

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik, Macro Area HAZ, Dan Hasil Pengamatan *Non Destructive Test* MT, UT Pada Pengelasan GMAW Baja S355J2” penelitian ini adalah penelitian eksperimental, yaitu dilakukan secara langsung terhadap objek dan aktual yang dituju. Dengan menggunakan metode magnetic test, ultrasonic test untuk mengidentifikasi adanya cacat las dan juga menggunakan metode pengujian kekuatan tarik, macro test HAZ untuk melihat kekuatan tarik spesimen variasi kuat arus 100 Ampere, 200 Ampere, 300 Ampere, Selain itu mengamati area pengelasan *Heat Affected Zone* (HAZ). Pengujian ini juga dilakukan terhadap dasar teori yang ada dari sumber beberapa buku dan jurnal.

3.2 Waktu dan Tempat

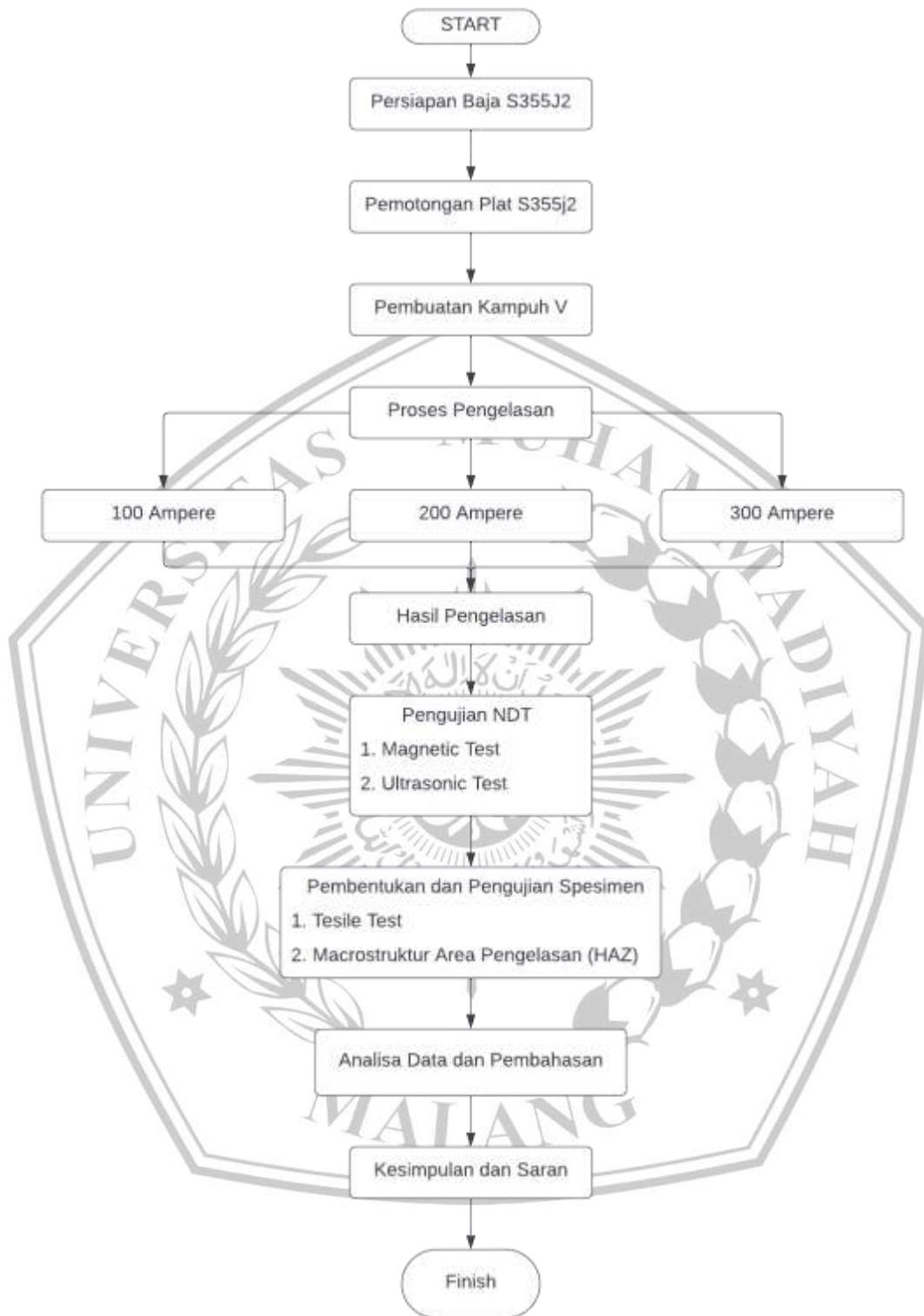
Adapun waktu, tempat, dan pelaksanaan penelitian berlangsung diantaranya dari pemotongan specimen, pembuatan kampuh groove V, persiapan hingga proses pengelasan, mendapatkan hasil specimen, pengujian *magnetic test*, *ultrasonic test*, *tensile test* dan *macrostruktur* area HAZ dilakukan pada tanggal 11 September 2023 – 22 Desember 2023 di PT Industri Kereta Api, Jl. Yos Sudarso No. 71, Madiun Lor, Kec. Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur 63122.

Pada penelitian ini ada beberapa tempat pelaksanaan penelitian sebagai berikut :

1. Workshop Pemotongan Spesimen
2. Workshop Welding Center
3. Lab PT Inka Pengujian *Destructive Test* dan *Non Destructive Test*

3.3 Diagram Alir Penelitian

Pada saat melakukan penelitian, perlu adanya proses yang bertahap dan berkesinambungan, sehingga dapat terlaksanakan sesuai dengan tujuan. Adapun diagram alir dalam penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan dilakukan untuk mempermudah penulis dalam proses penelitian, Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.4.1 Alat Persiapan Penelitian

Pada penelitian ini diperlukan alat sebagai penunjang proses penelitian, diantaranya :

1. Peralatan Mesin Las GMAW
2. *Chipping Hammer*/Palu
3. *Taper Gauge*/Penggaris Kampuh V
4. *Wire Brush*/Sikat Kawat
5. Bahan Backing Kramik Las
6. Gerinda
7. Stang
8. Alat Pelingdung Diri (APD)

3.4.2 Bahan Persiapan Penelitian

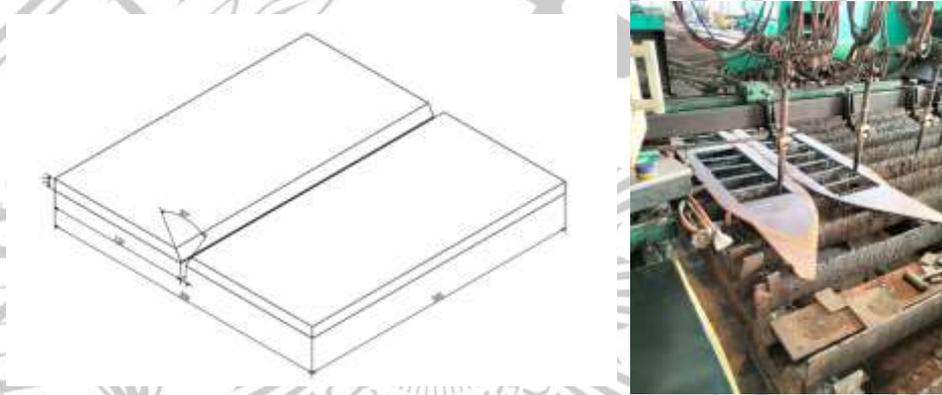
Pada penelitian ini material yang digunakan baja S355J2 sebagai berikut :

1. Material : S335J2
2. Bentuk : Plate
3. Proses Pengelasan : GMAW
4. Elektroda : ER70S-6
5. Diameter Elektroda : 1.2 mm
6. Root Gap : 6 mm
7. Tipe Sambungan : *Butt Joint Single V*
8. Posisi Pengelasan : 1G
9. Ketebalan : 12 mm
10. Jumlah : 6 *Test Piece*, 100 A, 200 A dan 300 A

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Pemotongan Plat Material S355J2

Sebelum material di proses menjadi bahan spesimen, raw material masih berupa plat utuh. Pertama, desainlah gambar spesimen dengan ukuran yang ingin kita potong. Selanjutnya, setelah menggambar desain yang diinginkan, kita harus menggunakan marking atau penandaan dimana disini bertujuan menandai raw material sesuai gambar desain yang ditentukan sebelum ketahap *Cutting Plan*. Pemotongan ini untuk plat S355J2 sebanyak 6 *test piесе* sebelum di las dengan ukuran 300 mm x 150 mm. Dimana proses pemotongan bisa dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Dimensi Pemotongan Carbon Steel S355J2

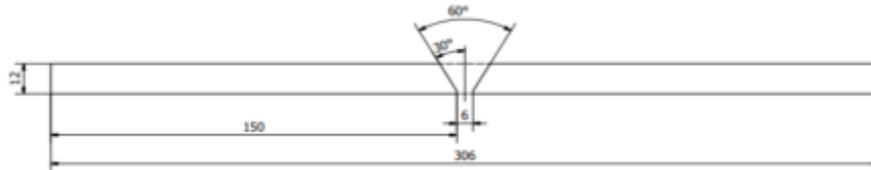
Pada penelitian ini material yang digunakan *carbon steel* S355J2 yang mempunyai komposisi kimia pada tabel 3.1 dibawah ini

Tabel 3.1 Kompisi Kimia Baja Karbon Rendah S355J2
(Seitl et al., 2018)

Carbon Steel	C (max.%)	Mn (max.%)	Si (max.%)	P (max.%)	S (max.%)	N (max.%)	Cu (max.%)	CUV (max.%)
S355J2	0.2	1.6	0.55	0.03	0.03	-	0.55	0.47

3.5.2 Pembuatan Kampuh V 30°

Proses pembuatan *test piece* penelitian kali ini memakai tipe penyambungan *Butt Joint* kampuh V dengan sisi sudut kemiringan 30°. Proses pembuatan kampuh V ini menggunakan mesin portable flam api, pembuatan kampuh ini digunakan di satu sisi plat S355J2 masing-masing sebanyak 6 *test piece*. Berikut sketch kampuh V 30°.



Gambar 3.3 Dimensi Kampuh V Baja S355J2

Sebelum proses pengelasan berlangsung, spesimen atau *test piece* berkampuh V yang sama berbahan S355J2 dan bahan bantu untuk mempermudah proses pengelasan. Bahan bantu ini meliputi backing kramik dan fitting. Backing kramik adalah bahan untuk membantu menopang kedua benda uji agar proses pengelasan tidak tembus ke bawah area *root*. Sedangkan Fitting adalah bahan untuk membantu menahan benda uji pada tempatnya untuk meminimalisasikan deformasi dan memastikan benda uji sejajar pada saat proses pengelasan berlangsung.



Gambar 3.4 Backing Kramik dan Fitting

3.5.3 Proses Pengelasan

Proses pengelasan yang digunakan untuk penelitian ini adalah Gas Metal Arc Welding (GMAW). Welder yang digunakan untuk proses pengelasan ini harus *qualified* dan material menggunakan penyambungan *Butt Joint*. Langkah-langkah yang digunakan dalam proses pengelasan sebagai berikut :

1. Mempersiap material yang akan digunakan yaitu carbon steel S355J2
2. Membuat sudut kampuh single V dengan sudut 30° .



Gambar 3.5 Pembuatan Sudut 30°

3. Fit Up material dengan root gap sebesar 6 mm seperti pada gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6 Pengukuran Root Gap menggunakan Welding Gauge

4. Mempersiapkan mesin las Gas Metal Arc Welding (GMAW) seperti gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 Mesin Las Gas Metal Arc Welding

5. Mempersiapkan filler metal yang akan digunakan yaitu ER70S-6 dengan diameter 1.2 mm seperti gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 Filler Metal ER70S-6

6. Selama proses penelitian ada 3 kali pengulangan pengelasan di 100 Ampere, 200 Ampere dan 300 Ampere. Jadi disini yang pertama proses pengelasan di 100 Ampere dengan seperti gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.9 Proses Pengelasan 100 Ampere

7. Proses pengelasan Gas Metal Arc Welding di 200 Ampere seperti gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10 Proses Pengelasan 200 Ampere

- Selanjutnya yang paling terakhir proses pengelasan di 300 Ampere seperti gambar 3.11 dibawah ini.



Gambar 3.11 Proses Pengelasan 300 Ampere

- Proses saat pengelasan 100 Ampere, 200 Ampere dan 300 Ampere di workshop PT INKA, Madiun seperti gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3.12 Pengelasan 100 A, 200 A dan 300 A

3.6 Pengujian Spesimen

Dalam proses penelitian ini terdapat empat pengujian pada spesimen untuk mengetahui kualitas dari hasil pengelasan. Adapun pengujiannya sebagai berikut :

- Magnetic Particle Test
- Ultrasonic Test
- Pengujian Tarik
- Pengujian Macro Pengamatan Area *Heat Affected Zone* (HAZ)

3.6.1 Magnetic Particle Test

Setelah dilakukan proses pengelasan, langkah selanjutnya yaitu pengujian *magnetic test*. Inspeksi *magnetic test* merupakan tahap untuk menentukan hasil lasan pada permukaan las tersebut sesuai dengan *acceptance criteria* atau tidak. Pengujian *magnetic test* dilakukan untuk memastikan bahwa hasil pengelasan tidak terdapat cacat atau *weld defect* seperti linear dan rounded. Langkah-langkah melakukan inspeksi magnetic test sebagai berikut :

1. Mempersiapkan material yang digunakan yaitu carbon steel S355J2
2. Mengkalibrasi *Yoke* menggunakan blok kalibrasi merupakan tahap awal menguji keakuratan dan kondisi dari *yoke*.
3. Melakukan pengecekan medan kutub menggunakan *Pole Fille Indicator* dengan menyemprotkan WCP (*White Contrast Paint*) dan Black Ink pada benda uji secara merata kemudian menggunakan *yoke* untuk melakukan magnetisasi untuk mengetahui arah medan kutub.
4. Melakukan pengecekan tingkat intensitas pencahayaan menggunakan Lux Meter.
5. Setelah melakukan kalibrasi *magnetic test*, selanjutnya membersihkan benda uji S355J2 menggunakan *Cleaner* atau pembersih pada permukaan las.
6. Melakukan penyemprotan WCP (*White Contrast Paint*) pada benda uji S355J2 secara merata pada area permukaan las.
7. Melakukan penyemprotan *Black Ink* pada benda uji secara bersamaan dengan menempelkan *yoke* pada benda uji agar benda uji tersebut akan termagnetisasi.
8. Melakukan pergerakan secara menyilang agar dapat mendeteksi kebocoran magnet pada benda uji secara efisien.
9. Mengamati jenis diskontinuitas atau cacat las pada permukaan las.

Proses inspeksi magnetic test pada spesimen penelitian 100 Ampere, 200 Ampere dan 300 Ampere bisa dilihat pada gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.13 Proses Inspeksi *Magnetic Test*

3.6.2 Ultrasonic Test

Setelah melakukan inspeksi *magnetic test*, langkah selanjutnya yaitu inspeksi *ultrasonic test*. Inspeksi *ultrasonic test* merupakan metode untuk mendeteksi cacat las yang ada di kedalaman dan panjang lasan. Dalam melakukan inspeksi ultrasonic test adapun langkah-langkah kalibrasi ultrasonic test adalah sebagai berikut :

1. Semua proses kalibrasi dan pengujian harus dilakukan dengan *reject control* dalam posisi mati/*off*.
2. Pada kalibrasi ini menggunakan blok kalibrasi IIW V1.
3. Pada kalibrasi *probe* sudut, perlu diingat bahwa indikasi tertinggi diperoleh apabila pantulan gelombang suara arahnya tegak lurus terhadap lubang. Garis tengah *probe* jaraknya minimum sebesar 38 mm dari sisi-sisi blok terdekat.
4. Menggunakan cairan *glycerin* untuk kalibrasi.
5. Pada menu *basic*, setting gain tidak terlalu tinggi agar pulsa bisa terbaca jelas, setting *range* menjadi 250 mm atur juga start pada *range* 50-100 mm serta width berkisar 50-60 mm.
6. Pada menu *WbPrb*, setting *thincknees* menjadi 100 mm dan *velocity* 3250 m/s, setting *angle probe* menjadi 70°, atur *PrbDly* menjadi 0.

7. Pada menu *Auto*, *On* kan *Clear*, lakukan kalibrasi untuk *Record* sinyal tertinggi menggunakan *probe* sudut, ukur jarak ujung *probe* ke ujung blok kalibrasi lalu kurangi 100 mm untuk mencari *valx*, rata-rata *valx* berkisar 18-22 mm.
8. Balik blok kalibrasi untuk mencari *angle* sudut, geser *probe* untuk mencari sinyal tertinggi lalu setting ke menu *WbPrb* dan ganti *angle* menyesuaikan sudut 15° . Rata-rata *angle* berkisar 69,4-69,7.
9. Bersihkan blok kalibrasi, UT (*Ultrasonic Test*) siap digunakan.

Proses kalibrasi *ultrasonic test* bisa dilihat pada gamabar 3.14 seperti dibawah ini.



Gambar 3.14 Kalibrasi *Ultrasonic Test*

Proses inspeksi *ultrasonic test* pada spesimen penelitian 100 Ampere, 200 Ampere dan 300 Ampere dapat dilihat pada gambar 3.15 dibawah ini.



Gambar 3.15 Inspeksi Ultrasonic

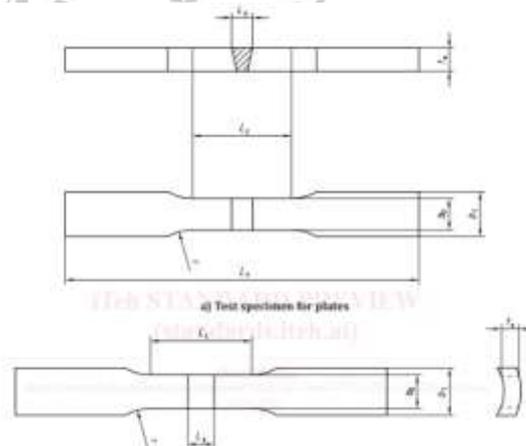
3.6.3 Pengujian Tarik

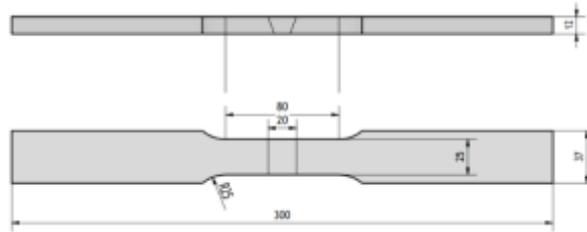
Pengujian tarik (*tensile test*) adalah metode pengujian merusak yang digunakan untuk melihat kemampuan material untuk menerima beban tarik. Nama mesin yang digunakan untuk penelitian uji tarik ialah Zwick Roell di PT INKA, Madiun dan ukuran spesimen uji tarik tercantum pada standard ISO 4136:2022(E) yang dapat dilihat pada gambar 3.16 dan gambar 3.17 dibawah berikut.



Gambar 3.16 Mesin Uji Tarik Zwick Roell

Pada penelitian uji tarik ini menggunakan standard ISO 4136:2022(E) dilihat pada gambar 3.17 seperti dibawah ini.





Gambar 3.17 Dimensi Pengujian Tarik (ISO, 2022)

Pada tabel 3.2 ini menjelaskan dimensi uji tarik standard ISO 4136:2022(E) seperti dibawah ini.

Tabel 3.2 Standard Dimensi ISO 4136:2022(E) (ISO, 2022)

Denomination	Symbol	Dimensions
Total length of the test specimen	L_t	to suit particular testing machine
Width of shoulder	b_1	$b_0 + 12$
Width of the parallel length	plates	b_0 12 for $t_s \leq 2$ 25 for $t_s > 2$
	pipes	b_0 6 for $D \leq 50$ 12 for $50 < D \leq 168,3$ 25 for $D > 168,3$
Parallel length ^{a b}	L_c	$\geq L_s + 60$
Radius at shoulder	r	≥ 25

^a For resistance welding, welding with pressure and beam welding (process groups 2, 4, and 5 in accordance with ISO 4063), $L_c = 0$.

^b For some other metallic materials (e.g. aluminium, copper and their alloys) $L_c \geq L_s + 100$ can be necessary.

3.6.4 Pengujian Pengamatan Macro (HAZ)

Pengujian pengamatan macro bertujuan untuk mengetahui *base metal*, *weld metal*, dan lebar HAZ (*Heat Affected Zone*). *Macro test* dilakukan pada sambungan las dan memperlihatkan hasil lasan serta di area sekitarnya. Pada hasil pengujian macro test dapat dilihat sebagai berikut :

1. Lebar Heat Affected Zone (HAZ)
2. Cacat Las

Adapun langkah-langkah pengujian *macro test* sebagai berikut :

1. Melakukan pemotongan sepesimen sesuai desain.
2. Mempersiap material yang sudah di cutting dengan desain.
3. Melakukan penggerindaan dan pemolesan.

4. Spesimen digosok pada kertas gosok mulai dari *grade* 320, 400, 600, 1000 sampai permukaannya mengkilap.
5. Melakukan penetsaan menggunakan HCL 32% + HNO³ 68% sampai terlihat struktur makronya.
6. Melakukan pengamatan dan pemotretan dengan foto *macro*
7. Melakukan analisi dan interpretasi foto *macro*

Proses saat melakukan pengujian pengamatan *macro test* dapat dilihat pada gambar 3.18 dibawah ini.



Gambar 3.18 Pengujian *Macro Test*

3.7 Rancangan Pengambilan Data

Pada penelitian kali ini pengolahan data menggunakan analisa variasi kuat arus 100 Ampere, 200 Ampere dan 300 Ampere. Metode pengujian yang dilakukan dalam pengambilan data ini menggunakan *magnetic test*, *ultrasonic test*, *tensile test* dan *macro test* HAZ.

Tabel 3.3 Pengambilan Data Magnetic Test

No	Material	Ampere	Thickness (mm)	Evaluation		Remarks
				Accepted	Repaired	
1	S355J2	100				
2	S355J2	200				
3	S355J2	300				

Tabel 3.4 Pengambilan Data Ultrasonic Test

Ampere	Probe angle (°)	Frequency (MHz)	Leg	Decibels				Record of Discontinuity					Evaluation		Remarks			
				Indication Level (a)	Reference Level (b)	Attenuation Factor (c)	Indication Rating (d)	Class of Indication	Length (mm)	Angular Distance	Depth from Face A	Distance from Y (mm)	Discontinuity Type	Accepted		Repaired		
100																		
200																		
300																		

Tabel 3.5 Pengambilan Data Tensile Test

Arus	No. Spesimen	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation %	Failure Location
100	1				
	2				
	3				
	Rata-rata				
200	1				
	2				
	3				
	Rata-rata				
300	1				
	2				
	3				
	Rata-rata				

Tabel 3.6 Pengambilan Data Lebar HAZ Macro

Arus Ampere	No. Spesimen	Lebar HAZ (mm)		
		Kanan	Kiri	Rata-rata
100	1			
	2			
	3			
	Rata-rata keseluruhan			
200	1			
	2			
	3			
	Rata-rata keseluruhan			
300	1			
	2			
	3			
	Rata-rata keseluruhan			