



PENGARUH VARIASI SUDUT PENGELOMAN GMAW TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA ASTM A36

THE EFFECT OF VARIATION GMAW WELDING CORNER TO HARDNESS AND MICRO STRUCTURE ON STEEL ASTM A36

Ma'mun Hidayat^{1*}, Linda Farida², dan Moh. Fawaid²

¹Balai Besar Pengembangan Latihan Kerja

²Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

*hidayat_jmt@yahoo.com

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima: Nov 2021

Disetujui: Apr 2022

Dipublikasikan: Mei 2022

Kata Kunci:

Pengelasan
GMAW, Baja
ASTM A36, Uji
Kekerasan,
Struktur Mikro

Keywords:

GMAW, steel
ASTM A36,
hardness test,
microstructure

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan melihat pengaruh variasi sudut saat proses pengelasan GMAW (*Gas Metal Arch Welding*) terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro hasil pengelasan. Spesimen yang digunakan yaitu Baja ASTM A36 tebal 10mm. Proses pengelasan gmaw dilakukan dengan variasi sudut las yaitu 70° dan 110° serta menggunakan arus 95A, 125A, 155A dan 185A. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen dimana dalam pengambilan data dilakukan dengan observasi langsung dan teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah statistik deskriptif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi sudut saat proses pengelasan memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu pada sudut 70° arus 185A dengan nilai kekerasan yaitu weldmetal 217,1 HV, sedangkan nilai kekerasan terendah ada pada sudut 110° arus 95A dengan nilai kekerasan weld metal 180,9 HV ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kekerasan maka fasa pearlite (gelap) lebih banyak dan permukaan kasar.

Abstract

This study aims to see and determine the effect of variation gmaw welding corner on value hardness and microstructure. The specimen used was steel ASTM A36 with a thick 10mm. The process of gmaw welding do with variation welding corner is 70° dan 110° and used a current 95A, 125A, 155A, and 185A. The method study used the experimental method where in data retrieval by direct observation and used descriptive statistical data analysis technique. The result showed that corner variation as welding process has the highest hardness value on the corner 70° current 185A with value hardness is weld metal 217.1 HV. Whereas the lowest value hardness is on the corner 110° current 95A with value hardness is weld metal 180.9 HV, this shows is that the higher the value of hardness then pearlite (dark) is greater and a rough surface.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi bidang konstruksi saat ini sudah semakin meningkat, teknologi bidang konstruksi ini tidak bisa dipisahkan dari proses penyambungan logam, sehingga pengelasan mempunyai peranan sangat penting di bidang konstruksi yaitu dalam rekayasa dan reparasi produksi logam (Sudarsono et al., 2021). Pengelasan merupakan teknik penyambungan dari dua buah logam dengan cara memanaskan atau mencairkan logam pengisi menggunakan energi listrik (Juwanda et al., 2021). Pengelasan juga relatif lebih cepat, lebih ringan, biaya yang murah dan bentuk konstruksinya lebih variatif serta menjadikan lasan yang baik dan utuh dengan menambahkan bahan tambah atau elektroda ketika dipanaskan sehingga kekuatannya pun sesuai dengan standar (Sulistyo et al., 2013).

Logam yang dalam penggunaannya lebih sering digunakan di dunia industri yaitu logam besi yang sudah tercampur dengan karbon (Baja), akan tetapi di dalam industri juga terdapat faktor yang mempengaruhi kualitas jenis bahan, oleh karena itu pemilihan bahan merupakan salah satu langkah penting yang tidak boleh terlewatkan (Zaki et al., 2021). Pada proses pengelasan juga masih terdapat permasalahan ketika melakukan penyambungan logam, permasalahan tersebut yaitu berapa besarnya kekuatan sambungan las ketika sudah dilakukan pengelasan.

Definisi berdasarkan American Welding Society (AWS) pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain yaitu sambungan suatu logam dari beberapa logam lain dengan menggunakan energi panas (Nugroho & Setiawan, 2018).

Salah satu dari jenis pengelasan yang sering dijumpai di industri konstruksi untuk mengelas baja karbon yaitu pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW) (Kadir et al., 2014). Gas Metal Arc Welding (GMAW) ialah proses penyambungan logam menggunakan kawat las yang digulung dalam bentuk roll-an yang gerakannya diatur oleh motor listrik, saat penyambungannya menggunakan sumber panas dari energi listrik di konversi menjadi energi panas dan juga sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh udara luar maka las ini menggunakan gas mulia dan gas karbon dioksida (Hasyim et al., 2019).

Yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan pada baja karbon yaitu salah satunya penggunaan kawat las dan besarnya arus listrik pengelasan. Semakin tinggi arus listrik dalam pengelasan, maka semakin tinggi juga penetrasi dan pencairannya pun menjadi cepat. Selain itu juga dengan menggunakan arus yang besar dapat memperkecil percikan butiran, bisa meningkatkan kekuatan, akan tetapi bisa memperbesar daerah HAZ (Heru Sudargo & Teguh Baroto, 2017).

Dalam penelitian ini, proses pengelasan menggunakan las listrik GMAW. Dimana las GMAW tersebut banyak menggunakan material baja yang memiliki kelebihan seperti proses yang mudah, tingkat pengelasan yang tinggi dan sedikit kegagalan, selain itu juga memiliki kelemahan yaitu peralatan yang rumit, tingginya radiasi saat penggunaan gas pelindung, dan sambungan hasil pengelasan mampu menurunkan sifat mekanis dari material (PPPPTK, 2015).

Baja adalah material yang memiliki sifat ulet yaitu mudah dibentuk, kuat juga bertekstur keras, oleh karena itu baja banyak digunakan dalam konstruksi mesin. Unsur utama dari baja yaitu Fe dan C bisa juga dicampur dengan unsur-unsur lainnya untuk mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan seperti unsur Ni, Cr, Ti dan lain sebagainya (Prayogi & Suhardiman, 2019). Jumlah C dalam baja bisa menentukan sifat mekanis juga menunjukkan performanya. Sifat mekanik yang dipunya dari plat baja ASTM A36 ini yaitu kekuatan tarik sebesar 400-550 Mpa, kekuatan luluh sebesar >250 Mpa dan elongasi sebesar >23% (Surasno, 2006). Untuk komposisi kimia dari baja ASTM A36 memiliki kandungan unsur yaitu (C) 0,29%, (Mn) 0,8-1,2%, (Si) 0,15-0,4%, (P) 0,04%, (S) 0,05%.

Selain itu, untuk mengetahui sifat dari suatu logam dapat melihatnya melalui struktur mikro. Dimana saat melakukan struktur mikro terdapat fasa-fasa yang ada pada baja karbon, seperti *ferrite*, *pearlite*, dan *martensit*. *Ferrite* memiliki bentuk sel yang terbentuk saat proses pendinginan lambat dan pada material memiliki butiran warna yang terang sehingga bersifat lunak, ulet serta konduktivitasnya suhunya tinggi. *Pearlite* memiliki butiran yang berwarna gelap karena mengandung karbon sehingga bersifat lebih keras, serta pada proses pendinginan lambat menghasilkan *pearlite* kasar dan saat pendinginan cepat menghasilkan *pearlite* halus. Sedangkan *martensit* terbentuk saat proses pendinginan cepat, bentuknya seperti jarus-jarum halus dan juga memiliki sifat keras dan getas (Suratman, 1994).

Sebelumnya sudah dilakukan beberapa penelitian tentang sudut pengelasan terhadap kekuatan pada sambungan pengelasan untuk mengetahui parameter pengelasan yang sesuai agar dapat meningkatkan kekuatan sambungan pengelasan (Juwanda et al., 2021). Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian lanjutan, yaitu dilakukannya penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui hasil uji kekerasan dan struktur mikro pengelasan yang dipengaruhi oleh sudut las dan kuat arus pengelasan GMAW pada baja ASTM A36 serta untuk mendapatkan sudut dan kuat arus yang sesuai dalam meningkatkan sambungan pengelasan GMAW yang baik dan kuat.

METODE

Pada penelitian ini metode yang dipilih ialah metode eksperimen dengan melakukan proses penelitian dan pengambilan data langsung dari hasil pengujian, yaitu peneliti melihat dan mengamati secara langsung proses penelitian ini. Selain itu penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif yang data statistiknya diperoleh dari hasil pengujian kemudian dideskripsikan, yaitu peneliti menganalisa hasil pengujian dan menjelaskan hasil penelitian tersebut yang sudah didapat. Lokasi penelitian ini bertempat di Laboratorium Destruktif Test/Non-Destruktif Test (DT/NDT) BBPLK Serang.

Penelitian ini menggunakan material baja ASTM A36 mesin las GMAW dengan variasi sudut pengelasan. Rancangan yang digunakan yaitu 2 variasi sudut 70° dan 110° dengan 4 arus yang berbeda. Jadi, ada 8 data nilai kekerasan yang didapat dan 6 data struktur mikro yang akan didapatkan dari hasil pengujian. Prosedur pengujian bahan: (a) spesimen dipotong dengan mesin pemotong sepanjang ± 55 mm dari ujung lasan. (b) dilakukan pengampelasan dengan mesin amplas hingga halus dan rata. (c) bahan yang halus dan rata itu diberi autosol untuk membersihkan noda yang menempel pada bahan. (d) prosedur pengetsaan mikro adalah dengan mempersiapkan larutan HNO₃ sebanyak 2% dan alkohol 98%. Spesimen ditetaskan dengan larutan tersebut selama 1 menit, dilap dengan tisu dan dikeringkan, maka akan tampak pembagian daerah yakni *base metal*, *weld metal* dan daerah HAZ. (e) untuk pengujian struktur mikro dengan menggunakan alat mikroskop optik untuk mengetahui perubahan struktur spesimen dari spesimen pengelasan. (f) untuk pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat vickers hardness (Qomari et al., 2015).

Plat Baja ASTM A36 karbon rendah dengan ukuran panjang 240 mm, lebar 220 mm, dan tebal 10 mm sebanyak 8 spesimen. Material baja ASTM A36 ini dipersiapkan sebagai bahan pengujian. Pengujian dalam penelitian ini yaitu uji kekerasan dan uji struktur mikro.

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat *vickers hardness testing machine*, yang bertujuan guna menghitung kekerasan logam spesimen karena nilai kekerasan setiap logam berbeda. Untuk mengetahui distribusi nilai kekerasan di beri 4 titik di setiap masing-masing pada daerah *weld metal*, HAZ (*Heat Affected Zone*), *base metal*. Jadi total keseluruhan ada 16 titik di salah satu permukaan pada setiap satu spesimen untuk

mengetahui perbedaan distribusi nilai kekerasan hasil pengelasan GMAW dengan variasi sudut pengelasan.

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan struktur mikro yang bertujuan untuk mengetahui bentuk perubahan suatu struktur mikro pada spesimen hasil pengelasan melalui pembesaran menggunakan mikroskop khusus agar permukaan spesimen dapat diamati secara metalografi, dengan pembesaran hingga 500x. sehingga dapat dilihat kumpulan fasa atau batas-batas butir pada spesimen tergantung pada proses panas yang diterima. Adapun daerah yang akan diamati yaitu pada daerah *base metal*, HAZ (*Heat Affected Zone*), dan *weld metal*.

Proses Pengelasan

Penelitian ini menggunakan metode pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) dengan 2 sudut pengelasan yang berbeda yaitu sudut 70° (mundur) dan sudut 110° (maju). Tabel 3-4 adalah parameter pendukung penelitian. Jenis gas pelindung yang digunakan yaitu karbon dioksida, dengan polaritas DCEP dan menggunakan 4 arus berbeda yaitu 95A, 125A, 155A dan 185A, tipe sambungan *single V butt joint* Sudut 60° dengan *root gap* 0 mm, dan kawat las (*wire*) dengan tipe Arctic 70S-6, spesifikasi AWS A5.18 ER 70S-6, diameter 10 mm.

Tabel 1. Variasi sudut

Sudut Torch	Keterangan
70°	1 (Tarik/Mundur)
110°	2 (Dorong/Maju)

Tabel 2. Variasi las

Arus las (A)	Keterangan
95	A
125	B
155	C
185	D

Tabel 3. Parameter Pengelasan Sudut 70°

No	Spesimen	Layer	Temperatur (°C)	Timer (menit)	Tegangan (V)	Travel Speed mesin
1	1 A	Fill	34	1.35	19	2
		Caping 1	104			
		Caping 2	146			
		Back weld	36			
2	1 B	Fill	51	1.03	20	2
		Caping 1	105			
		Caping 2	196			
		Back weld	29			
3	1 C	Fill	51	0.52	21	3
		Caping 1	120			
		Caping 2	130			
		Back weld	137			
4	1 D	Fill	30	0.46	24	3
		Caping 1	131			
		Caping 2	185			
		Back weld	30			

Tabel 4. Parameter Pengelasan Sudut 110°

No	Spesimen	Layer	Temperatur (°C)	Timer (menit)	Tegangan (V)	Travel Speed mesin
1	2 A	Fill	39	1.20	19	2
		Caping 1	141			
		Caping 2	164			
		Back weld	31			
2	2 B	Fill	36	1.10	20	2
		Caping 1	110			
		Caping 2	163			
		Back weld	32			
3	2 C	Fill	48	0.55	21	3
		Caping 1	110			
		Caping 2	130			
		Back weld	149			
4	2 D	Fill	31	0.46	24	3
		Caping 1	172			
		Caping 2	184			
		Back weld	67			

HASIL DAN PEMBAHASAN

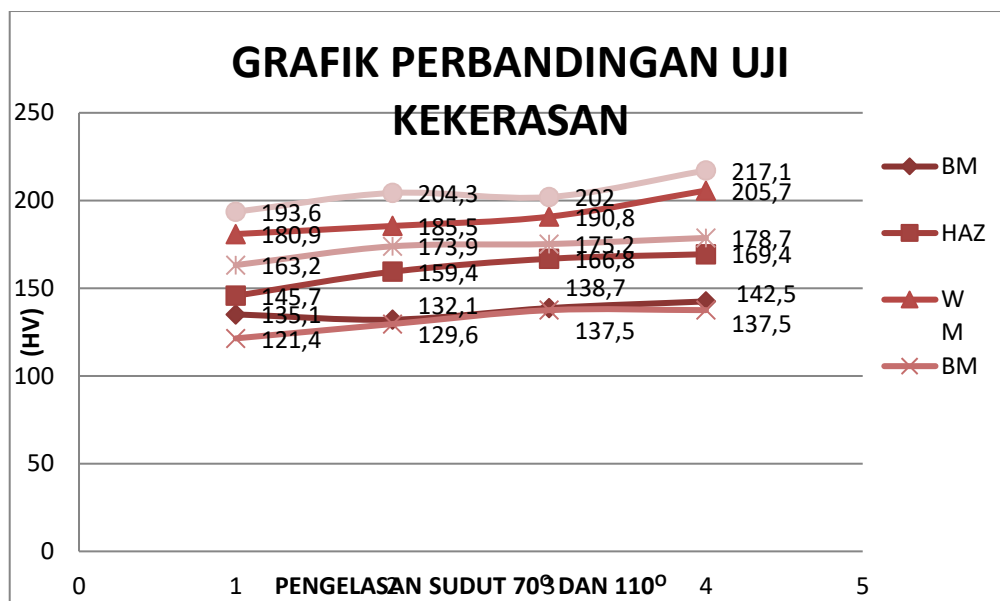
Hasil Pengujian Kekerasan

Dari setiap spesimen pengelasan diambil 4 titik pada daerah uji kekerasan. Pengujian kekerasan ini menggunakan alat Vickers *Hardness Tester* yaitu dengan metode *vickers* yang bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dengan cara mengukur luas jejak dari indenter atau penekan yang ditekan pada permukaan material uji. Pengujian ini dilakukan 12 titik yang meliputi daerah-daerah seperti: 4 titik *weld metal*, 4 titik HAZ, dan 4 titik *base metal* yang kemudian hasil dari pengujian masing-masing 4 titik tersebut di ambil nilai rata-rata.

Berikut rekapitulasi hasil pengujian kekerasan pada masing-masing variasi sudut dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 1.

Tabel 5. Data Perbandingan Hasil Pengujian Kekerasan

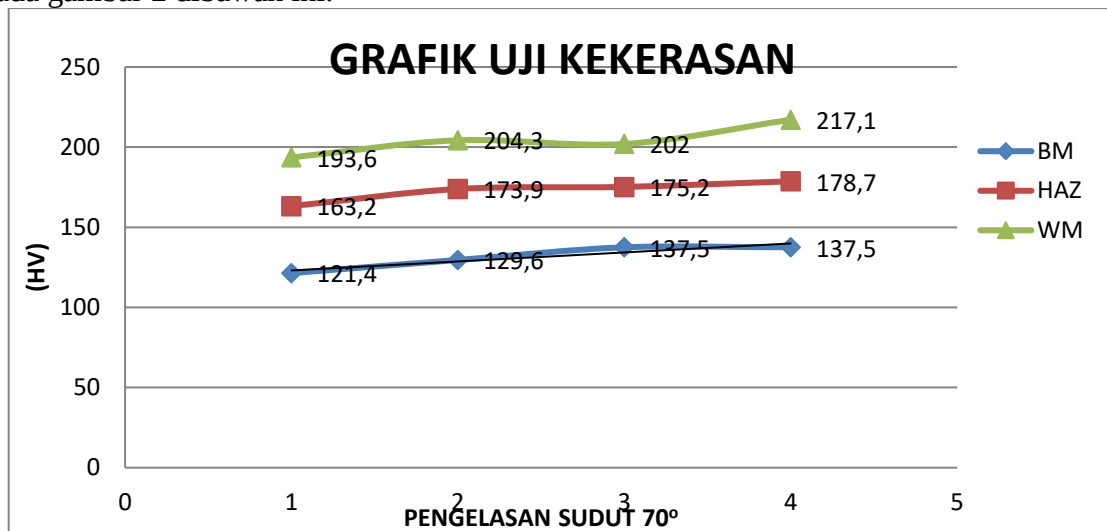
SUDUT	SPESIMEN	BM	HAZ	WM
70°	1A	121,4	163,2	193,6
	1B	129,6	173,9	204,3
	1C	137,5	175,2	202
	1D	137,5	178,7	217,1
110°	2A	135,1	145,7	180,9
	2B	132,1	159,4	185,5
	2C	138,7	166,8	190,8
	2D	142,5	169,4	205,7



Gambar 1. Perbandingan Nilai Kekerasan Pengelasan Sudut 70° dan 110°

Hasil Uji Kekerasan pada Pengelasan Sudut 70°

Grafik perbandingan nilai kekerasan dengan variasi sudut pengelasan 70° dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



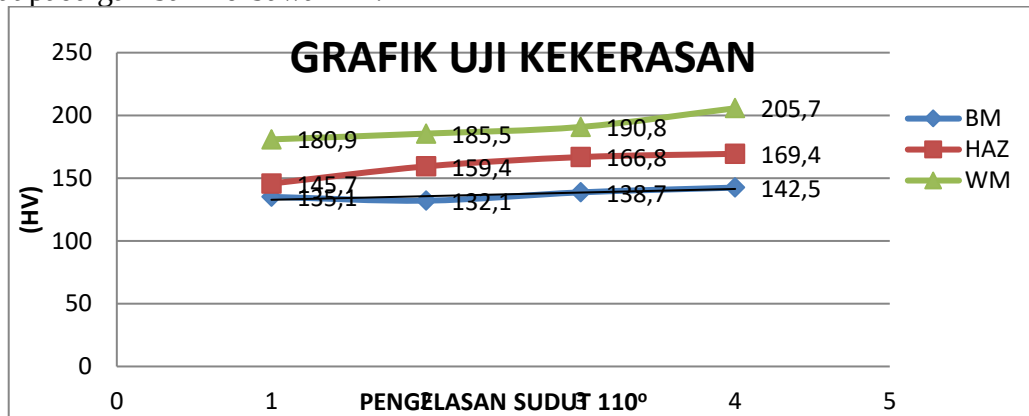
Gambar 2. Perbandingan Nilai Kekerasan Daerah *Weld Metal*, HAZ, dan *Base Metal* Variasi Sudut Las 70°

Dapat dilihat dari tabel 5 dan gambar 2 diatas menunjukkan nilai kekerasan perlakuan pengelasan pengelasan di 3 daerah titik pengujian dengan beban 30 kgf dan load time sebesar 10 detik. Diketahui bahwa pada daerah *weld metal* dengan sudut las 70° nilai kekerasan tertinggi pada spesimen 4 yaitu dengan nilai kekerasan 217,1 HVN, kekerasan daerah *weld metal* tertinggi selanjutnya yaitu pada spesimen 2 nilai kekerasannya sebesar 204,3 HVN, nilai kekerasan berikutnya yaitu pada spesimen 3 nilai kekerasannya sebesar 202 HVN dan *weld metal* dengan nilai kekerasan terendah ada pada pada spesimen 1 dengan nilai kekerasan 193,6 HVN.

Untuk daerah HAZ nilai kekerasan tertinggi ada pada spesimen 4 dengan nilai kekerasan 178,7 HV, nilai kekerasan HAZ tertinggi selanjutnya terdapat pada spesimen 3 yaitu 175,2 HVN, kekerasan daerah HAZ berikutnya pada spesimen 2 yaitu sebesar 173,5 HVN, dan nilai kekerasan daerah HAZ terendah yaitu pada spesimen 1 yaitu dengan nilai kekerasan sebesar 163,2 HVN. Kekerasan pada *base metal* yang paling tinggi ada pada spesimen 3 dan 4 dengan nilai kekerasan sebesar 137,5 HV, nilai kekerasan tertinggi berikutnya pada spesimen 2 yaitu sebesar 125,6 HVN kemudian untuk nilai kekerasan *base metal* terendah ada pada spesimen 1 dengan nilai kekerasan 121,4 HVN.

Hasil Uji Kekerasan pada Pengelasan Sudut 110°

Grafik perbandingan nilai kekerasan dengan variasi sudut pengelasan 110° dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 3. Perbandingan Nilai Kekerasan Daerah *Weld Metal*, HAZ, dan *Base Metal* Variasi Sudut Las 110°

Dapat dilihat dari tabel 5 dan gambar 2 diatas menunjukkan nilai kekerasan perlakuan pengelasan pengelasan di 3 daerah titik pengujian dengan beban 30 kgf dan load time sebesar 10 detik. Diketahui bahwa pada daerah *weld metal* dengan sudut las 110° nilai kekerasan tertinggi pada spesimen 4 dengan nilai kekerasan 205,7 HVN, nilai kekerasan tertinggi selanjutnya pada spesimen 3 yaitu sebesar 190,8 HVN, kekerasan pada *weld metal* berikutnya yaitu pada spesimen 2 dengan nilai sebesar 185,5 HVN dan nilai kekerasan terendah ada pada spesimen 1 yaitu nilai kekerasan sebesar 180,9 HVN.

Kemudian pada daerah HAZ nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen 4 dengan nilai sebesar 169,4 HVN, kemudian nilai kekerasan tertinggi selanjutnya yaitu pada spesimen 3 yaitu sebesar 166,8 HVN, nilai kekerasan HAZ berikutnya pada spesimen 2 dengan nilai 159,4 HVN dan nilai kekerasan daerah HAZ terendah ada pada spesimen 1 dengan nilai kekerasan sebesar 145,7 HVN. Untuk nilai kekerasan pada bagian *base metal* yang paling tinggi ada pada spesimen 4 dengan nilai kekerasan sebesar 142,5 HVN, nilai kekerasan selanjutnya ada pada spesimen 3 dengan nilai sebesar 138,7 HVN, kemudian yaitu spesimen 1 dengan nilai kekerasan 135,1 HVN dan nilai kekerasan *base metal* terendah yaitu pada spesimen 2 dengan nilai kekerasan 132,1 HVN.

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan, nilai kekerasan *weld metal* tertinggi ada pada sudut las 70° pada spesimen 4 dengan arus sebesar 185A dengan nilai kekerasan 217,1 HVN. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan, nilai kekerasan pada *weld metal* mengalami penurunan terjadi pada spesimen 4 dengan arus sebesar 185A pada sudut las 110° dengan nilai kekerasan 205,7 HVN.

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan, nilai kekerasan daerah HAZ tertinggi ada pada sudut las 70° pada spesimen 4 dengan arus sebesar 185A dengan nilai kekerasan 178,7 HVN. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan, nilai kekerasan pada daerah HAZ mengalami penurunan terjadi pada spesimen 4 dengan arus sebesar 185A pada sudut las 110° dengan nilai kekerasan 169,4 HVN.

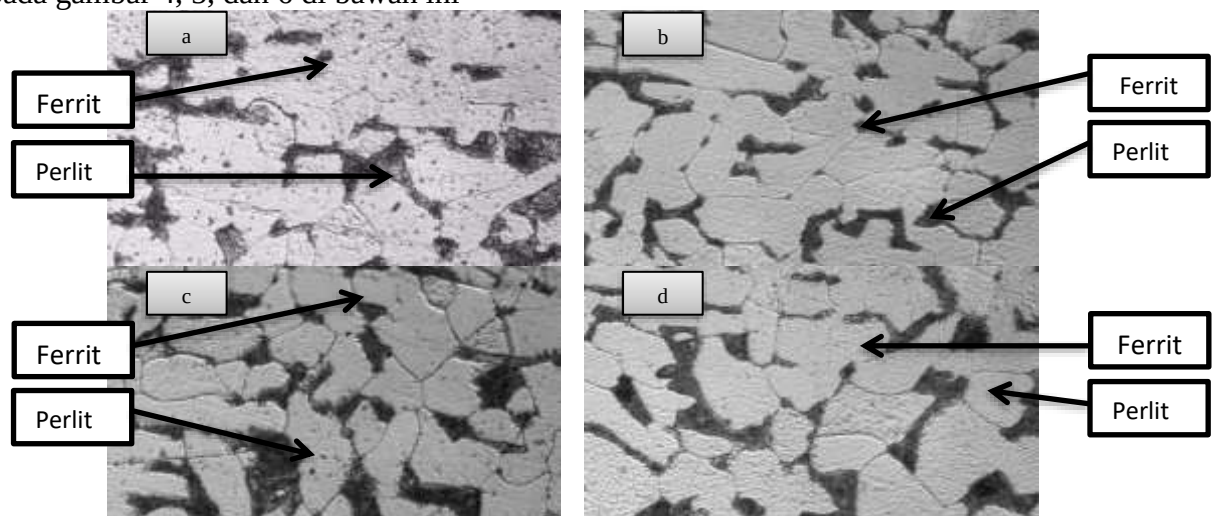
Berdasarkan hasil pengujian kekerasan, nilai kekerasan *base metal* tertinggi ada pada sudut las 110° pada spesimen 4 dengan arus sebesar 185A dengan nilai kekerasan 142,5 HVN. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan, nilai kekerasan pada *base metal* mengalami penurunan terjadi pada spesimen 3 dan 4 dengan arus sebesar 155A dan 185A pada sudut las 70° dengan nilai kekerasan 137,5 HVN. Nilai kekerasan naik turun terjadi karena semakin tinggi arus listrik yang dipakai saat pengelasan maka kekerasan hasil las semakin meningkat. Dan nilai kekerasan ini cenderung meningkat akibat pengaruh dari sudut las dan arus.

Analisis Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui bentuk atau perubahan suatu struktur mikro hasil dari proses pengelasan. Pada pengamatan struktur mikro dilakukan pembesaran dengan menggunakan mikroskop optik yaitu pembesaran 500x, daerah yang diamati yaitu weld metal, HAZ (Heat Affected Zone), dan base metal.

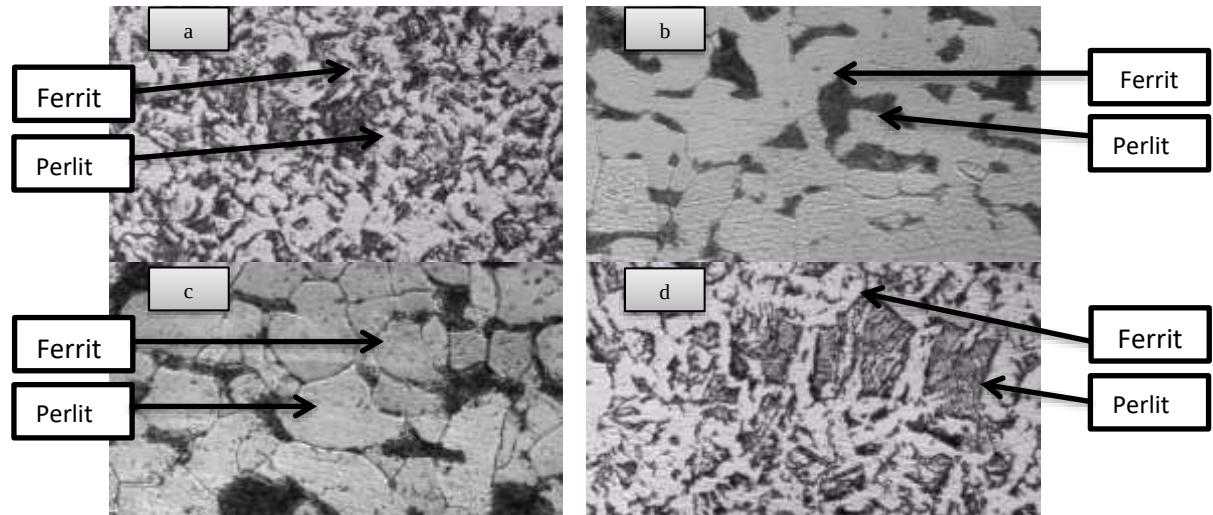
Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan Sudut 70°.

Pada penelitian ini menggunakan kamera mikroskop optik dan untuk hasil pengamatan struktur mikro hasil pengelasan GMAW baja ASTM A36 dengan sudut 70° dapat dilihat pada gambar 4, 5, dan 6 di bawah ini



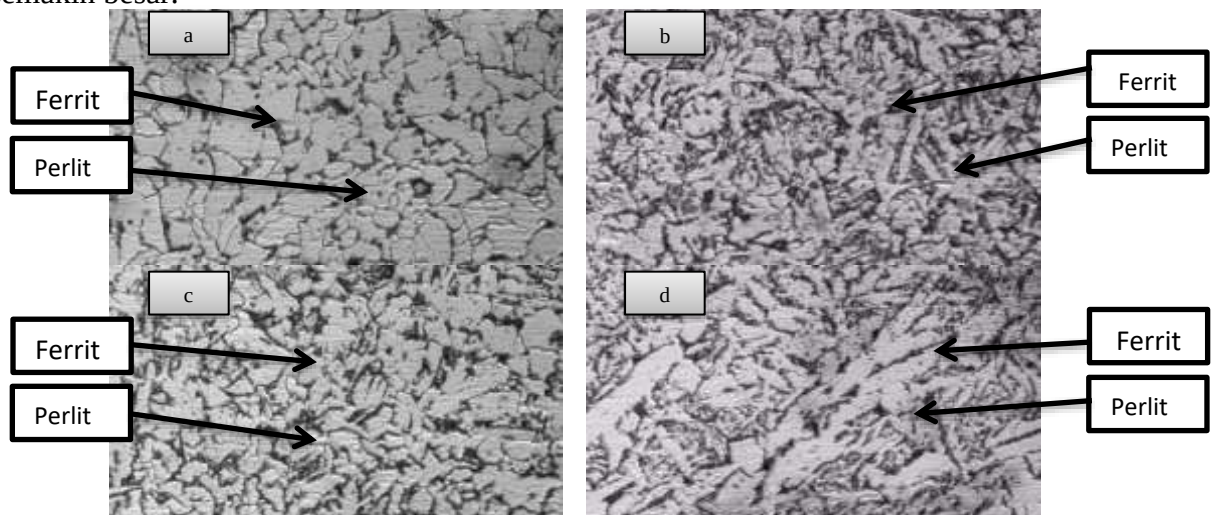
Gambar 4. Struktur Mikro *Base Metal* dengan Sudut 70° pembesaran 500x (a) spesimen 95A, (b) spesimen 125A, (c) spesimen 155A, (d) spesimen 185A

Pada Gambar 4 merupakan hasil struktur mikro pada spesimen *base metal* pengelasan baja ASTM A36 pada sudut pengelasan 70°. Struktur mikro *base metal* pada gambar 3 (a), (b), (c) dan (d) masih dapat dilihat kandungan unsur atau fasa *ferrite* (terang) dan *pearlite* (gelap). Dimana fasa *ferrite* terbentuk karena pada saat melakukan pengelasan terjadinya pendinginan yang tidak stabil dan waktu yang lambat, sehingga fasa *ferrite* bersifat lebih lunak, ulet dan konduktivitas tinggi. Selain itu pada *base metal* terdapat fasa *pearlite* yang lebih sedikit terbentuk dikarenakan kandungan unsur C (karbon) lebih kecil sehingga *pearlite* ini memiliki sifat yang keras dan getas.



Gambar 1. Struktur Mikro HAZ dengan Sudut 70° pembesaran 500x (a) spesimen 95A, (b) spesimen 125A, (c) spesimen 155A, (d) spesimen 185A

Pada Gambar 5 merupakan hasil struktur mikro pada spesimen daerah HAZ pengelasan baja ASTM A36 pada sudut pengelasan 70°. Dari hasil pengamatan struktur mikro diatas menunjukan bahwa pada gambar 5 (a) spesimen dengan arus 95 A menunjukan fasa yang terbentuk adalah fasa lebih dominan *ferrite* (terang) dan fasa *pearlite* (gelap) terlihat besar. Pada gambar 5 (b) dan (c) spesimen dengan arus 125 A dan 155 A fasa yang terbentuk fasa *ferrite* (terang) lebih dominan dibandingkan dengan fasa *pearlite* (gelap). Kemudian pada gambar 5 (d) spesimen dengan arus 185 A fasa yang terbentuk didominasi oleh fasa *pearlite* (gelap) dibandingkan fasa *ferrite* (terang) dan penyebaran fasa *pearlite* semakin besar.



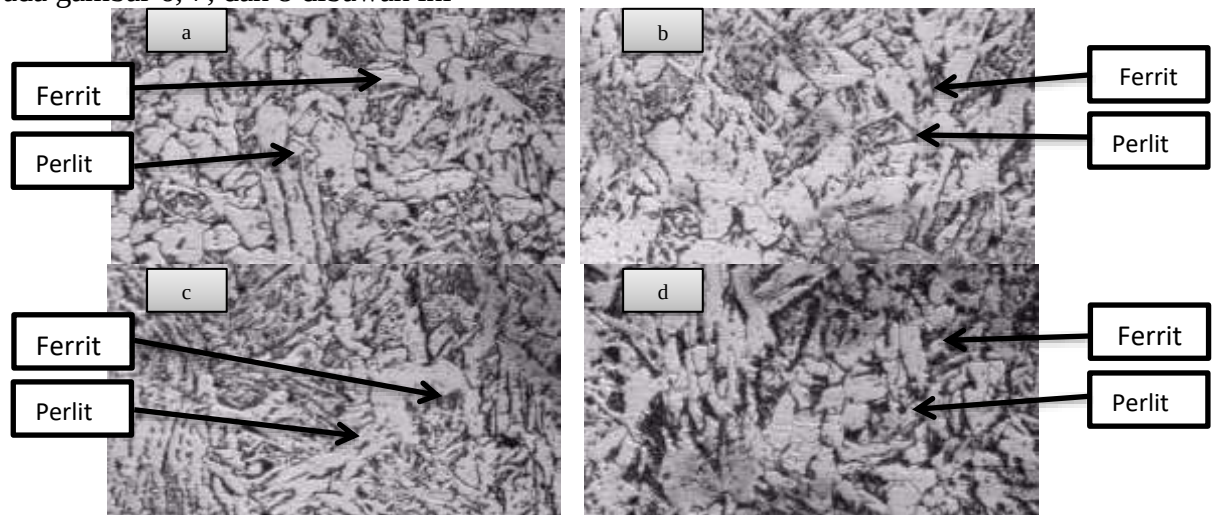
Gambar 2. Struktur Mikro Weld Metal dengan Sudut 70° pembesaran 500x (a) spesimen 95 A, (b) spesimen 125 A, (c) spesimen 155 A, (d) spesimen 185 A

Pada Gambar 6 merupakan hasil struktur mikro pada spesimen *weld metal* pengelasan baja ASTM A36 pada sudut pengelasan 70°. Dari hasil pengamatan struktur mikro diatas menunjukan bahwa pada gambar 6 (a) spesimen dengan arus 95 A menunjukan fasa yang terbentuk adalah fasa lebih dominan *ferrite* (terang) dibandingkan fasa *pearlite* (gelap) dan memiliki struktur *pearlite* lebih halus. Pada gambar 6 (b) spesimen dengan arus 125 A fasa yang terbentuk fasa *ferrite* (terang) lebih dominan dibandingkan dengan fasa *pearlite* (gelap). Spesimen dengan arus 155 A gambar 6 (c) daerah *weld metal* fasa yang terbentuk

fasa *pearlite* (gelap) dan *ferrite* (terang) tetapi penyebaran *pearlite* lebih banyak dibandingkan dengan gambar 6 (b) spesimen arus 125 A. Kemudian pada gambar 6 (d) spesimen dengan arus 185 A fasa yang terbentuk didominasi oleh fasa *pearlite* (gelap) dibandingkan fasa *ferrite* (terang) dan memiliki struktur *pearlite* lebih kasar. Sehingga menunjukkan bahwa struktur dari material di daerah *weld metal* dengan arus 185 A lebih keras dari pada arus 95 A, 125 A dan arus 155 A.

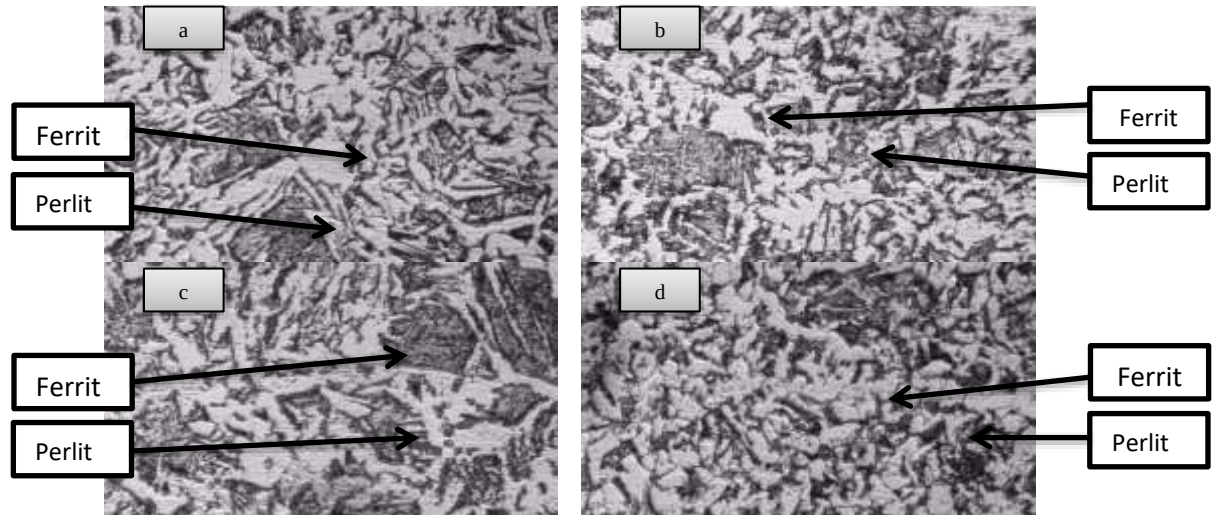
Hasil Pengamatan Struktur Mikro dengan Sudut 110°

Pada penelitian ini menggunakan kamera mikroskop optik dan untuk hasil pengamatan struktur mikro hasil pengelasan GMAW baja ASTM A36 dengan sudut 110° dapat dilihat pada gambar 6, 7, dan 8 dibawah ini



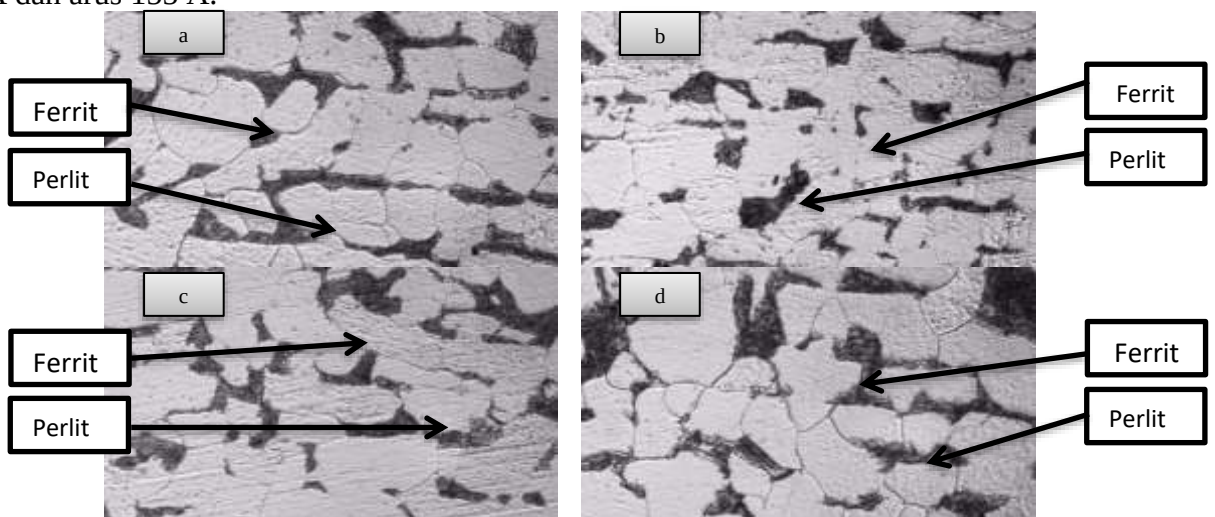
Gambar 3. Struktur Mikro *Weld Metal* dengan Sudut 110° pembesaran 500x (a) spesimen 95A, (b) spesimen 125A, (c) spesimen 155A, (d) spesimen 185A

Pada Gambar 7 merupakan hasil struktur mikro pada spesimen *weld metal* pengelasan baja ASTM A36 pada sudut pengelasan 110°. Dari hasil pengamatan struktur mikro diatas menunjukkan bahwa pada gambar 7 (a) spesimen dengan arus 95 A menunjukan fasa yang terbentuk adalah fasa *ferrite* (terang) dan fasa *pearlite* (gelap), namun lebih dominan fasa *ferrite*. Pada gambar 7 (b) spesimen dengan arus 125 A fasa yang terbentuk fasa *ferrite* (terang) dengan fasa *pearlite* (gelap) dan memiliki struktur *pearlite* lebih halus. Spesimen dengan arus 155 A gambar 7 (c) daerah *weld metal* fasa yang terbentuk fasa *pearlite* (gelap) dan *ferrite* (terang) tetapi penyebaran *pearlite* lebih merata. Kemudian pada gambar 7 (d) spesimen dengan arus 185 A fasa yang terbentuk didominasi oleh fasa *pearlite* (gelap) dibandingkan fasa *ferrite* (terang) dan memiliki struktur *pearlite* lebih kasar. Sehingga menunjukkan bahwa struktur dari material di daerah *weld metal* dengan arus 185 A lebih keras daripada arus 95 A, 125 A dan arus 155 A.



Gambar 4. Struktur Mikro HAZ dengan Sudut 110° pembesaran 500x (a) spesimen 95A, (b) spesimen 125A, (c) spesimen 155A, (d) spesimen 185A

Pada gambar 8 diatas menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada daerah HAZ pengelasan baja ASTM A36 pada sudut pengelasan 110°. Dari hasil pengamatan struktur mikro diatas menunjukkan bahwa pada gambar 8 (a) spesimen dengan arus 95 A menunjukkan fasa yang terbentuk adalah fasa *ferrite* (terang) dan fasa *pearlite* (gelap), namun lebih dominan fasa *ferrite*. Pada gambar 8 (b) spesimen dengan arus 125 A fasa yang terbentuk fasa *ferrite* (terang) dengan fasa *pearlite* (gelap) dan memiliki struktur *pearlite* lebih halus. Spesimen dengan arus 155 A gambar 8 (c) daerah HAZ fasa yang terbentuk fasa *pearlite* (gelap) dan *ferrite* (terang) tetapi penyebaran *pearlite* lebih merata. Kemudian pada gambar 8 (d) spesimen dengan arus 185 A fasa yang terbentuk didominasi oleh fasa *pearlite* (gelap) dibandingkan fasa *ferrite* (terang), dimana struktur *pearlite* lebih kasar dan juga terbentuk struktur mikro martensit yang benbentuk jarum-jarum halus. Sehingga menunjukkan bahwa struktur dari material di daerah HAZ dengan arus 185 A lebih keras daripada arus 95 A, 125 A dan arus 155 A.



Gambar 5. Struktur Mikro Base Metal dengan Sudut 110° pembesaran 500x (a) spesimen 95A, (b) spesimen 125A, (c) spesimen 155A, (d) spesimen 185A

Dari gambar 9 diatas menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada daerah *base metal* pengelasan baja ASTM A36 pada sudut pengelasan 110°. Dari hasil pengamatan struktur mikro diatas menunjukkan bahwa pada gambar 9 (a) spesimen dengan arus 95 A

menunjukkan fasa yang terbentuk adalah fasa *ferrite* (terang) dan fasa *pearlite* (gelap), namun fasa *ferrite* lebih banyak dibanding fasa *pearlite*. Pada gambar 9 (b) spesimen dengan arus 125 A fasa yang terbentuk fasa *ferrite* (terang) dan fasa *pearlite* (gelap) yang penyebarannya tidak merata dan juga ukurannya lebih kecil dari gambar 9 (a). Pada gambar 9 (c) spesimen dengan arus 155 A fasa yang terbentuk fasa *ferrite* (terang) dan fasa *pearlite* (gelap), namun struktur mikro *pearlite* terlihat lebih halus. Pada gambar 9 (d) spesimen dengan arus 185 A yang terbentuk yaitu fasa *ferrite* (terang) dan fasa *pearlite* (gelap), akan tetapi pada struktur mikro *pearlite* ini terlihat lebih kasar. Sehingga menunjukkan bahwa struktur dari material di daerah *base metal* dengan arus 185 A lebih keras daripada arus 155 A, 125 A dan 95 A.

SIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan maka diperoleh nilai kekerasan tertinggi ada pada variasi sudut 70° spesimen 4 dengan arus 185 A yaitu daerah weld metal sebesar 217,1 HV, daerah HAZ sebesar 178,7 HV, dan pada base metal nilai kekerasan tertinggi ada pada variasi sudut 110° spesimen 4 dengan arus 185 A yaitu sebesar 142,5 HV. Sedangkan nilai kekerasan terendah ada pada variasi sudut 110° spesimen 1 dengan arus 95 A yaitu daerah weld metal sebesar 180,9 HVN, daerah HAZ sebesar 145,7 HV, dan pada base metal nilai kekerasan terendah ada pada variasi sudut 70° spesimen 1 dengan arus 95 A yaitu sebesar 121,4 HV. Pada penggunaan variasi sudut dengan besar arus 95 A, 125 A, 155A dan 185 A, semakin besar sudut dan besar arus yang digunakan mengakibatkan penurunan dan peningkatan nilai kekerasan. Pada pengamatan struktur mikro pengelasan variasi 70° dan 110° ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kekerasan maka fasa *pearlite* (gelap) lebih banyak dan juga kasar, dan sebaliknya semakin rendah nilai kekerasan maka fasa *ferrite* (terang) lebih banyak dibandingkan dengan fasa *pearlite* (gelap).

DAFTAR PUSTAKA

- Hasyim, F., Bondan Respati, S. M., & Syafa'at, I. (2019). Analisis Pengaruh Kuat Arus Dan Posisi Las Pada Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Bahan Baja Hollow A36 Setelah Di Quenching. 150–155.
- Heru Sudargo, P., & Teguh Baroto, B. (2017). Pengaruh Filler Dan Arus Listrik Pengelasan Logam Tak Sejenis Baja (AISI 1045) Dengan Baja Tahan Karat (AISI 316L) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. Prosiding SNST Fakultas Teknik, 1(1), 41. https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/1836
- Juwanda, Saifuddin, & Marzuki. (2021). Analisa pengaruh kuat arus hasil pengelasan GMAW terhadap kekerasan material ASTM A 36. Journal of Welding Technology, 3(1), 6–11.
- Kadir, H., Dwi Haryadi, G., Nugroho, S., & Jeon, K. (2014). Pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan GMAW Baja Tahan Karat Austenitik Aisi 316L Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik. Prosiding SNST Fakultas Teknik, 1(1), 78–83. https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/1003

- Nugroho, A., & Setiawan, E. (2018). Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Sambungan Las Plate Carbon Steel ASTM 36. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 3(2), 134–142.
- Prayogi, A., & Suhardiman. (2019). Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah. *Jurnal Polimesin*, 17(2), 29–37.
- Qomari, A. N., Solichin, & Hutomo, P. T. (2015). Pengaruh Pola Gerakan Elektrode Dan Posisi Pengelasan Terhadap Kekerasan Hasil Las Pada Baja ST60. *Jurnal Teknik Mesin*, 2, 1–8.
- Sudarsono, Hidayat, Aminur, Pranoto, S., & Aksar, P. (2021). Analisa Kekuatan Mekanis Sambungan Las Kampuh V Tunggal Dan V Ganda Pada Baja Karbon Rendah Dengan Proses Pengelasan SMAW. *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 12(2), 103–108. <https://doi.org/10.33772/DJITM.V12I2.19894>
- Sulistyo, B., Purwanto, H., & Syafa'at, I. (2013). Analisis Pengaruh Arus Pengelasan GMAW Terhadap Struktur Makro, Mikro Dan Sifat Mekanik Pada Material Baja Karbon ASTM A36. 17, 36–42.
- Surasno. (2006). Pengaruh Celah pada Sambungan Las T Proses SMAW Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah. *Berita Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 20, 10–16.
- Zaki, M., Harlin, H., & Syofii, I. (2021). Pengaruh Perlakuan Panas Quenching Terhadap Laju Korosi Pada Material Baja St 37. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 8(2), 151–160. <https://doi.org/10.36706/jptm.v8i2.8980>
- Suratman, R. (1994). *Panduan Proses Perlakuan Panas*. Lembaga Penelitian, Institut Teknologi Bandung.