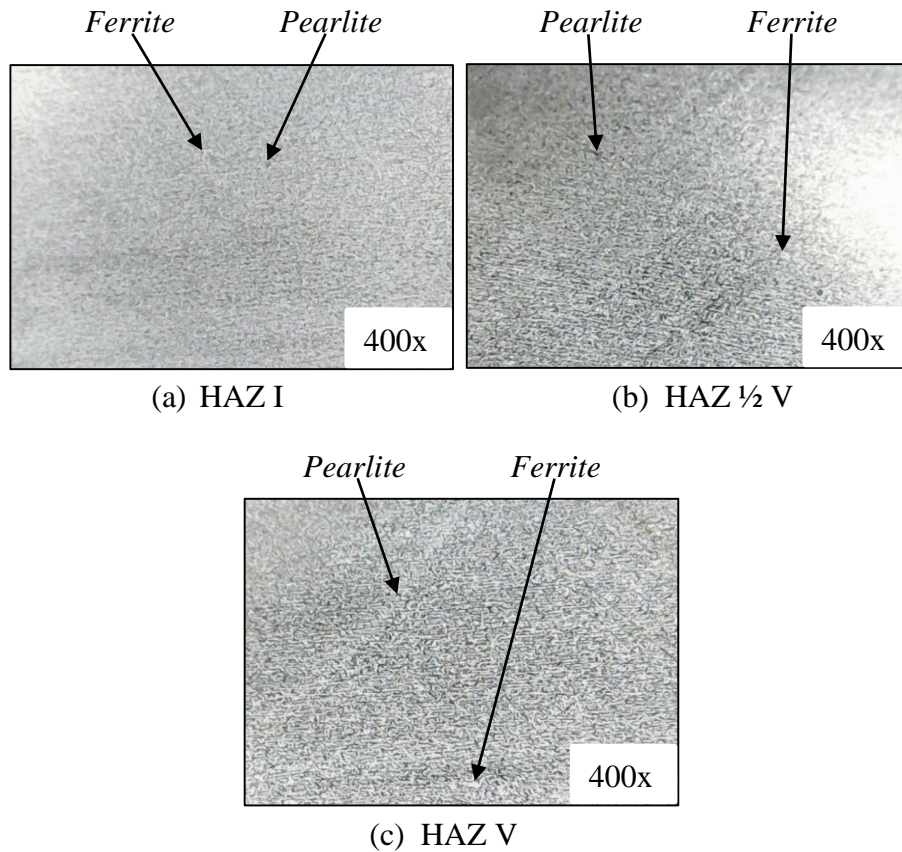
9. Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan Aliran Gas 10 liter/menit

Pengamatan struktur mikro hasil pengelasan GMAW baja ASTM A36 dengan variasi bentuk kampuh I, $\frac{1}{2}$ V dan V dengan aliran gas 10 liter/menit. Pada penelitian ini menggunakan alat kamera Digital Mikroskop USB dengan perbesaran 400x dan untuk hasil pengamatan struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10 dibawah ini.



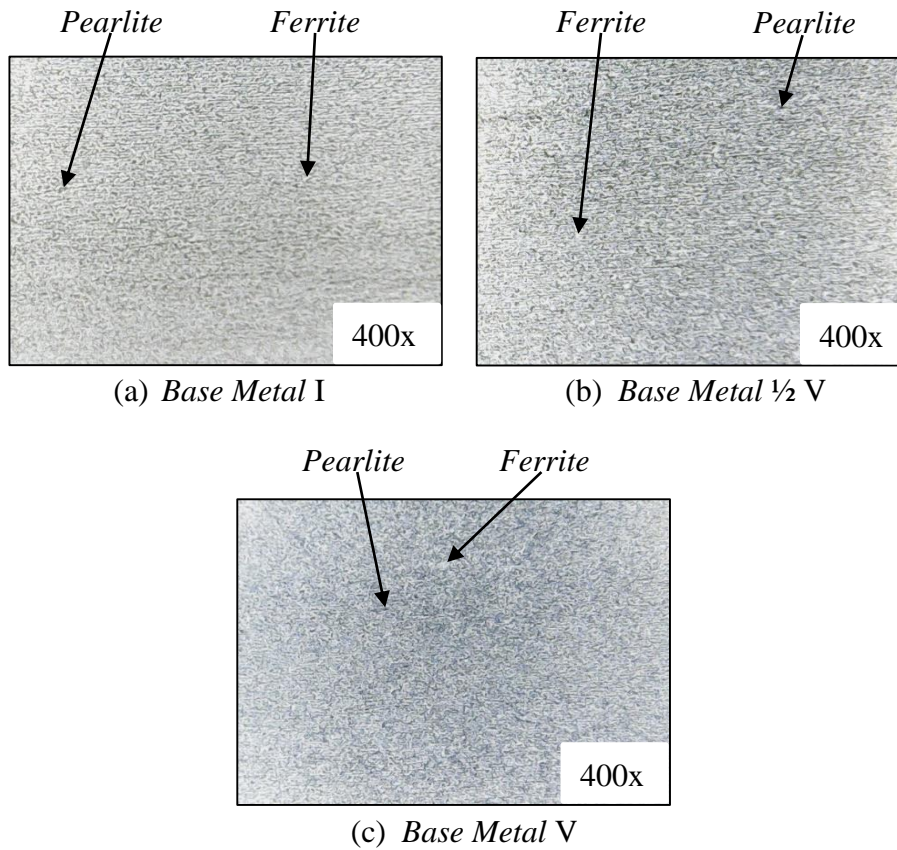
Gambar 8. Struktur Mikro *Weld Metal* Pada Kampuh (a) I, (b) $\frac{1}{2}$ V dan (c) V dengan Aliran Gas Pelindung 10 liter/menit

Dari Gambar 8 diatas menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro daerah *weld metal* kampuh I, $\frac{1}{2}$ V dan V dengan aliran gas pelindung sedang yaitu 15 liter/menit. Pada Gambar 8 (a) daerah *weld metal* persentase fasa *pearlite* (gelap) yaitu 44,45% dan fasa *ferrite* (terang) 55,55%. Selanjutnya pada Gambar 8 (b) persentase fasa *pearlite* (gelap) 42,32% dan persentase fasa *ferrite* (terang) yaitu 57,68%. Kemudian pada Gambar 8 (c) persentase fasa *pearlite* (gelap) yaitu 45,88% dan fasa *ferrite* (terang) 53,03%.



Gambar 9. Struktur Mikro HAZ Pada Kampuh (a) I, (b) 1/2 V dan (c) V dengan Aliran Gas Pelindung 10 liter/menit

Pada Gambar 9 (a) diatas struktur mikro pada daerah HAZ persentase fasa *pearlite* (gelap) yaitu 41,14% dan fasa *ferrite* (terang) 58,86% dimana fasa *ferrite* lebih dominan dari pada *pearlite*. Pada Gambar 9 (b) persentase fasa *pearlite* (gelap) yang terbentuk adalah 42,60% dan fasa *ferrite* (terang) 55,3%. Selanjutnya pada Gambar 9 (c) persentase fasa *pearlite* (gelap) yaitu 41,93% dan fasa *ferrite* (terang) 58,07%.

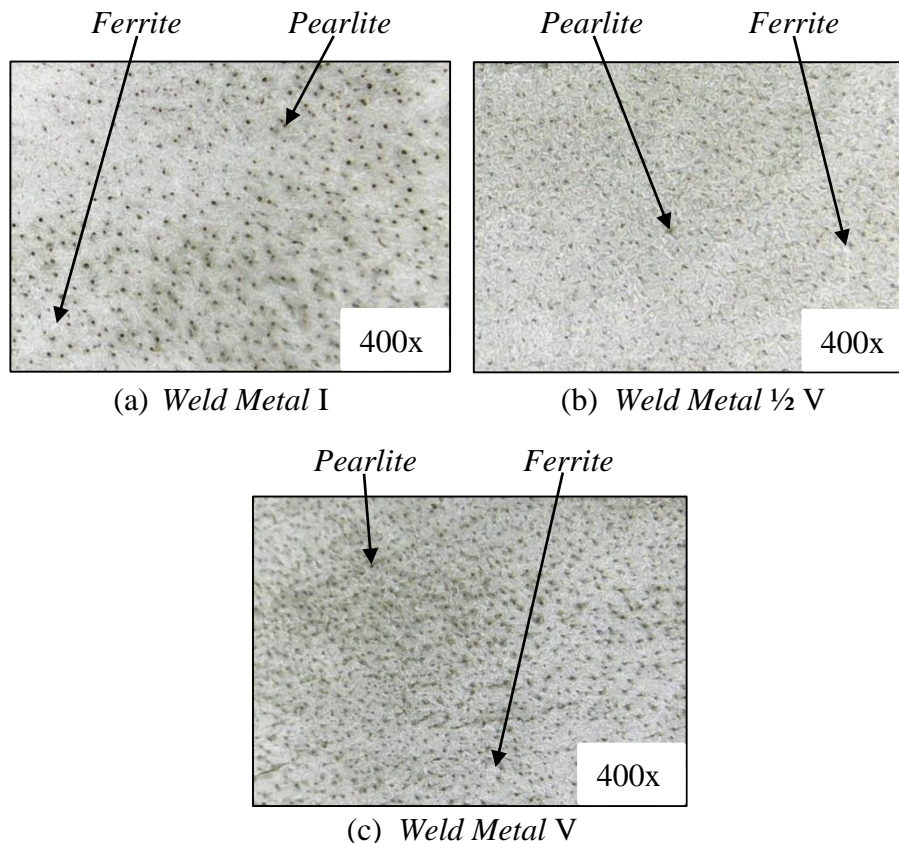


Gambar 10. Struktur Mikro *Base Metal* Kampuh (a) I, (b) $\frac{1}{2}$ V dan (c) V dengan Aliran Gas Pelindung 10 liter/menit

Pada Gambar 10 (a) diatas struktur mikro daerah *base metal* I, persentase fasa *pearlite* (gelap) yaitu 45,09% dan fasa *ferrite* (terang) 54,91% . Pada Gambar 10 (b) persentase fasa *pearlite* (gelap) 44,70% dan fasa *ferrite* (terang) 55,3%. Kemudian pada Gambar 10 (c) persentase fasa *pearlite* (gelap) yang terbentuk yaitu 46,97 % dan persentase fasa *ferrite* (terang) yaitu 53,03%.

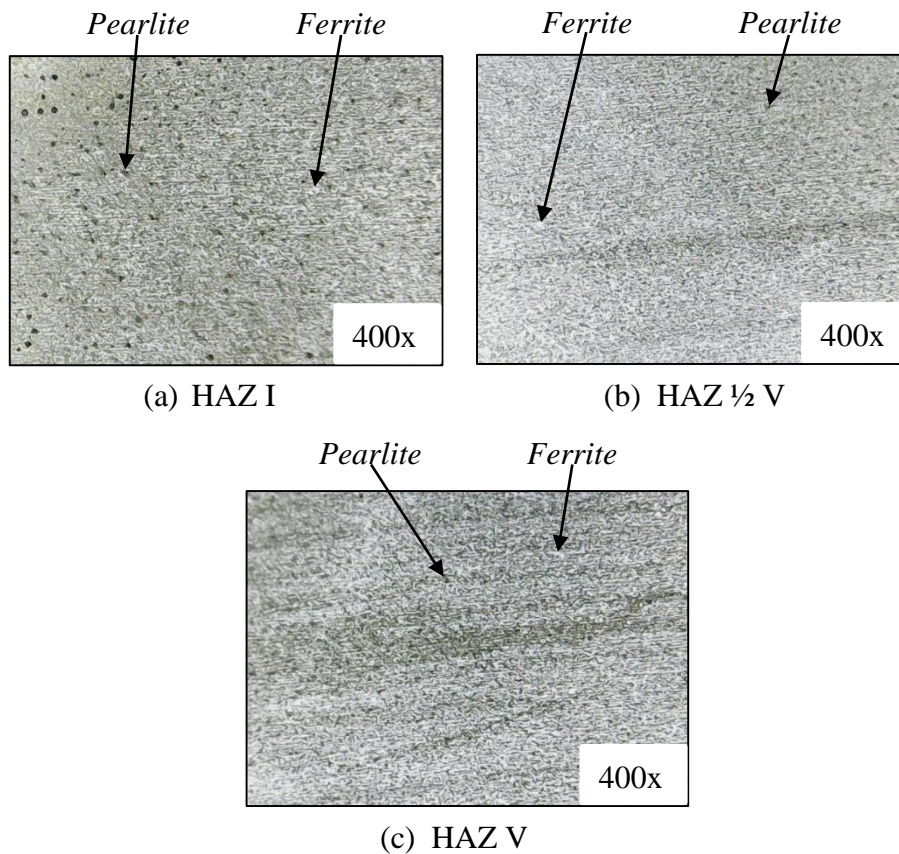
10. Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan Aliran Gas 15 liter/menit

Pengamatan struktur mikro hasil pengelasan GMAW baja ASTM A36 dengan variasi bentuk kampuh I, $\frac{1}{2}$ V dan V dengan aliran gas 15 liter/menit. Pada penelitian ini menggunakan alat kamera Digital Mikroskop USB dengan perbesaran 400x dan untuk hasil pengamatan struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 11 Gambar 12 dan Gambar 13 dibawah ini.



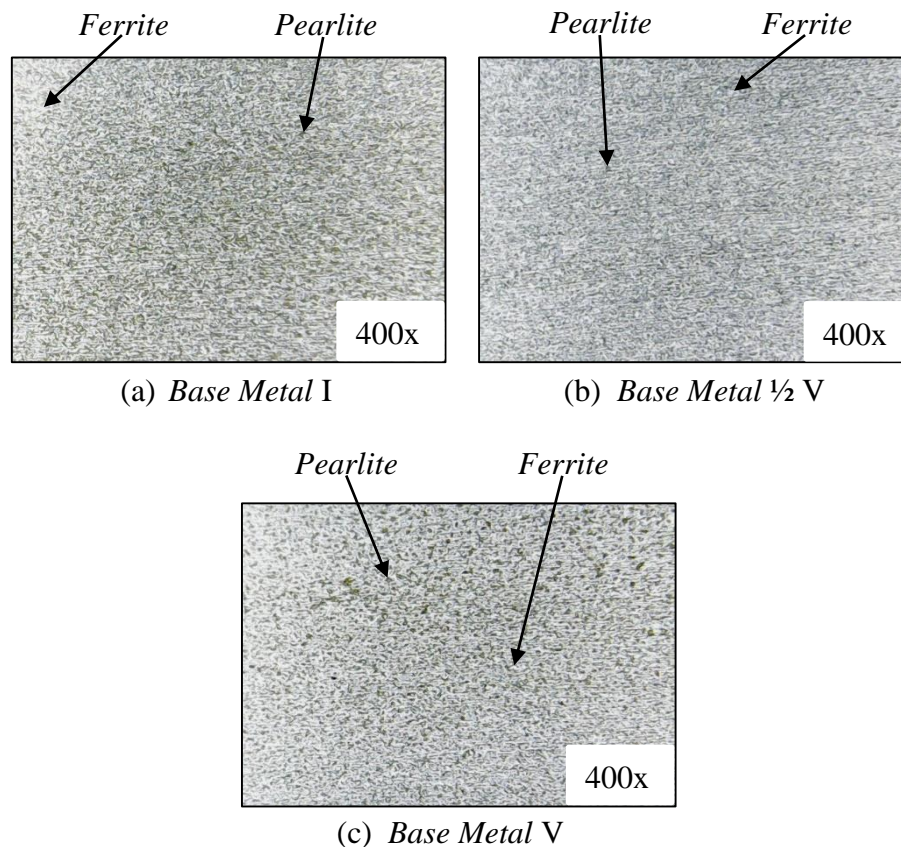
Gambar 11. Struktur Mikro *Weld Metal* kampuh (a) I, (b) $\frac{1}{2}$ V dan (c) V dengan Aliran Gas Pelindung 15 liter/menit

Dari Gambar 11 diatas menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada daerah *weld metal* kampuh I, $\frac{1}{2}$ V dan V dengan aliran gas tertinggi yaitu 15 liter/menit. Pada Gambar 11 (a) daerah *weld metal* kampuh I persentase fasa *pearlite* (gelap) adalah 47,53% dan fasa *ferrite* (terang) 52,47%. Kemudian pada Gambar 11 (b) persentase fasa *pearlite* (gelap) yaitu 46,38% dan persentase fasa *ferrite* (terang) 53,62%. Kemudian pada Gambar 11 (c) persentase fasa *pearlite* (gelap) adalah 53,16% dan *ferrite* (terang) 46,84%, persentase fasa *pearlite* pada kampuh V lebih banyak jika dibandingkan kampuh I dan kampuh $\frac{1}{2}$ V pada Gambar 11 (a) dan Gambar 11 (b).



Gambar 12. Struktur Mikro HAZ kampuh (a) I, (b) 1/2 V dan (c) V dengan Aliran Gas Pelindung 15 liter/menit

Dari gambar 12 diatas menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada daerah HAZ kampuh I, 1/2 V dan V. Pada Gambar 12 (a) daerah HAZ kampuh I persentase fasa *pearlite* (gelap) yaitu 44,62% dan fasa *ferrite* (terang) 55,38%. Selanjutnya pada Gambar 12 (b) daerah HAZ kampuh 1/2 V persentase fasa *pearlite* (gelap) yang terbentuk yaitu 45,63% dan fasa *ferrite* (terang) 54,37%. Kemudian pada Gambar 12 (c) daerah HAZ kampuh V persentase fasa *pearlite* (gelap) yaitu 45,40% dan persentase fasa *ferrite* (terang) yaitu 54,6%.



Gambar 13. Struktur Mikro *Base Metal* kampuh (a) I, (b) $\frac{1}{2}$ V dan (c) V dengan Aliran Gas Pelindung 15 liter/menit

Pada Gambar 13 diatas menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada daerah *base metal* kampuh I, $\frac{1}{2}$ V dan V. Pada Gambar 13 (a) daerah *base metal* kampuh I persentase fasa *pearlite* (gelap) yang terbentuk adalah 51,03% dan fasa *ferrite* (terang) yaitu 48,97%. Kemudian pada Gambar 13 (b) persentase fasa *pearlite* (gelap) yaitu 52,57% dan fasa *ferrite* (terang) yaitu 47,43%. Pada pada Gambar 13 (c) persentase fasa *pearlite* (gelap) 45,04% dan fasa *ferrite* (terang) 54,96%.

Aliran gas pelindung yang semakin besar akan meningkatkan pembentukan fasa *pearlite* pada hasil pengelasan. Pembentukan fasa *pearlite* paling banyak terdapat pada aliran gas pelindung 15 liter/menit pada daerah *weld metal* spesimen kampuh V sebanyak 53,16% dan pembentukan fasa *pearlite* paling sedikit terdapat pada daerah HAZ spesimen kampuh I yaitu 38,17% dengan aliran gas pelindung 5 liter/menit. Fasa *pearlite* memiliki warna gelap karena banyak mengandung unsur C, mempunyai sifat keras dan getas, peningkatan fasa *pearlite* berkontribusi meningkatkan kekerasan pada sambungan las [6]. Pengaruh variasi *flow rate* gas pelindung terhadap struktur mikro adalah dengan naiknya *flow rate* gas pelindung terlihat semakin meningkatnya jumlah struktur perlit. Hal ini disebabkan karena bertambah besarnya *flow rate* gas pelindung, semakin kuat tekanan hembusan gas pelindung maka semakin cepat pula laju pendinginan [5].

KESIMPULAN

Aliran gas pelindung yang semakin besar akan meningkatkan kekerasan sambungan las. Peningkatan nilai kekerasan *weld metal* dan HAZ tertinggi ada pada aliran gas pelindung 15 liter/menit pada kampuh V meningkat sebanyak 38,06% *weld metal* dan 11,51% HAZ. Nilai kekerasan terendah *weld metal* terdapat pada aliran gas 5 liter/menit pada kampuh $\frac{1}{2}$

V yaitu 41,9 HRB dan nilai kekerasan HAZ terendah terdapat pada aliran gas 5 liter/menit pada kampuh I yaitu 40,8 HRB. Peningkatan nilai kekerasan *base metal* tertinggi ada pada kampuh $\frac{1}{2}$ V sebanyak 39,46% dengan aliran gas 15 liter/menit dan nilai kekerasan *base metal* terendah pada kampuh I yaitu 43,4 HRB dengan aliran gas 5 liter/menit.

Pada pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa semakin tinggi aliran gas pelindung akan meningkatkan pembentukan fasa *pearlite* lebih banyak. Persentase pembentukan fasa *pearlite* paling banyak ada pada *weld metal* kampuh V yaitu sebesar 53,16% dan persentase fasa *pearlite* paling sedikit ada pada daerah HAZ kampuh I yaitu 38,17%.

REFERENSI

- [1] Z. Fakri, Bukhari and N. Juhan, "Analisa Pengaruh Kuat Arus Pengelasan GMAW Terhadap Ketangguhan Sambungan Baja AISI 1050," *Journal of Welding Technology*, Vol. 1, No. 1, pp. 5-10, 2019.
- [2] H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2000.
- [3] S. Surapranata, *Pengelasan Pelat Menggunakan Proses GMAW (Gas Metal Arc Welding)*, Jakarta: Modul Pelatihan Guru, Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, 2015.
- [4] H. R. Setiawan, *Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Kekerasan Baja ST60 Menggunakan Las Listrik Posisi 3G*, Banjarbaru: Tugas Akhir, Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat, 2014.
- [5] A. N. Khiyaarul, N. Syahroni and Y. S. Hadiwidodo, "Analisis Pengaruh Variasi Flow Rate Gas Pelindung pada Pengelasan FCAW-G terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanik Sambungan Material Grade A," *Jurnal TEKNIK ITS*, Vol. 7, No. 2, pp. 186-191, 2018.
- [6] A. W. Prasetya, Rusiyanto and Pramono, "Pengaruh Debit Gas Pelindung dan Tegangan Listrik Terhadap Tingkat Kekerasan dan Struktur Mikro Sabungan Las GMAW Pada Baja Karbon Sedang EMS-45," *Jurnal Kompetensi Teknik*, Vol. 8, No. 2, pp. 27-51, 2017.
- [7] R. Siswanto, "Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Panjang, Kedalaman Penetrasi dan Lebar Hasil Pengelasan Menggunakan Las Busur Listrik (SMAW)," *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 9, No. 1, pp. 151-158, 2012.
- [8] J. Arifin, H. Purwanto and I. Syafa'at, "Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Baja ASTM A36," *Momentum*, Vol. 13, No. 1, pp. 27-31, 2017.