

PENELITIAN PENGARUH ARUS LISTRIK PADA PENYAMBUNGAN AISI 1010 DAN 304 DENGAN TEKNIK *SPOT WELDING*

Oleh : Adi Ganda Putra*, Pawawoi**, Muh. Lutfhi***.

Proses las titik (*Spot Welding*) merupakan salah satu jenis proses pengelasan tahanan listrik (*Elektrik Resistance Welding*), dimana pelat yang akan dilas dijepit pada tempat sambungan dengan menggunakan sepasang elektroda dan kemudian dialiri arus listrik yang besar dalam waktu yang singkat, proses pengelasan titik ini hanya dapat dilakukan untuk penyambungan pelat – pelat tipis.

Baja karbon dan baja tahan karat (*Stainless steel*) sangat umum digunakan dalam, industri logam dan industri berat maupun ringan. Baja tahan karat sendiri memiliki sifat yang berbeda dengan baja karbon, sehingga apabila kedua material tersebut disambung dengan menggunakan las titik (*spot welding*) akan mengalami perubahan – perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan – tegangan termal. Karena perubahan tersebut maka dengan sendirinya sifat – sifat mekanik yang dimilikinya juga akan berubah. Perubahan yang terjadi dikarenakan adanya panas dari proses pengelasan tersebut, sehingga logam disekitar pengelasan mengalami siklus termal yang cepat. Salah satunya arus, arus las yang berlebihan akan menyebabkan pemanasan logam yang berlebihan dan menghasilkan dalamnya identasi, arus yang terlalu kecil dapat mengakibatkan benda kerja tidak mencair sebagian terutama pada daerah permukaan kontak antara benda kerja.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka kondisi pengelasan yang dianggap optimal adalah kondisi pengelasan pada kelompok A dengan arus pengelasan 3800 amper pada spesimen A₁, dimana :

- ✓ Gaya tarik geser : 304,164 kgf
- ✓ Diameter titik logam las: 2,75 mm

Tidak terjadinya cacat lasan pada kelompok A, kelompok B maupun pada kelompok C

PENDAHULUAN

Proses penyambungan salah satunya adalah proses pengelasan (*welding*) yang umum digunakan, proses pengelasan itu sendiri adalah proses penyambungan antara dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas.

Proses las titik (*Spot Welding*) merupakan salah satu jenis proses pengelasan tahanan listrik (*Elektrik Resistance Welding*), dimana pelat yang akan dilas dijepit pada tempat sambungan dengan menggunakan sepasang elektroda dan kemudian dialiri arus listrik yang besar dalam waktu yang singkat, proses pengelasan titik ini hanya dapat dilakukan untuk penyambungan pelat – pelat tipis.

Baja karbon dan baja tahan karat (*Stainless steel*) sangat umum digunakan dalam, industri logam dan industri berat maupun ringan. Baja tahan karat sendiri memiliki sifat yang berbeda dengan baja karbon, sehingga apabila kedua

material tersebut disambung dengan menggunakan las titik (*spot welding*) akan mengalami perubahan – perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan – tegangan termal. Karena perubahan tersebut maka dengan sendirinya sifat – sifat mekanik yang dimilikinya juga akan berubah. Perubahan yang terjadi dikarenakan adanya panas dari proses pengelasan tersebut, sehingga logam disekitar pengelasan mengalami siklus termal yang cepat. Salah satunya arus, arus las yang berlebihan akan menyebabkan pemanasan logam yang berlebihan dan menghasilkan dalamnya identasi, arus yang terlalu kecil dapat mengakibatkan benda kerja tidak mencair sebagian terutama pada daerah permukaan kontak antara benda kerja.

Baik buruknya sambungan las tentunya tergantung saat proses pengelasan itu sendiri, prosedurnya yang kelihatan sangat sederhana, pada kenyataannya membutuhkan banyak pengetahuan yang harus mendampingi saat

pengetahuan yang harus mendampingi saat proses tersebut dilaksanakan, proses pengelasan dapat dikatakan sebagai proses produksi yang sifatnya serbaguna, dengan berbagai macam metode dan pengembangannya.

Berdasarkan hal tersebut diatas, penulis merasa tertarik untuk mengadakan penelitian mengenai pengaruh variasi arus listrik pada pengelasan pelat baja karbon rendah dan baja tahan karat (*stainless steel*) dengan proses pengelasan titik (*spot welding*).

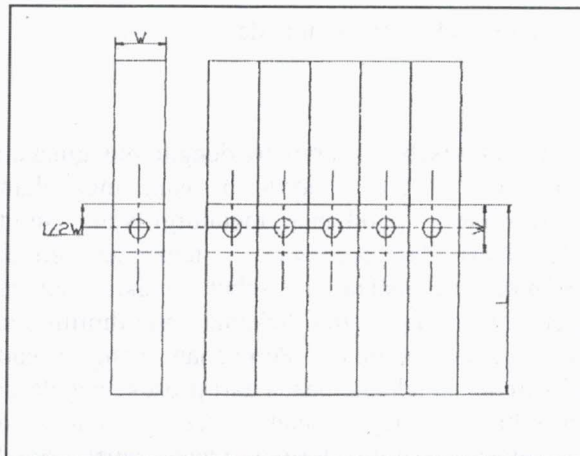
LANGKAH PENELITIAN

Persiapan Bahan

Langkah awal pada proses penelitian ini adalah melakukan persiapan bahan atau material yang akan digunakan yaitu baja karbon rendah dan baja tahan karat (*stainless steel*) dengan ketebalan masing – masing 0,8 mm sebagai objek penelitian melihat pengaruh arus pengelasan yang berbeda – beda dengan waktu pengelasan dan gaya penekanan yang konstan pada pengelasan titik (*spot welding*).

Persiapan Spesimen Las

Sebelum proses pengelasan spesimen las, dibuat sesuai dengan standard ASME Section IX seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1 Spesimen Las Titik

Pengujian Awal

Pengujian awal ini dilaksanakan untuk mengetahui kondisi awal spesimen yang meliputi : pengujian komposisi bahan, struktur mikro dan kekerasan yang akan dilas

Pengujian komposisi Bahan

Pada pengujian komposisi bahan ini menggunakan metode spektrometri dengan mesin spectro merk shimadzu.

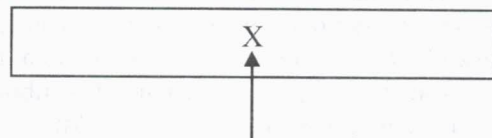
Tabel 1 Spesifikasi tebal, lebar dan panjang pelat

Nominal Thickness of Sheet (Inch)	W (Inch) Minimal	L (Inch)
Over 0.008 to 0.030	0.68	4W
Over 0.030 to 0.100	1.00	
Over 0.100 to 0.130	1.25	
Over 0.130	1.50	

Sebelum pengujian ini dilakukan, permukaan material dibersihkan dahulu dengan pengikiran, pengampelasan kemudian dilakukan kalibrasi dengan material yang telah diketahui komposisi bahannya. Selanjutnya sample ditempatkan pada dudukannya, kemudian divakumkan setelah itu spectrometer dijalankan sehingga terjadi busur listrik yang mengakibatkan terbakarnya sample dan memancarkan cahaya yang memiliki panjang gelombang dan intensitas yang berbeda – beda dan selanjutnya dideteksi oleh detektor unsur. Hasilnya akan di *print out* oleh mesin spectro.

Pengujian Struktur Mikro

Pada spesimen yang akan diuji dilakukan *mounting* dengan resin kemudian spesimen diampelas dan dipoles sampai halus. selanjutnya dilakukan pengetsaan dengan larutan *keller reagent* dengan komposisi 2ml HF, 3ml HCl, 5ml HNO₃, 190ml H₂O. Dengan pengujian ini akan diketahui struktur mikro spesimen sebelum proses pengelas. Lokasi pengambilan foto dapat dilihat pada gambar berikut.



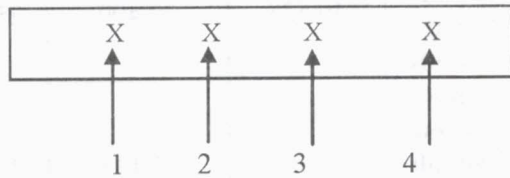
Lokasi Pengambilan Foto

Gambar 2. Lokasi Pengambilan Foto Struktur Mikro Awal

Pengujian Kekerasan

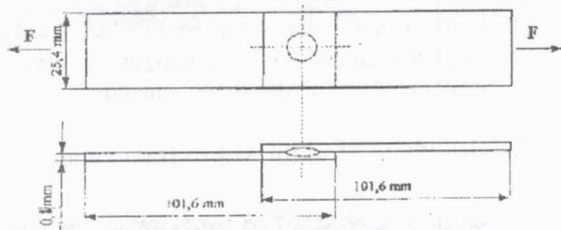
Pada pengujian kekerasan bahan awal yang dilaksanakan yaitu dengan menggunakan metode Vickers. Mesin yang digunakan dalam pengujian ini adalah Mitutoyo MVK 2 dengan benda penekan berupa piramida intan

bersudut 136° , beban yang digunakan 500 kg. Pada pengujian ini dilakukan empat lokasi pengujian kekerasan awal, antara lokasi pengujian yang satu dengan lokasi pengujian yang lainnya berjarak 5 mm.



Gambar 3 Lokasi Identasi Kekerasan Awal Pengujian Tarik Geser

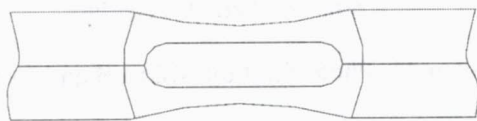
Pengujian tarik geser ini dilakukan setelah proses pengelasan berlangsung, adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar dari kekuatan yang optimum. Jenis mesin uji geser yang digunakan adalah INSTRON Type 8501 – United States, dengan kapasitas uji 10 Ton. Bentuk dan ukuran spesimen disesuaikan dengan standar ASTM D.4066 yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Spesimen Uji Tarik

Pengujian Struktur Makro

Uji struktur makro ini bertujuan untuk mengetahui besarnya diameter nugget. Pengujian ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung pada permukaan logam las titik yang dapat direkam dengan fotografi yang menggunakan lensa makro ataupun dengan bantuan mikroskop.



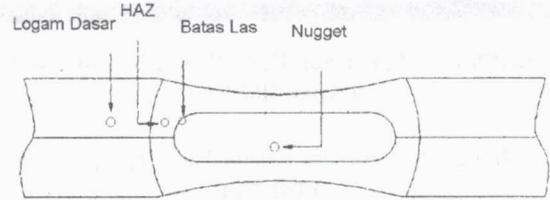
Gambar 5 Lokasi Pengambilan Foto Struktur Makro

Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro tujuannya untuk melakukan pemeriksaan struktur mikro yang terjadi pada daerah las, batas las, khususnya

cacat las untuk setiap parameter yang digunakan, yang berhubungan dengan kemungkinan timbulnya retak dan kekerasan logam las.

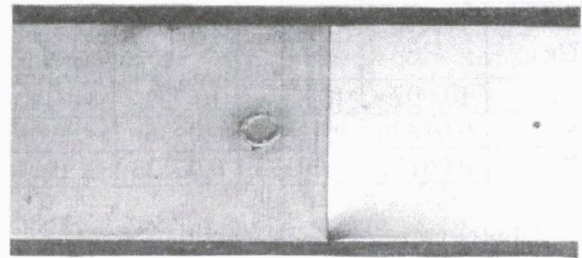
Prosedur yang dilakukan dalam pengujian metalografi ini mengacu pada ASTM. E 3. 883 .



Gambar 6. Lokasi pengambilan struktur mikro

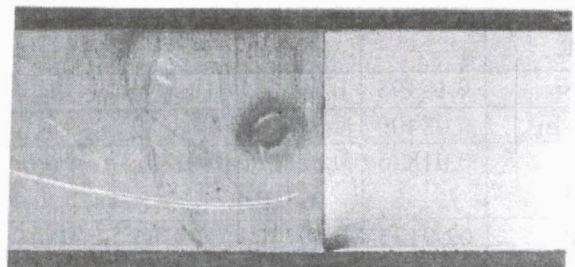
DATA dan PEMBAHASAN

Contoh spesimen kelompok A, dengan arus pengelasan yang digunakan sebesar 3800 amper, dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 7. Spesimen Pengelasan Kelompok A (Arus 3800 A)

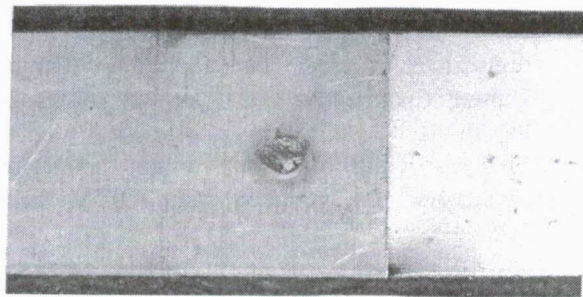
Contoh spesimen kelompok B, dengan arus pengelasan yang digunakan sebesar 4300 amper, dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 8. Spesimen Pengelasan Kelompok B (Arus 4300 A)

Contoh spesimen kelompok C, dengan arus pengelasan yang digunakan sebesar 4800 amper, dapat dilihat pada gambar berikut ini.

.Hasil dari pengujian komposisi bahan ini dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.



Gambar 9. Spesimen Pengelasan Kelompok C (Arus 4800 A)

Tabel 2. Komposisi Kimia Baja Tahan Karat AISI 304

Unsur	Hasil Uji		Rata – rata	Standar AISI
	1	2		
C	0,10011	0,10222	0,10116	≤ 0,08
Si	0,97852	0,87907	0,92879	≤ 1,00
Mn	2,1260	2,2125	2,1693	2,0 max
Cr	17,210	18,203	17,707	18 – 20
Ni	10,607	10,838	10,723	8 – 11
S	0,01826	0,0186	0,0186	≤ 0,03
P	0,00133	0,00133	0,00133	≤ 0,04

Tabel 3. Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah AISI 1010

Unsur	Hasil Uji		Rata – rata	Standar AISI
	1	2		
C	0,09942	0,10185	0,10063	0,08-0,13
Si	0,19995	0,19995	0,19995	≤ 0,10
Mn	0,08400	0,07764	0,08082	0,3-0,6
S	0,01826	0,01826	0,01826	≤ 0,04
P	0,00133	0,00133	0,00133	≤ 0,05

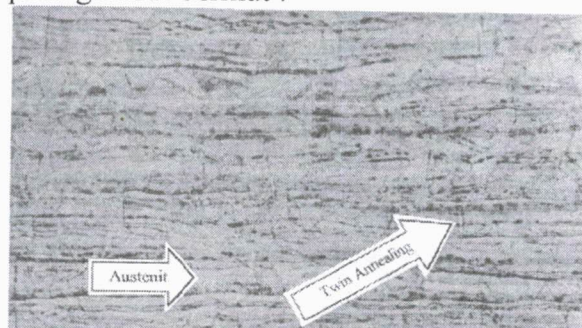
Tabel 4 Pengujian Kekerasan Awal Baja Tahan Karat AISI 304

Lokasi Indentasi Kekerasan (VHN)				Rata – rata (VHN)
1	2	3	4	
251	251	252	253	251,75

Tabel 5 Pengujian Tarik

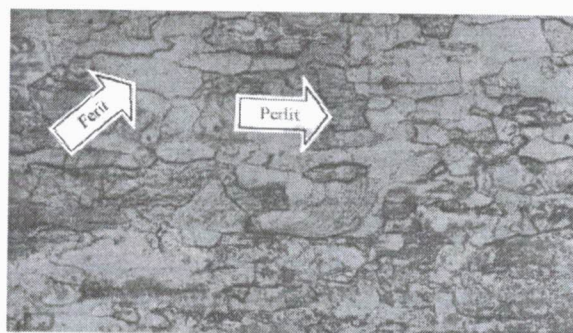
Material	σ_u (kg/mm ²)	σ_y (kg/mm ²)	e (%)
Baja Tahan Karat AISI 304	49.528	29.490	25.525
Baja Karbon Rendah AISI 1010	37.355	25.145	28.425

Hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada gambar berikut :



Larutan : Keller Reagent Pembesaran : 400 X
Struktur : Austenit dan Twin Annealing

Gambar 10 Photo Struktur Mikro Baja tahan karat



Larutan : Keller Reagent Pembesaran : 400 X
Struktur : Ferit dan Pearlit

Gambar 11 Photo Struktur Mikro Baja Karbon Rendah

Data Proses pengelasan

Proses pengelasan titik (*Spot Welding*) ini dilakukan dengan menggunakan parameter arus pengelasan yang bervariasi yaitu 3800 A, 4300 A dan 4800A. Sedangkan untuk gaya penekanan elektroda dan waktu pengelasan konstan yaitu sebesar 190 daN

0,2 s. Sehingga dapat diperoleh masukan panas untuk setiap variasi arus adalah sebagai berikut
Diketahui :

$$t = 0,2 \text{ s}$$

$$l = 25,4 \text{ mm} = 0,0254 \text{ m}$$

$$d = 4,5 \text{ mm} = 0,0045 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{stainless steel}} = 700 \times 10^{-9} \Omega \text{m}$$

$$\rho_{\text{baja}} = 169 \times 10^{-9} \Omega \text{m}$$

$$\rho_{\text{rata-rata}} \bar{X} = 434,5 \times 10^{-9} \Omega \text{m}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot (0,0045 \text{ m})^2$$

$$= 15,8 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

$$= 434,5 \times 10^{-9} (\Omega \text{m}) \cdot \frac{25,4 \times 10^{-3} (\text{m})}{15,8 \times 10^{-6} (\text{m}^2)}$$

$$= 6,98 \times 10^{-4} \Omega$$

- Untuk arus pengelasan I = 3800 A

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$= (3800)^2 \cdot 6,98 \times 10^{-4} \cdot 0,2$$

$$= 2018,82 \text{ Joule}$$

- Untuk arus pengelasan I = 4300 A

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$= (4300)^2 \cdot 6,98 \times 10^{-4} \cdot 0,2$$

$$= 2581,20 \text{ Joule}$$

- Untuk arus pengelasan I = 4800 A

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$= (4800)^2 \cdot 6,98 \times 10^{-4} \cdot 0,2$$

$$= 3216,38 \text{ Joule}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh hasil masukan panas (Q) pada tiap – tiap kelompok, pada tabel dibawah ini

Data Pengujian Akhir

Pengujian setelah proses pengelasan titik (*Spot Welding*) meliputi; pengujian tarik geser, pengujian kekerasan, pengujian struktur makro dan pengujian struktur mikro.

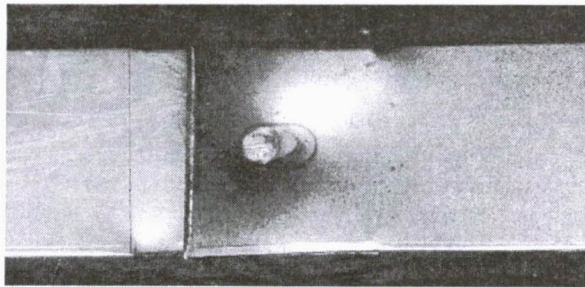
Tabel 6 Data Hasil Pengelasan

Spesimen	Arus Pengelasan (amper)	Waktu Las (s)	Gaya Penekanan Elektroda (daN)	Masukan Panas (Joule)
A	3800	0,2	190	2015,82
B	4300	0,2	190	2581,20
C	4800	0,2	190	3216,38

Tabel 7 Hasil Pengujian Tarik Geser

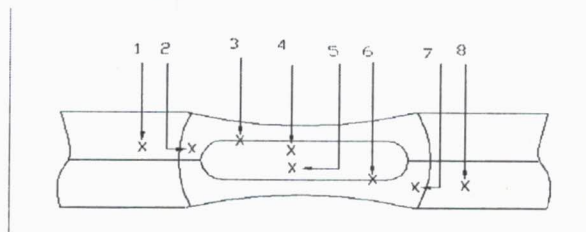
Spesimen	No.	Diameter Nugget (mm)	Gaya Tarik Maks (kgf)	Tegangan Geser Mak (kgf/mm ²)	Jenis Kerusakan
A	1	2,75	304,164	51,209	Geser
	2	2,85	301,933	47,329	Geser
	3	2,8	288,179	46,801	Geser
Rata – rata \bar{X}		2,8	298,092	48,386	
B	1	3,3	288,657	33,749	Geser
	2	3,35	290,144	32,918	Geser
	3	3,35	302,252	34,292	Geser
Rata – rata \bar{X}		3,33	293,684	33,643	
C	1	4,2	288,019	20,789	Geser
	2	4,2	296,092	21,372	Geser
	3	4,15	280,850	20,763	Geser
Rata – rata \bar{X}		4,18	288,320	20,974	

Setelah pengujian tarik geser yang dilaksanakan dihasilkan kerusakan las yaitu kerusakan geser, dapat dilihat pada gambar berikut ini .



Gambar 12 Jenis Kerusakan Geser Pada Las Titik

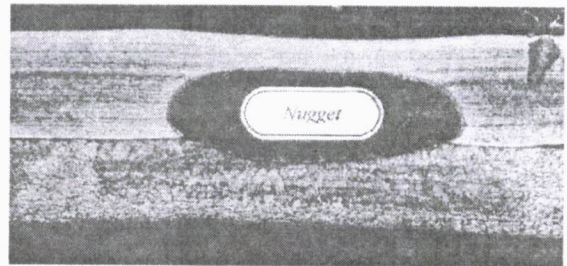
Pengujian kekerasan dilaksanakan dengan menggunakan alat uji keras Vickers (VHN) dengan menggunakan beban seberat 500g.



Gambar 13 Pengambilan Titik Uji Kekerasan

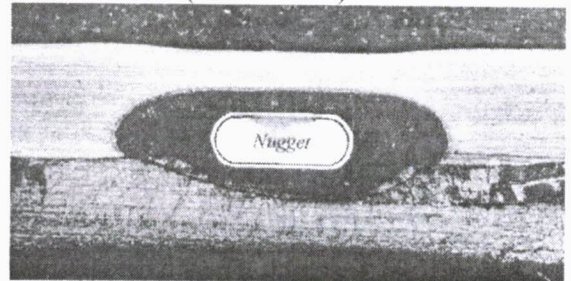
Pengujian struktur makro ini diharapkan dapat mengetahui besarnya diameter *nugget* dan cacat yang terjadi akibat pengaruh dari variasi arus pengelasan pada proses pengelasan. Larutan etsa yang digunakan yaitu *Keller Reagent* dengan pembesaran 20X (gambar 14,15,16)

Pengujian Struktur Mikro bertujuan untuk mengetahui perubahan – perubahan yang terjadi pada daerah logam las, daerah HAZ dan daerah logam induk (*Base Metal*). Larutan etsa yang digunakan : *Keller Reagent*.



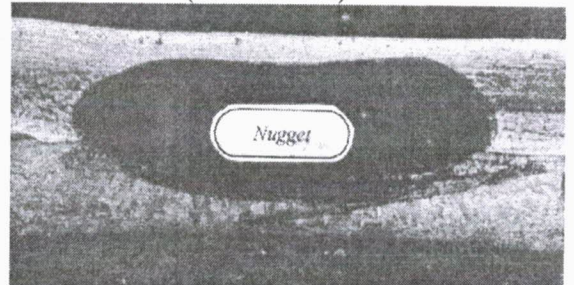
Larutan Etsa : Keller Reagent Pembesaran : 20 X
Tidak terjadi cacat pada Nugget

Gambar 14 Photo Struktur Makro Kelompok A (arus 3800 A)



Larutan Etsa : Keller Reagent
Pembesaran : 20 X
Tidak terjadi cacat pada Nugget

Gambar 15 Photo Struktur Makro Kelompok B (arus 4300 A)

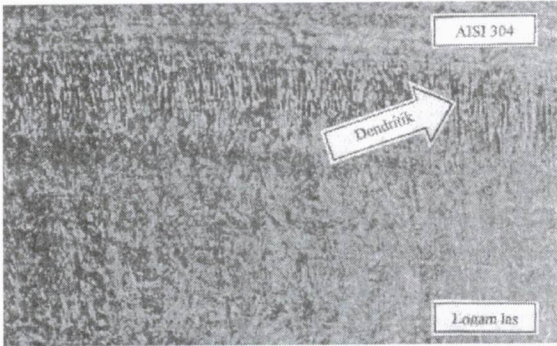


Larutan Etsa : Keller Reagent
Pembesaran : 20 X
Tidak terjadi cacat pada Nugget

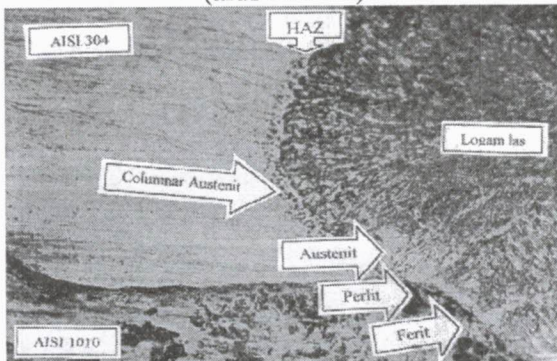
Gambar 16 Photo Struktur Makro Kelompok C (arus 4800 A)

Tabel 8 Hasil Pengujian Kekerasan

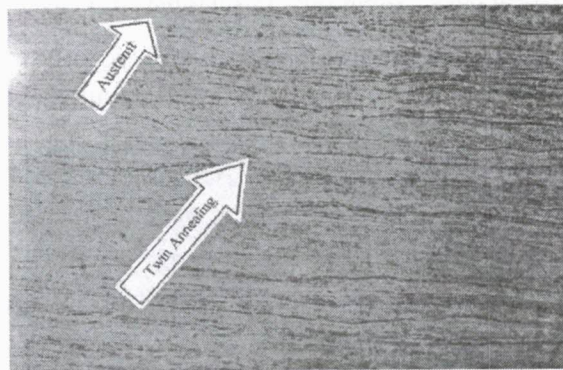
Spesimen	Titik Uji Kekerasan (VHN)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Kelompok A	251,2	256,6	260,1	152	130	156,7	113,4	112
Kelompok B	252	258	261,7	158	135	165	116,5	114
Kelompok C	252	257,5	259	148,7	120	160,7	113,4	112



Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Las, Arus Pengelasan 3800 A
 Struktur : Dendritik Dalam Matrik Austenit
 Gambar 17 Photo Struktur Mikro Kelompok A
 (arus 3800 A)

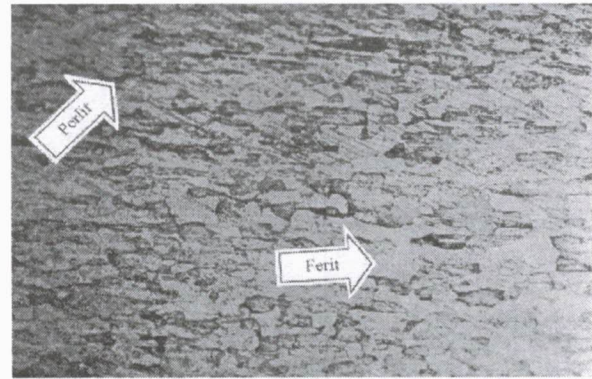


Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 50 X
 Daerah Pengaruh Panas (HAZ), Arus Pengelasan
 3800
 Struktur : Ferit, Pearlit, Columnar Austenit dan
 Austenit
 Gambar 18 Photo Struktur Mikro Kelompok A
 (arus 3800 A)

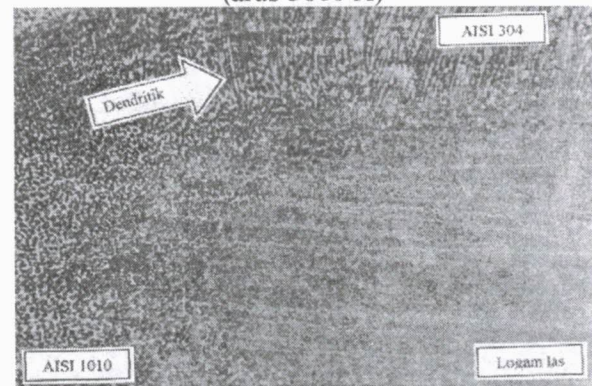


Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Tahan Karat AISI 304,
 Arus Pengelasan 3800 A
 Struktur : Austenit dan *Twin Annealing*

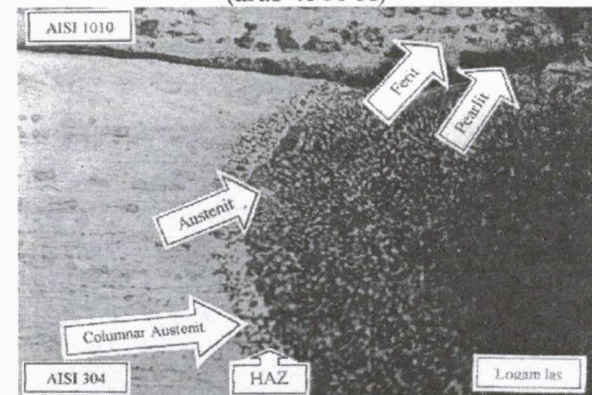
Gambar 19 Photo Struktur Mikro Kelompok A
 (arus 3800 A)



Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Karbon AISI 1010, Arus
 Pengelasan 3800 A
 Struktur : Ferit dan Pearlit
 Gambar 20 Photo Struktur Mikro Kelompok A
 (arus 3800 A)

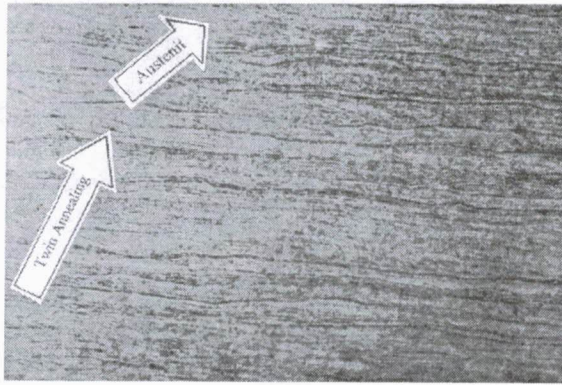


Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Las, Arus Pengelasan 4300 A
 Struktur : Dendritik Dalam Matrik Austenit
 Gambar 21 Photo Struktur Mikro Kelompok B
 (arus 4300 A)

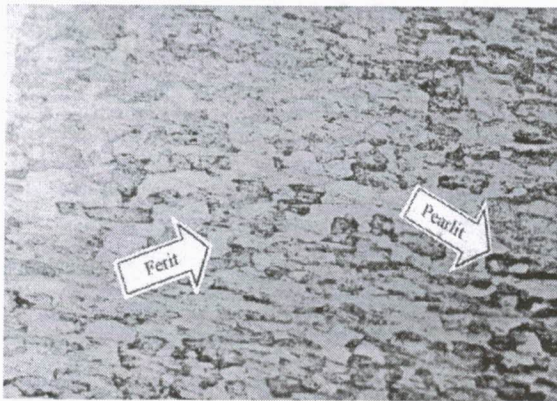


Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 50 X
 Daerah Pengaruh Panas (HAZ), Arus Pengelasan 4300
 Struktur : Ferit, Pearlit, Columnar Austenit dan
 Austenit

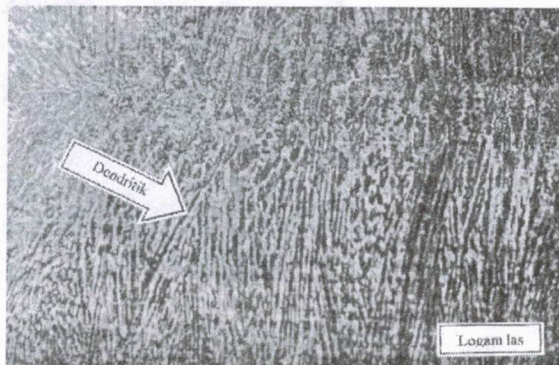
Gambar 22 Photo Struktur Mikro Kelompok B
 (arus 4300 A)



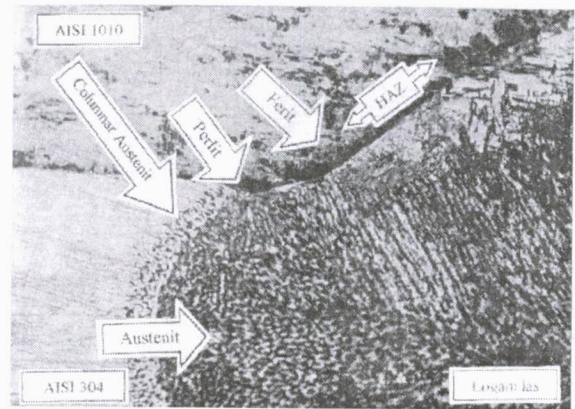
Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Tahan Karat AISI 304,
 Arus Pengelasan 4300 A
 Struktur : Austenit dan *Twin Anealing*
 Gambar 23 Photo Struktur Mikro Kelompok B
 (arus 4300 A)



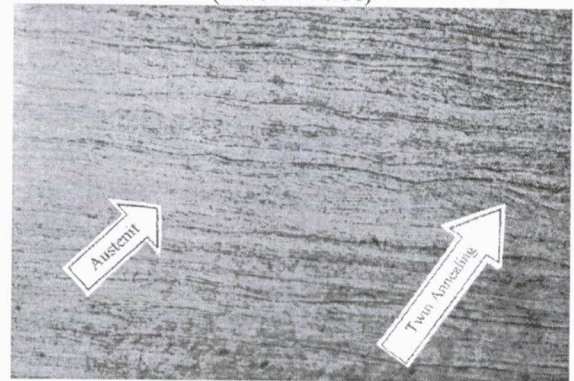
Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Karbon AISI 1010, Arus
 Pengelasan 4300 A
 Struktur : Ferrit dan Pearlit
 Gambar 24 Photo Struktur Mikro Kelompok B
 (arus 4300 A)



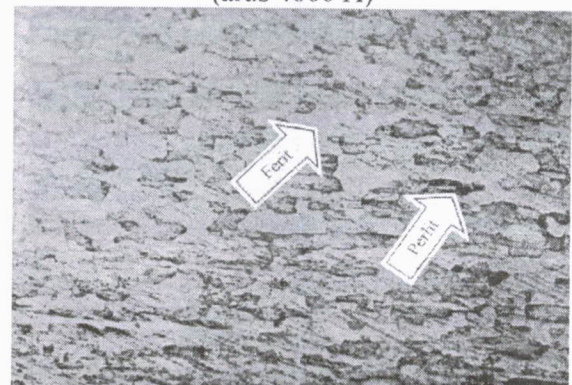
Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Las, Arus Pengelasan 4800 A
 Struktur : Dendritik Dalam Matrik Austenit
 Gambar 25 Photo Struktur Mikro Kelompok C
 (arus 4800 A)



Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 50 X
 Daerah Pengaruh Panas (HAZ), Arus Pengelasan
 4800 A
 Struktur : Ferrit, Pearlit, Columnar Austenit dan
 Austenit
 Gambar 26 Photo Struktur Mikro Kelompok C
 (arus 4800 A)



Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Tahan Karat AISI 304,
 Arus Pengelasan 4800 A
 Struktur : Austenit dan *Twin Anealing*
 Gambar 27 Photo Struktur Mikro Kelompok C
 (arus 4800 A)



Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Karbon AISI 1010, Arus
 Pengelasan 4800 A
 Struktur : Ferrit dan Pearlit
 Gambar 28 Photo Struktur Mikro Kelompok C
 (arus 4800 A)

Analisa Data

Dari tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan Karbon (C), Mangan (Mn), Silikon (Si), Sulfur (S), Krom (Cr) dan Nikel (Ni) memenuhi standar AISI sebagai material baja tahan karat AISI 304. Kandungan Krom dan Nikel masih memenuhi syarat standar yang menunjukkan baja tahan karat austenit, kandungan karbon cukup rendah sehingga dapat terhindar dari terbentuknya *intergranular corrosion* (korosi antar butir).

Baja tahan karat tersebut akan menghindari dari terbentuknya Karbida-Krom, apabila mengalami suatu siklus pemanasan dan pendinginan, walaupun sebenarnya tergantung pada mekanisme pendinginannya.

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan Karbon (C), Mangan (Mn), Silikon (Si) dan Sulfur (S) memenuhi standar AISI sebagai material baja karbon rendah AISI 1010.

Pengujian struktur mikro material awal Baja Tahan Karat AISI 304 yang diuji mempunyai struktur mikro yaitu : Butir Austenit dan Twin Annealing dan Baja Karbon Rendah AISI 1010 yang diuji mempunyai struktur mikro yaitu : Pearlit dan Ferit.

Dalam proses pengelasan ini dibagi tiga kelompok yang mempunyai arus pengelasan yang berbeda – beda pada masing – masing kelompok tersebut. Untuk kelompok C diberikan arus pengelasan yang lebih besar dibandingkan kelompok B dan kelompok A. Dengan semakin besar arus pengelasan yang digunakan semakin besar pula diameter lasan sehingga akan menurunkan kualitas sambungan, meskipun sebenarnya diperlukan optimasi terhadap waktu pengelasan dan gaya penekanan elektroda.

Dari pengujian tarik geser yang dilakukan setelah proses pengelasan diketahui kerusakan pada sambungan lasan yaitu rusak geser, yang dapat dilihat pada gambar 12. Kerusakan geser diawali dengan terbentuknya permukaan baru yang sejajar dengan arah gaya tarikan. Kerusakan ini umumnya terjadi karena luas permukaan geser yang terlampaui kecil akibat dari cepatnya waktu pengelasan sehingga panas pengelasan yang diberikan terlampaui rendah. Selain itu kerusakan geser juga terjadi karena volume logam lasan terutama diameter *nugget* tidak seimbang dibanding logam dasarnya sehingga tidak

mampu menahan beban geser yang diberikan. Rusak geser terjadi antara *nugget* dengan material baja karbon rendah hal ini dikarenakan baja tahan karat memiliki kekuatan yang tinggi bila dibandingkan dengan baja karbon.

Ukuran *nugget* dan kekuatan akan naik, dan juga daerah HAZ akan meluas, sejalan dengan naiknya densitas arus. Pemberian arus pada kelompok A sudah maksimal artinya apabila ditambah arus pengelasan yang lebih besar akan menurunkan kekuatan mekanik seperti pada kelompok B dan C, walaupun mampu menahan gaya tarik geser yang cukup tinggi sesuai dengan standar JIS Z.3140, sehingga dalam masih batas standar dari kualitas sambungan.

Pada pengujian tarik geser ini diperoleh hasil yang maksimal pada kondisi pengelasan kelompok A adalah A₁ yang memenuhi standar JIS Z.3140 yaitu sebagai berikut :

- ✓ Gaya tarik geser:
1,1 x 275
302,5 kgf (minimal)
- ✓ Diameter titik logam lasan:
2,7 mm (minimal)

Dari pengujian kekerasan mikro spesimen uji pada tabel 4.8 diperoleh bahwa nilai rata – rata kekerasan daerah batas las (daerah antara logam lasan dan daerah terpengaruh panas) lebih tinggi bila dibandingkan dengan daerah logam lasan (*Nugget*) hal ini disebabkan oleh tumbuhnya kristal menjadi butir-butir halus. Daerah titik logam lasan (*Nugget*) mempunyai kekerasan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan daerah terpengaruh panas (HAZ) pada AISI 1010 sedangkan untuk AISI 304 sebaliknya, yang disebabkan oleh struktur mikro pada daerah titik logam lasan menyerupai struktur coran. Kekerasan daerah logam induk (*Base Metal*) lebih rendah bila dibandingkan dengan daerah logam lasan dan daerah terpengaruh panas (HAZ), disebabkan logam induk tidak mengalami pemanasan yang berarti sehingga tidak mengubah nilai kekerasannya.

Hasil pemeriksaan struktur makro terhadap sambungan las titik, terlihat diameter logam lasan (*Nugget*) yang dihasilkan dari setiap arus pengelasan berbeda-beda, dengan semakin besar arus pengelasan yang digunakan maka semakin besar pula diameter logam lasan (*Nugget*) yang dihasilkan. Dalam hal ini faktor panas sangat berpengaruh pada bentuk, dimensi dan kualitas logam lasan.

Pada spesimen hasil pengelasan tidak ditemukan cacat las yang terjadi pada kelompok pengelasan A, kelompok pengelasan B maupun kelompok pengelasan C, hal ini disebabkan arus pengelasan, gaya penekanan dan waktu pengelasan yang optimal.

Pada baja tahan karat, mekanisme pembekuan yang terlihat dari hasil struktur mikro dipengaruhi oleh besarnya harga perbandingan antara krom ekuivalen (Cr_{ek}) dan nikel ekuivalen (Ni_{ek}), logam lasan, yaitu :

$$\begin{aligned} Cr_{ek} &= \%Cr + \%Mo + 1,5.\%Si + 0,5.\%Cb \\ &= 17,70 + 0,46 + 1,5.(0,92) + 0,5.(0) \\ &= 19,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ni_{ek} &= \%Ni + 30.\%C + 0,5.\%Mn \\ &= 10,72 + 30.(0,10) + 0,5.(2,16) \\ &= 14,8 \end{aligned}$$

$$Cr_{ek}/Ni_{ek} = \frac{19,54}{14,8}$$

$$= 1,32$$

Dengan diperolehnya harga perbandingan $Cr_{ek}/Ni_{ek} < 1,48$ maka mekanisme yang terjadi adalah mekanisme pembekuan austenit – ferit. Mekanisme pembekuan austenit – ferit adalah mekanisme pembekuan yang diawali dengan pembentukan fasa austenit (γ), kemudian mengalami pembekuan berikutnya membentuk fasa delta ferit (δ) diantara dendritik.

Dari hasil struktur mikro menunjukkan daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone*) tidak terbentuk karbida-krom pada batas butir, hal ini disebabkan oleh laju pendinginan di daerah ini relatif sangat cepat sehingga butir yang menuju batas butir tertahan ditengah-tengah. Struktur mikro pada daerah ini terdiri dari butir – butir austenit pada baja tahan karat dan pada baja karbon ferit dan pearlit.

Daerah antara logam lasan dengan daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone*), struktur mikro pada daerah ini terdiri dari Austenit (γ) dan Fasa delta ferit (δ) serta *Columnar* Austenit pada baja tahan karat dan pada baja karbon terdiri dari ferit dan pearlit.

Daerah pada titik logam lasan (*nugget*) adalah daerah yang mengalami pencairan dengan proses pembekuan yang sangat cepat, adapun struktur mikro dari logam lasan ini terdiri dari *Columnar* austenit di sekeliling bagian pinggir logam lasan dan pada bagian tengah adalah struktur dendritik dalam matrik austenit. Dendritik menggambarkan bentuk

pertumbuhan inti atau menggambarkan hasil dari bentuk pertumbuhan inti. Dendritik yang terbentuk dalam logam lasan kelompok A jauh lebih kecil dan halus jika dibandingkan dengan kelompok B dan C, dikarenakan kelompok A menggunakan arus yang kecil sehingga laju pendinginan lebih cepat dari kelompok B dan C.

Kesimpulan

1. a).Semakin besar arus pengelasan yang digunakan maka gaya tarik geser dan tegangan tarik geser dari sambungan las akan menurun, penggunaan arus pengelasan yang semakin besar mengakibatkan waktu pendinginan semakin lama dan ukuran butir semakin besar sehingga akan menurunkan kekuatannya. Kerusakan yang terjadi setelah pengujian ini adalah rusak geser.
- b).Ukuran diameter titik lasan (*nugget*) semakin besar dengan digunakannya arus pengelasan yang semakin besar.
- c).Pada pengujian struktur mikro, pertumbuhan ukuran butir semakin besar sejalan dengan penggunaan arus pengelasan yang besar pula.
2. a).Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka kondisi pengelasan yang dianggap optimal adalah kondisi pengelasan pada kelompok A dengan arus pengelasan 3800 amper pada spesimen A₁, dimana :
 - ✓ Gaya tarik geser : 304,164 kgf
 - ✓ Diameter titik logam las: 2,75 mm
- b).Tidak terjadinya cacat lasan pada kelompok A, kelompok B maupun pada kelompok C

DAFTAR PUSTAKA

1. ASME SECTION IX; “*Qualification Standard for Welding and Brazing Produce Welder*,” 1986.
2. AWS. 1971. *Welding Handbook, edition 9. Volume 6 “Welding Brazing and Soldering”*.
3. Djaprie, Sriati; Van Vlack; “*Ilmu dan Teknologi Bahan*”; Penerbit Erlangga, Edisi Keempat, 1986.
4. JIS. Handbook; “*Welding*”; 1983.
5. “*Operation Manual For Hand Press*”; Type Spot Welder P272.
6. *Panduan Praktikum Material teknik*; Lab logam , Unjani. 1996.

7. Suutala, N.; *"Ferritic – Austenitic Solidification Mode in Austenitic Stainless Steel Weld"*; Metallurgical Transaction Vol. 11A ; TMS, AIME, ASM; New York, 1980
8. Tata Surdia ; *"Pengetahuan Bahan Teknik"*, Shinroku Saito; penerbit Pradya Paramita, 2000.
9. Wahid, Abdul ; *"Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam"*, 1989.
10. *Welding Handbook* 8th Edition Vol.2; *"Welding Processes"* ASM. *Metal Handbook* Vol 6; American Society for Metal, 1971.
11. Wiryosumarto, Harsono, Toshie Okumura, *"Teknologi Pengelasan Logam"*; Pradya Paramita, 1991.

* *Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin*

** *Staf Pengajar Jurusan Teknik Metalurgi*

*** *Mahasiswa Teknik Mesin*