



## **Analisis Kuat Arus *Dissimilar Welding* Terhadap Metalografi, Nilai Kekerasan dan Uji Torsi Proses *Arc Stud Welding* Pada Produk Hopper**

Moh. Syaiful Amri<sup>1\*</sup>, Mukhlis<sup>1</sup>, Bachtiar<sup>1</sup>, Muhammad Ari<sup>1</sup>, Faiz Hamzah<sup>1</sup>, Alvalo Toto Wibowo<sup>1</sup>, Annas Dwi Isworo<sup>1</sup>, Irgi Firmansyah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, ITS, Sukolilo, 60111, Indonesia*

**Abstrak.** Industri manufaktur memainkan peran penting dalam meningkatkan perekonomian nasional. Salah satu metode penyambungan logam yang saat ini digunakan adalah pengelasan arc stud welding. Pengelasan stud sendiri digunakan untuk pengelasan baut yang berguna untuk menyambung bagian pada suatu konstruksi baja. Penelitian ini dilakukan dengan variasi parameter kuat arus 200A, 400A, dan 600A dengan waktu pengelasan 1 detik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan parameter terbaik untuk mengetahui kedalaman penetrasi, heat affected zone dan zona fusi sambungan pengelasan pada material A36, tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan parameter yang ideal. Hasil pengujian makro menunjukkan bahwa tidak ada cacat seperti retak pada dasar logam, HAZ atau weld metal, atau cacat lainnya seperti persyaratan penerimaan ASME sec. IX. Selain itu, karena tidak ada masukan panas yang maksimal pada area dasar logam A36 dan SS 304, hasil pengujian mikro tidak menunjukkan perubahan yang cukup signifikan. Pada pengujian hardness daerah weld metal memperoleh nilai tertinggi, dengan nilai rata-rata terendah 192,85 HVN pada spesimen stud 1, dan nilai rata-rata tertinggi pada spesimen stud 3 adalah 201,59 HVN. Pada pengujian torsi menunjukan bahwa variasi kuat arus dan waktu pengelasan mempengaruhi besar nilainya uji torsi, pada spesimen 9 menunjukan mencapai kekuatan hingga 80 Nm.

*Katakunci:* Arc Stud Weld, kuat arus, Metalografi, Nilai kekerasan, Uji Torsi.

**Abstract.** The manufacturing industry plays an important role in improving the national economy. One of the metal joining methods currently used is arc stud welding. Stud welding is used for welding bolts which are useful for connecting parts in a steel construction. This research was conducted with variations in current strength parameters of 200A, 400A, and 600A with welding times of 1 second. The purpose of this research is to find the best parameters to determine the depth of penetration, heat affected zone and fusion zone of welding joints in A36 material, the purpose of this research is to find the ideal parameters. Macro testing results show that there are no defects such as cracks in the base metal, HAZ or weld metal, or other defects such as ASME sec. IX acceptance requirements. In addition, since there was no maximum heat input in the base metal areas of A36 and SS 304, the micro test results did not show significant changes. In the hardness test, the weld metal region obtained the highest value, with the lowest average value of 192.85 HVN in stud 1 specimen, and the highest average value in stud 3 specimen was 201,59 HVN. The torque test shows that variations in current strength and welding time affect the value of the torque test, in specimen 3 shows reaching a strength of up to 80 Nm.

*Keywords:* Arc Stud Welding, Current Strength, Hardness Test, Metalography test, Torque Test

## Pendahuluan

Pada suatu Perusahaan yang bergerak dalam bidang *fabrication, engineering, pembangunan pabrik yang mencakup (civil, structure, piping, metal duct, dan instrument)*, serta pekerjaan *commissioning* mendapatkan proyek pembangunan *hopper*. Dimana dalam pembangunannya, ada beberapa metode pengelasan yang dipakai untuk penyambungan logam salah satunya adalah *Arc Stud Welding (ASW)*. *Arc Stud Welding* sendiri digunakan untuk pengelasan baut pondasi yang berguna untuk menyambung bagian suatu konstruksi baja. *Arc Stud Welding* sendiri terbagi menjadi dua macam yaitu *Capasitor Discharge Stud Welding* dan *Arc Stud Welding*. Proses Pengelasan ini tidak menggunakan bahan tambahan atau elektroda. Pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerja dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekanan dan pematrian. Pengelasan tekanan adalah salah satu cara dimana kedua benda kerja yang akan disambung itu dipanaskan dengan menggunakan las stud jenis *Arc Stud Welding*. Proses pengelasan *Arc Stud Welding* sendiri melibatkan penggunaan busur listrik untuk menyambungkan pengikat ke logam dasar (Mezher, 2022). Prosesnya hanya sepersekian detik.

Pada proyek pembangunan *hopper* tersebut menggunakan material baja A36. Pada standart ASTM, A36 menetapkan spesifikasi untuk baja karbon struktural yang digunakan dalam struktur terpasang, dibaut, dan dilas untuk jembatan, konstruksi serta bagian baja karbon. Untuk baut yang di las di baja A36 menggunakan material stainless steel type 304, yang merupakan material yang berbeda dengan material hoppernya, sehingga ada sambungan las dissimilar. Hasil dari pengelasan *Arc Stud Welding* setelah dilakukan visual test ditemukan beberapa hasil pengelasan yang tidak fusi diakibatkan oleh arus pengelasan yang tidak sesuai dapat mempengaruhi kualitas hasil pengelasan (Khotasa, 2016).

Pada penelitian ini, peneliti melakukan Analisis kuat arus terhadap sambungan dissimilar pada pengelasan *stud welding* terhadap struktur makro, mikro, nilai kekerasan dan kuat torsi.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Arc Stud Welding

*Arc Stud Welding (ASW)* adalah prosedur perakitan yang secara konsisten digunakan untuk melebur dan menyambung stud ke lembaran atau plat dengan berbagai logam dan ketebalan, di mana panas dipindahkan antara *stud* dan pelat (Mezher, 2022). *Arc welding stud* melibatkan prinsip - prinsip dasar yang sama dan aspek metalurgi sebagai prosedur las busur lainnya. *stud* di masukkan ke *hand gun* atau pistol las dengan jarak yang pendek dari logam dasar dan memulai busur listrik yang dikendalikan dari sumber listrik yang akhirnya mencair. *Ferrule* keramik yang berisi logam cair di dorong otomatis dan las berkualitas tinggi fusi telah di dapat. *Arc stud welding* umumnya digunakan untuk mengelas *stud* yang diameter yang lebih besar untuk logam dasar tebal. *Arc stud welding* memiliki banyak model atau desain. Baja ringan, *stainless steel*, dan aluminium adalah bahan berlaku untuk pengelasan *arc stud welding*.

### 2.2 Kuat Arus

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu

rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi - rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi. Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda, tebal bahan yang dilas, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan, diameter inti elektroda, posisi pengelasan (Khotasa, 2016). Penggunaan variasi arus yang berbeda pada proses pengelasan menghasilkan sifat mekanik yang berbeda- beda (Caron, 2016). Pengaruh dari kuat arus juga berpengaruh pada kualitas pengelasan, kuat arus yang tepat memastikan bahwa logam pengisi dan logam dasar mencair dengan baik, membentuk sambungan yang kuat dan berkualitas. Arus yang terlalu rendah bisa menyebabkan pengelasan yang tidak merata, sedangkan arus yang terlalu tinggi bisa mengakibatkan *overheat* dan kerusakan. Dampak dari kuat arus yang tepat juga mempengaruhi karakteristik pengelasan seperti penampilan, penetrasi, dan kecepatan pengelasan. Menjaga kuat arus pada tingkat yang sesuai adalah kunci untuk proses pengelasan yang efektif dan aman.

### 3. Metode

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa metode pengelasan *arc stud welding* sebagai metode pengelasan dengan menggunakan material A36 dan *stud bolt* SS 304. Adapun variasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menggunakan kuat arus dan waktu pengelasan.

Komposisi kimia pada material A36 dan SS 304 seperti ditunjukkan pada tabel 1 dan 2 berikut:

**Tabel 1.** Komposisi kimia material A36

No	Unsur Paduan	Komposisi
1	<i>Carbon</i>	0.25
2	<i>manganese</i>	1.20
3	<i>Phosphorus</i>	0.40
4	<i>Sulfur</i>	0.05
5	<i>Silicon</i>	0.04
6	<i>Cuprun</i>	0.2

**Tabel 2.** Komposisi kimia material SS 304

No	Unsur Paduan	Komposisi
1	<i>Carbon</i>	0.030
2	<i>Nickel</i>	8.0
3	<i>Chromium</i>	17.5
4	<i>Silicon</i>	0.75
5	<i>Manganese</i>	2.00
6	<i>phosporus</i>	0.045
7	<i>Sulfur</i>	0.030

Proses pengelasan menggunakan mesin las *arc stud welding*, dengan ketebalan material A36 10 mm. jenis sambungan pengelasan yang digunakan adalah *T joint*. Data *actual* proses pengelasan *arc stud welding*, ditunjukkan pada tabel 3.

**Tabel 3.** Parameter Pengelasan




Marking Material	Proses Pengelasan	Ampere (A)	Welding time
STUD 1	Stud Welding	200 A	1s
STUD 2	Stud Welding	400 A	1s
STUD 3	Stud Welding	600 A	1s

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Visual Inspection

Beberapa hal yang diperhatikan pada saat dilakukan uji visual meliputi *crack*, *incomplete fusion*, *overlap*, *undercut*, dan *porosity* yang terjadi pada spesimen las. Berikut hasil uji dari spesimen dengan menggunakan metode pengelasan *arc stud welding* dengan variasi arus dan waktu pengelasan. Dari beberapa hasil uji visual, permukaan las dapat dilihat bahwa tidak adanya cacat yang terlihat. Berikut data tabel dan dokumentasi saat dilakukan uji visual dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

**Tabel 4.** Hasil *Visual Inspection*

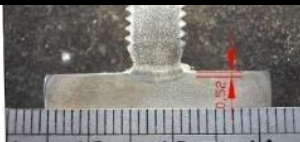
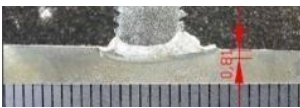
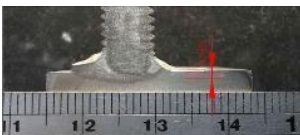
Variasi	Dokumentasi Visual
<p>Ampere 200</p> <p>Welding time 1.00s</p>	
<p>Ampere 400</p> <p>Welding time 1.00s</p>	
<p>Ampere 600</p> <p>Welding time 1.00s</p>	

Dari hasil *visual inspection* tidak ditemukannya cacat pengelasan pada permukaan las.

### 3.2 Macro Test

Macroscopic examination ini didefinisikan sebagai pengujian yang dapat dilakukan dengan mata telanjang atau dengan alat bantu pembesaran yang relatif rendah (kurang dari x50) yang dapat dilakukan dengan proses etsa. Pegujian makro dilakukan untuk mengetahui pengaruh kuat arus dan variasi Welding Time pada pengelasan Stud Welding terhadap kedalaman penetrasi setelah dilakukan pengelasan. Berikut foto makro pada setiap specimen dapat dilihat pada Tabel 5 berikut untuk proses pengelasan Stud Welding.

**Tabel 5.** Hasil pengujian Makro

No	Kode	Variasi Pengelasan	Hasil Makro	Kedalaman Penetrasi
1	STUD 1	200 A 1 DETIK		0,52 mm
2	STUD 2	400 A 1 DETIK		0,81 mm
3	STUD 3	600 A 1 DETIK		0,95 mm

Dari hasil pengujian makro diatas, dapat dianalisis bahwa pengaruh kuat arus dan waktu pengelasan memiliki dampak terhadap kedalaman penetrasi yang disebabkan dari pengelasan *Stud*. *Acceptence criteria* yang tercantum pada ASME sec. IX diantaranya adalah tidak terdapat retakan pada daerah HAZ. Dari hasil pengujian makro diatas dapat disimpulkan bahwa seluruh *specimen* dinyatakan diterima menurut *acceptence criteria* pada (ASME Section IX, 2023).

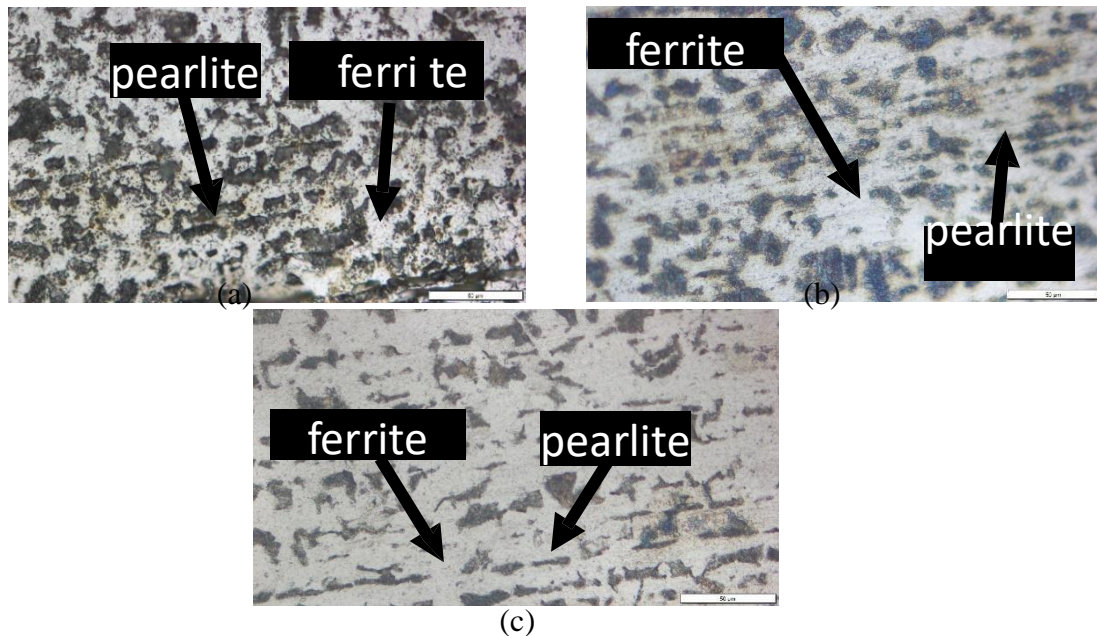
Dengan tidak adanya indikasi cacat, dapat disimpulkan bahwa parameter pengelasan yang diterapkan telah berhasil menghasilkan sambungan las yang solid dan bebas dari kerusakan struktural. Hasil ini menguatkan bahwa metode pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan standar yang berlaku dan dapat diandalkan untuk menghasilkan sambungan las berkualitas tinggi. Kedalaman penetrasi paling rendah didapatkan pada *stud 1* variasi kuat arus 200 mendapatkan nilai sebesar 0,52 mm. Nilai kedalaman penetrasi paling tinggi didapatkan pada *stud 3* dengan variasi kuat arus 600 yaitu 0.95 mm. Pengaruh dari kuat arus berdampak pada kedalaman penetrasi, dengan semakin bertambahnya kuat arus maka semakin dalam juga penetrasi yang dihasilkan.

### 3.3. Mikro Tes

#### 3.3.1 Base Metal A36

Terdapat dua fasa pada struktur mikro baja karbon, yaitu *pearlite* dan *ferrite*. *Pearlite* didefinisikan sebagai daerah yang gelap pada struktur mikro. Fasa *pearlite* terdapat di

sepanjang batas butir *ferrite*. Semakin lama waktu pengelasan sehingga masukan panas yang tinggi memberikan laju pendinginan yang rendah, sehingga *ferrite* dan *pearlite* akan membentuk ikatan semakin besar dan kasar yang dapat menghasilkan kekerasan yang menurun pada hasil pengelasan (Kaçar, 2018).

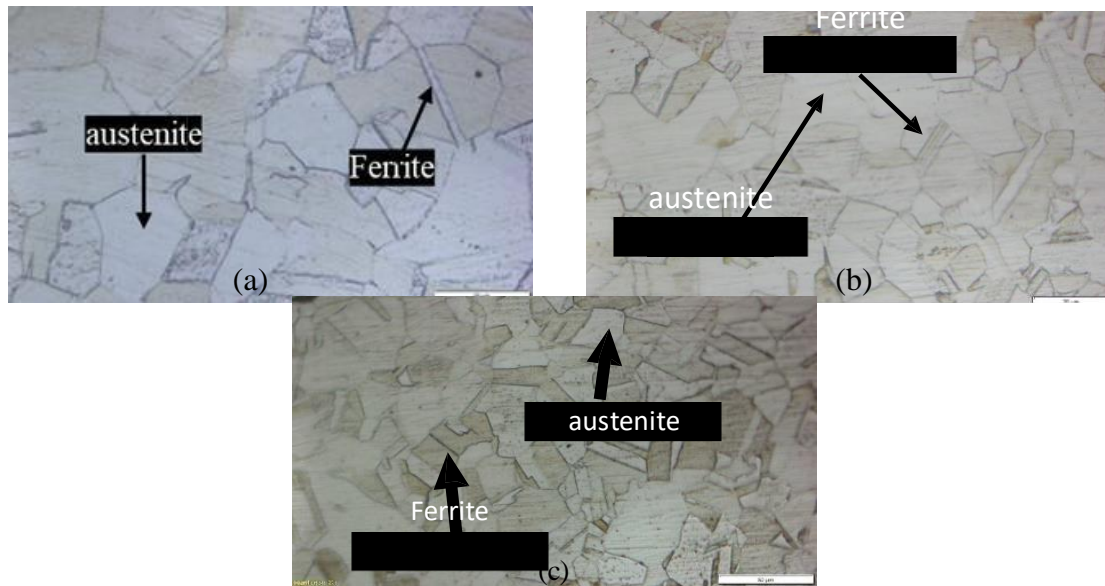


**Gambar 1.** Hasil Pengujian Mikro *Base Metal A36* (a) kuat arus 200 (b) kuat arua 400 (c) kuat arus 600

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa struktur mikro pada base metal baja karbon A36 bahwa fasa yang terdapat pada daerah base metal A36 tersebut terdapat fasa *pearlite* dan *ferrite*. Hal tersebut karena pada material baja karbon A36 tidak diberikan perlakuan khusus yang dapat merubah fasa pada mikro struktur baja karbon A36. Pada hasil struktur mikro daerah *base metal* terdiri dari fasa *ferrite* dan *perlite* dimana fasa *ferrite* bentuk butirnya pipih berwarna terang dan memiliki keuletan yang baik, sedangkan fasa *pearlite* bentuk butirnya berwarna gelap dan memiliki sifat yang cukup keras tetapi getas (Nurcholis, 2022). Fasa *ferrite* merupakan larutan padat dari atom murni yang mempunyai sel - sel kubus dan memiliki sifat yang lebih lunak, sedangkan *pearlite* juga tersusun oleh lapisan-lapisan halus dan memiliki sifat yang lebih kuat dan keras dari pada *ferrite* (Winardi, 2020).

### 3.3.2. *Base Metal SS 304*

Struktur mikro pada daerah *base metal SS 304* pada spesimen dengan menggunakan perbesaran 500x yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini:

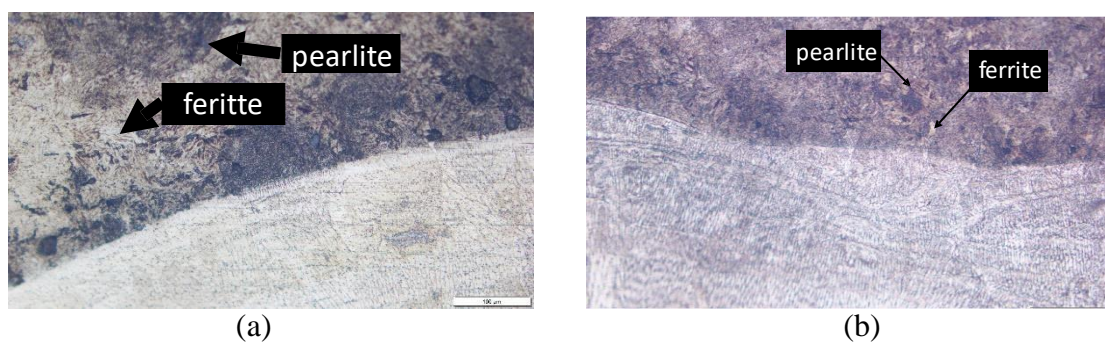


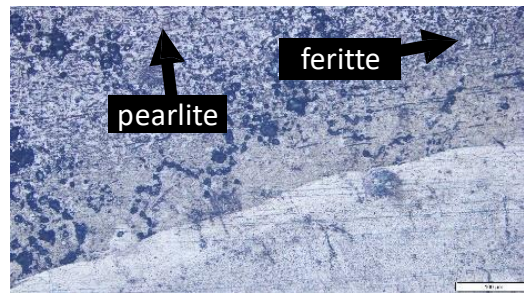
**Gambar 2.** Hasil Pengujian Mikro *Base Metal* SS 304 (a) kuat arus 200 (b) kuat 400 (c) kuat 600

Pada struktur mikro *base metal austenitic stainless steel* terdapat fasa *austenite* dan *ferrite*. Unsur pembentuk fasa *austenite* pada material *stainless steel 304* diantaranya adalah karbon, *mangan*, *nikel*, dan *nitrogen* dimana fasa *austenite* pada struktur mikro pada Gambar 2 di atas berwarna terang. *Ferrite* pada *austenitic* terbentuk dari unsur kromium dan *silicon*. dimana fasa *ferrite* terlihat berwarna gelap dimana kandungan *ferrite* kurang dari 2% dari kandungan fasa yang ada (Lippold). Dapat diketahui pada daerah *base metal* tidak mengalami perubahan struktur mikro pada variasi arus dan waktu pengelasan dikarenakan tidak terpengaruh oleh masukan panas yang berlebih. Tidak di temukan perbedaan fasa yang signifikan pada variasi kuat arus maupun variasi waktu pengelasan, karena pada area *base metal* SS 304 ini terpengaruh panas akibat pengelasan tetapi tidak sampai melewati suhu kritis sehingga tidak terjadi fenomena perubahan fasa di area ini (Suleimanov, 2018).

### 3.3.3 HAZ A36

Struktur mikro pada daerah HAZ pada material A36 dengan variasi arus dapat ditunjukkan pada Gambar 3 dengan menggunakan perbesaran sebesar 200x pada berikut ini:





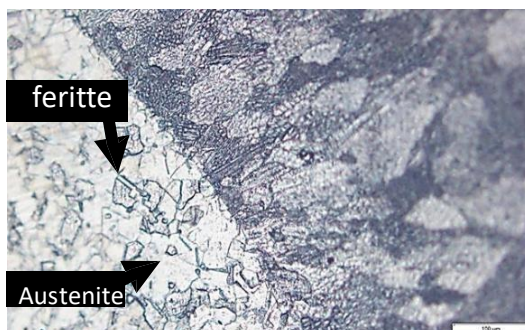
(c)

**Gambar 3.** Hasil Pengujian Mikro HAZ A36 (a) kuat arus 200 (b) kuat 400 (c) kuat 600

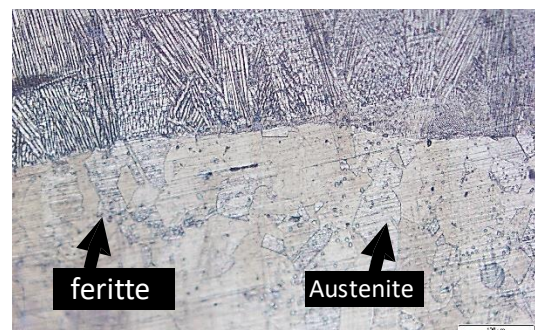
Pada daerah HAZ material A36 terlihat bahwa Area HAZ pada material di dominasi oleh fase *pearlite* dan *ferrite*. Hal ini disebabkan oleh proses pengelasan dimana area HAZ menerima masukan panas atau kenaikan temperatur yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan area base metal dengan laju pendinginan yang cepat. Fasa *ferrite*, yang dikenal memiliki sifat lunak dan tangguh, adalah fasa yang dominan pada baja karbon rendah. Ini terutama terbentuk dalam kondisi pendinginan lambat, di mana difusi karbon dapat terjadi secara efektif. Sebaliknya, *pearlite* adalah struktur *lamelar* yang terdiri dari lapisan *ferrite* dan *sementit* yang berbeda, yang memberikan kombinasi kekuatan dan ketangguhan. Pembentukannya terjadi pada tingkat pendinginan yang memungkinkan karbon untuk menyebar dan mengendap bersama *ferrite* sebagai *sementit*. Komposisi kimia material, laju pendinginan, dan parameter pengelasan yang digunakan, seperti panas input dan kecepatan pengelasan, sangat memengaruhi kehadiran fase-fase ini di HAZ.

#### 3.3.4 HAZ SS 304

Berikut adalah hasil dari pengujian struktur mikro pada daerah HAZ *austenitic stainless steel*. Gambar 4 menunjukkan struktur mikro dari setiap variasi dan fasa pada struktur mikro HAZ *austenitic stainless steel*. Pada spesimen di bawah terlihat hanya terdapat fasa *austenite* dan *ferrite* yang merupakan fasa paling umum pada material tipe *austenitic stainless steel*. Tidak adanya perbedaan struktur mikro pada daerah HAZ yang berbeda dikarenakan hanya terpengaruh panas pada dari proses pengelasan.

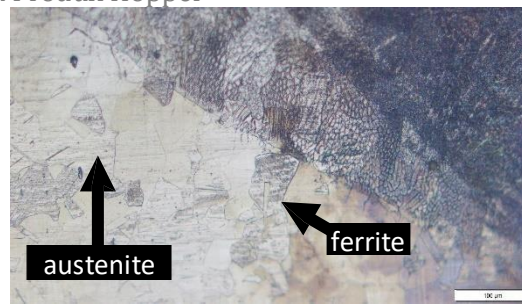


(a)



(b)





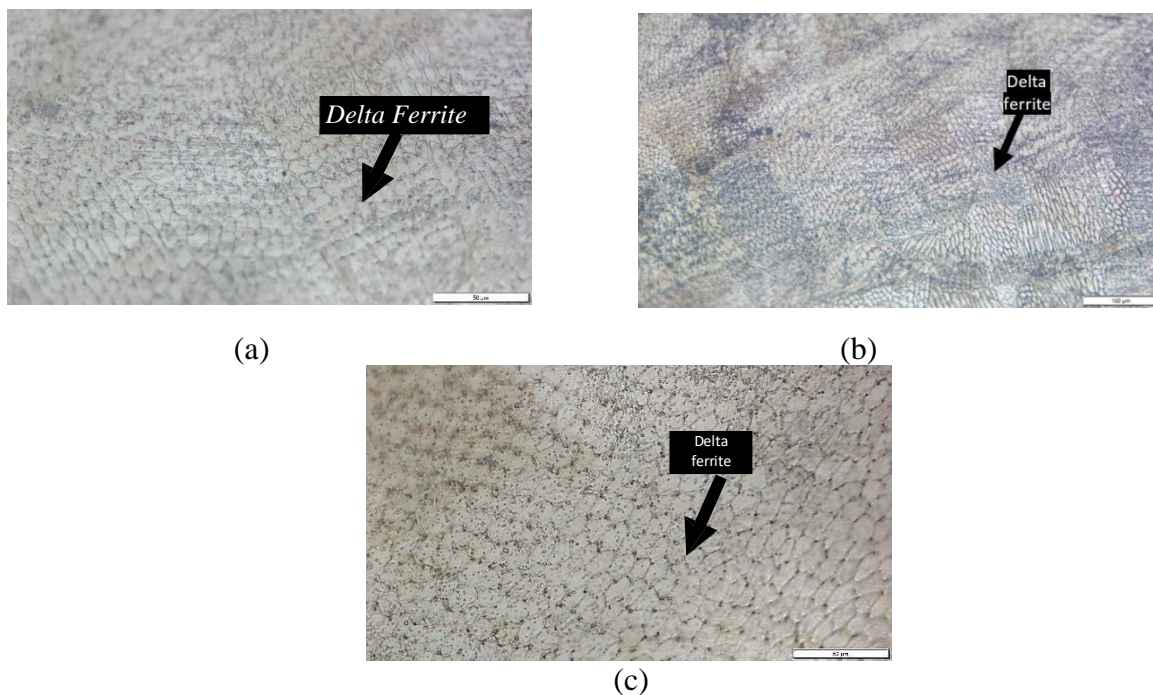
(c)

**Gambar 4.** Hasil Pengujian Mikro HAZ SS 304 (a) kuat arus 200 (b) kuat 400 (c) kuat 600

Dari hasil pengamatan mikro di daerah HAZ SS 304 ini dapat dilihat fasa yang terbentuk adalah fasa *Austenite* dan *ferrite*. Fasa *austenite* dan *ferrite* yang merupakan fasa paling umum ditemukan pada material tipe *austenite stainless steel*. Tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada daerah HAZ *stainless steel* disebabkan oleh daerah ini hanya terpengaruh panas dari proses pengelasan.

### 3.3.5 *Weld Metal*

Hasil pengamatan struktur mikro pada daerah *weld metal* dengan variasi arus menggunakan perbesaran 500x dapat ditunjukkan dengan Gambar 5 berikut.



(a)

(b)

(c)

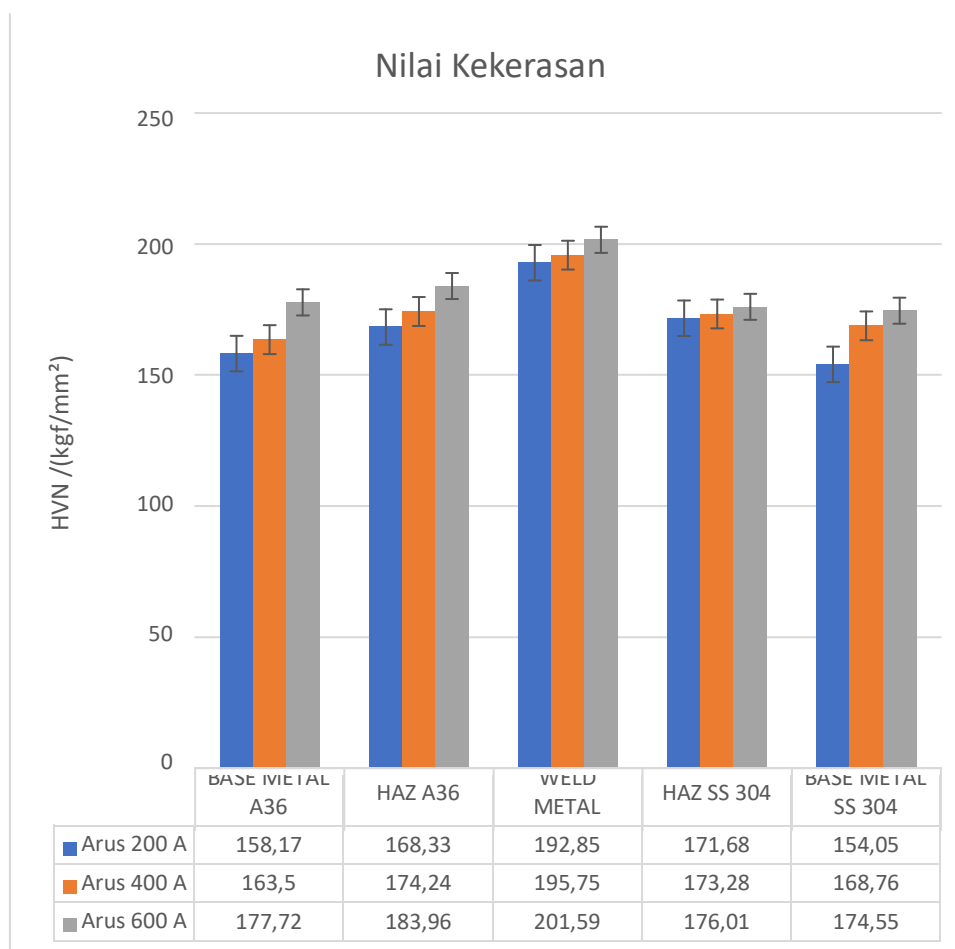
**Gambar 5.** Hasil Pengujian Mikro *Weld Metal* (a) kuat arus 200 (b) kuat arus 400 (c) kuat arus 600

Dari hasil dokumentasi di atas untuk pengujian mikro pada daerah *weld metal* untuk variasi kuat arus dan waktu pengelasan dapat diamati terdapat satu jenis fasa yang terbentuk di daerah *weld metal*. *Delta ferrite* adalah fasa yang terbentuk pada daerah *weld metal* yang

berwarna lebih gelap. Pada dasarnya delta ferrite terbentuk karena terjadi peningkatan rasio  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$  pada daerah weld metal (Ghasemi, 2018). Keberadaan fasa berupa *delta ferrite* pada daerah logam las baja tahan karat jenis *austenitic* menjadi sangat penting, sebab terlalu banyak *delta ferrite* akan cenderung mengurangi keuletan tetapi memiliki nilai kekerasan yang tinggi, serta ketahanan korosi dari sebuah sambungan las, sedangkan terlalu sedikit *delta ferrite* dapat menyebabkan retak pematatan (Kou., 2003).

### 3.3. Hardness Test

Spesimen yang di uji menggunakan metode pengujian kekerasan vickers dengan pembebanan sebesar 2 kgf/mm<sup>2</sup> dan 10 detik dwell time yang digunakan. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 6.** Grafik nilai *hardness test*.

Nilai kekerasan pada area *weld metal* dengan nilai terendah pada variasi kuat arus 200 A, sedangkan nilai tertinggi pada variasi arus 600 A. Pada daerah *weld metal* yang memiliki nilai tertinggi disebabkan karena adanya fasa *delta ferrite* yang memiliki sifat kekuatan yang tinggi, sehingga kuat arus yang semakin tinggi akan mempengaruhi nilai kekerasan yang semakin tinggi juga. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan yang ditampilkan pada grafik, terlihat bahwa perbedaan nilai kekerasan untuk setiap variasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan dari setiap variasi hampir sama, dengan hanya sedikit perubahan atau variasi di antara nilai - nilai tersebut.

### 3.4 Uji Torsi

Dalam pengujian ini, *sleeve*, *washer*, dan *nut* dengan ukuran yang sesuai pada *bolt*. *Nut* dikencangkan dengan kunci torsi terhadap *washer* pada *sleeve* dengan menerapkan beban yang telah di tentukan sesuai dengan kekuatan pada *bolt* itu sendiri.

**Tabel 7.** Nilai Torsi

NO	KODE	NILAI TORSI (Nm)
1	<i>STUD 1</i>	50
2	<i>STUD 2</i>	60
3	<i>STUD 3</i>	80

Pada ASME sec. IX untuk memenuhi uji torsi, masing - masing dari pengelasan *stud* harus dilakukan torsi yang diperlukan sebesar 10.8 Nm untuk material *stud bolt* SS 304 diameter M8. Berdasarkan hasil pada Tabel 7 hasil dari nilai torsi untuk semua variasi lebih besar dari nilai yang telah di tentukan pada (ASME Section IX, 2023). Dapat disimpulkan bahwa parameter pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini telah berhasil mencapai kekuatan serta melebihi spesifikasi minimum yang telah ditetapkan.

## 4. Kesimpulan

Hasil pengujian makro pada variasi pengaruh kuat arus dan waktu pengelasan menunjukkan tidak adanya cacat seperti retak pada base metal, HAZ maupun *weld metal* dan cacat lain seperti *acceptence criteria* pada ASME sec. IX. Dari hasil pengujian makro pada variasi pengaruh kuat arus memperlihatkan adanya perbedaan kedalaman penetrasi pada setiap spesimen. Variasi *stud 1* memiliki hasil kedalaman penetrasi terendah dengan nilai 0,52 mm dan didapatkan hasil optimal pada variasi *stud 3* dengan variasi kuat arus 600 A mendapatkan nilai 1,04 mm. Hasil dari pengujian mikro pada variasi kuat arus pada daerah *base metal* tidak adanya perubahan yang cukup signifikan karena pada daerah *base metal* A36 dan SS 304 tidak terjadi masukan panas yang maksimal, fasa yang ditemukan pada daerah *base metal* adalah fasa *ferrite*, fasa *pearlite* dan fasa *austenite*. Sedangkan pada daerah *weld metal* terbentuk fasa *delta ferrite* dikarenakan peningkatan rasio  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$ .

Pada pengujian hardness dengan variasi kuat arus pada daerah weld metal mendapatkan nilai dengan rata-rata terendah 192, 85 HVN pada spesimen stud 1 dengan variasi kuat arus 200, sedangkan didapatkan nilai tertinggi pada daerah weld metal terdapat pada spesimen stud 3 variasi kuat arus 600 dengan nilai rata-rata 201,59 HVN. Hasil dari pengujian torsi pada variasi kuat arus menunjukkan bahwa variasi kuat arus mempengaruhi besarnya nilai uji torsi. Di buktikan dengan adanya peningkatan nilai uji torsi yang selaras dengan peningkatan variasi kuat arus. Hasil dari peningkatan di setiap spesimen stud 1 variasi kuat arus 200 mulai dari 50 Nm hingga 80 Nm pada stud 3 dengan variasi kuat arus 600.

### Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah membiayai penelitian ini, sehingga penelitian ini terselesaikan dengan maksimal. Semoga penelitian ini bisa bermanfaat bagi industri dan PPNS terutama di bidang proses *Stud Welding*.

### Daftar Pustaka

- ASME Section IX. (2023). *"QUALIFICATION STANDARD FOR WELDING, BRAZING, AND FUSING PROCEDURES; WELDERS; BRAZERS; AND WELDING, BRAZING, AND FUSING OPERATORS"*. New York.
- Caron, J. &. (2016). 濟無No Title No Title No Title. 1–23.
- Ghasemi, R. B.-N. (2018). Effect of delta ferrite on the mechanical properties of dissimilar ferritic-austenitic stainless steel welds. *Archives of Metallurgy and Materials*, 63(1), 437–443. <https://doi.org/10.24425/118958>.
- Kaçar, R. E. (2018). Effects of welding methods on the mechanical properties of joining dissimilar steel couple. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(1). <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.406797>.
- Khotasa, S. (2016). Analisa Pengaruh Variasi Arus Dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Impact Sambungan Butt Joint Pada Plat Baja A36. . *Departemen Teknik Kelautan FTK ITS*.
- Kou. (2003). Welding Metallurgy. In *Indian Welding Journal*, (Vol. 4, Issue 3). <https://doi.org/10.22486/iwj.v4i3.150243>.
- Lippold, J. C. (n.d.). *AND WELDABILITY OF STAINLESS STEELS* .
- Mezher, M. T. (2022). Modelling and Experimental Study of Dissimilar Arc Stud Welding of AISI 304L to AISI 316L Stainless Steel. . *International Journal of Integrated Engineering*, 14(6), 88–101. <https://doi.org/10.30880/iji>.
- Nurcholis, I. P. (2022). Analisis komparasi kekerasan dan struktur mikro lasan dissimilar material pada berbagai posisi pengelasan di industri fabrikasi. *Journal of Welding Technology*, 4(1), 1–8.
- Suleimanov, R. I. (2018). Studying heat-affected zone deformations of electric arc welding. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 327(3). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/327/3/032053>.
- Winardi, Y. F. (2020). Pengaruh Elektroda Pengelasan Pada Baja AISI 1045 Dan SS 202 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Tarik. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(2), 86. <https://doi.org/10.23887/jptm.v8i2.27772>.