

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Pengujian**

Dalam bidang keteknikan, hasil pengujian merupakan hasil dari beberapa percobaan atau pengujian untuk memberikan validasi atau verifikasi kinerja, kualitas atau kesesuaian suatu produk atau sistem yang dibuat. Hasil pengujian dalam bidang keteknikan memiliki bentuk berupa data numerik yang mewakili kualitas atau kesesuaian dari produk sistem (Callister, 2018).

Rijali (2019) mengatakan bahwa analisa merupakan upaya untuk mencari menata data dari hasil penelitian. Maka dari itu, hasil pengujian bukan hasil akhir yang dapat mengeluarkan sebuah kesimpulan. Perlu adanya pengolahan data dan analisa lanjutandengan merusuk pada rumus rumus perhitungan data.

Hasil pengujian pada penelitian ini memiliki fokus terhadap nilai laju korosi dengan menggunakan metode *underwater welding* menggunakan Las SMAW, dengan ampere 60, 90 dan 120.

##### **4.1.1. Las SMAW**

Las SMAW atau bisa disebut *shielded metal arc welding*, yang juga dikenal *welding stick* atau *welding rod* ini adalah metode pengelasan manual yang paling umum digunakan didunia. Dalam prosesi ini busur listrik dibentuk antara elektroda berlapis fluks dan bahan yang akan disambungkan, sehingga menyebabkan logam meleleh dan terikat bersama, dalam pengujian kali ini penelitian menggunakan variasi amper yang berbeda yaitu 60A, 90A dan 120A dengan pelapisan elektroda menggunakan resin polyster.

#### **4.2 *Welding Procedure Specifition (WPS)***

Proses *Underwater wet welding* pada penelitian ini yang di lakukan di Pusat Pelatihan Kerja Khusus Pengembangan Las (PPKKPL) Condet Jakarta Timur. Adapun itu berikut *Welding Procedure Specifition (WPS)* sebagai berikut:

Dimensi	: 300 mm x 260 mm x 12,7mm
Jenis Pengelasan	: Shielded Metal Arc Welding
Tipe Sambungan	: Butt Joint Single V- Groove 60°
Posisi Pengelasan	: 1G
Elektrode	: AWS E6013
Diameter Filler Metal	: Ø 3.2 mm
Pelindung Flux Electrode	: Resin Polyester
Polaritas	: DCEP/ DCSP
Ampere	: 60A,90A,120A
Voltage (Range)	: 89V
Surface Preparation	: Grinding & Wire Brush
Mesin Las	: Miller Invasion 456MP
Welder	: Marlon (Instruktur Welder PPKKPL Condet)

### 4.3 Heat Input Pengelasan

Adapun hasil heat input dari masing-masing variasi arus dan kecepatan pengelasan yang dihasilkan dalam proses *underwater wet welding* sambungan baja API 5L X65 ini, adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Heat Input Masing-masing Arus Pengelasan

<i>Type Electrode</i>	<i>Arus</i> <b>(A)</b>	<i>Voltage</i> <b>(V)</b>	<i>Travel Speed</i> <b>(mm/min)</b>	<i>Heat Input</i> <b>(kJ/mm)</b>
Kobe Steel	60	88,7	28,22	11,31
RB-26	90	88,7	31,02	15,44
Ø3,2mm	120	88,7	33,03	19,33

#### 4.4 Analisa Laju Korosi

Adapun hasil laju korosi dalam pengujian ini bertujuan untuk menganalisa laju korosi dengan masing masing arus Ampere.

**Tabel 4.2** Hasil Laju Korosi Terhadap Masing-Masing Arus  
**Arus (Ampere)**

60	90	120
		

Proses korosi dilakukan untuk mengetahui laju korosi dari spesimen dengan pelapis elektroda resin polyster dengan kuat arus yang berbeda yaitu. 60A, 90A, dan 120A. untuk larutan korosif yang digunakan adalah *demineral*. Selanjutnya akan diukur tingkat korosi dengan menggunakan *corrosion tester* untuk mendapatkan nilai laju korosi dari masing masing spesimen.

Untuk menghitung laju korosi peneliti menggunakan rumus :

$$CR = \frac{W \cdot K}{D \cdot A \cdot T}$$

Dimana :

CR : Laju korosi (*mm/year*)

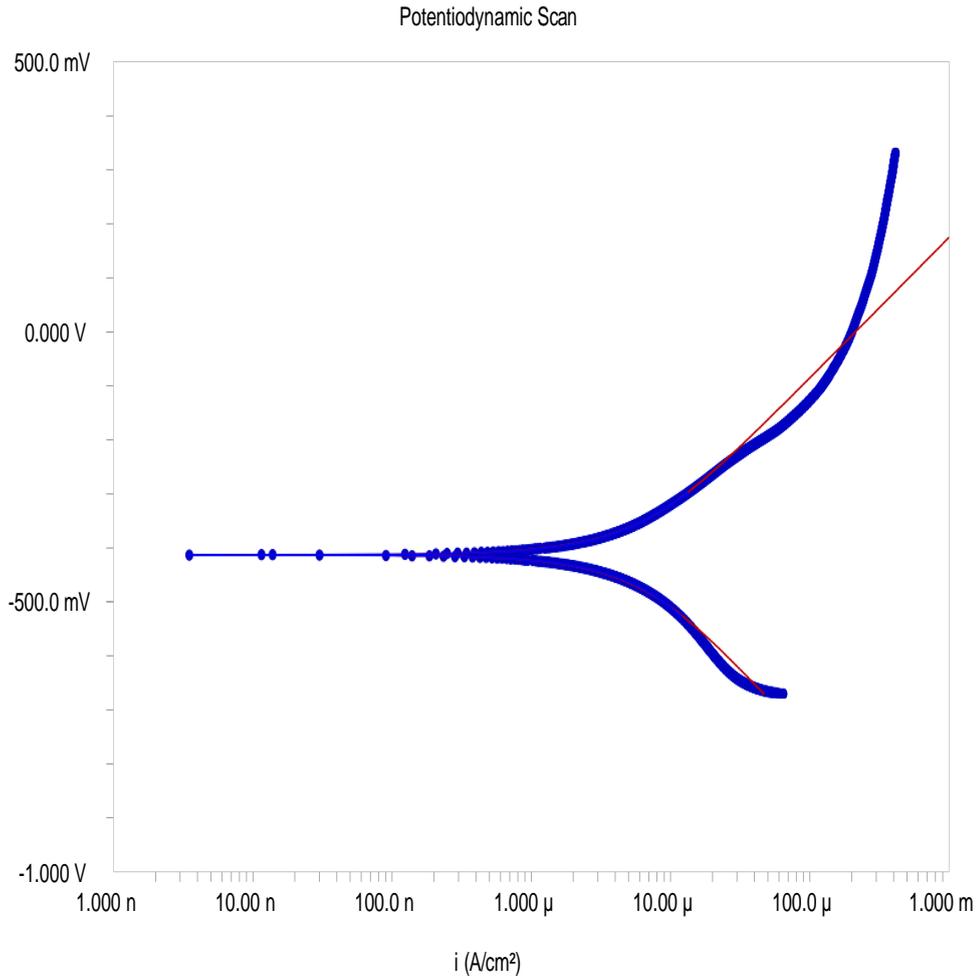
W : Kehilangan Masa

K : Konstanta ( $3.45 \times 10^6$ )

D : Densitas (*Gram/cm<sup>3</sup>*)

A : Luas Permukaan (*cm<sup>2</sup>*)

T : Waktu



● CURVE (PD BAJA KARBON (60)\_ELSA 104449.DTA)

— Fit 1 [Tafel]

EXPERIMENTAL PARAMETERS

Initial E (V): -0.25 vs. Eoc  
 Final E (V): 0.75 vs. Eoc  
 Potentiodynamic Scan  
 7/18/2023  
 11:27:55  
 Scan Rate (mV/s): 0.5  
 Sample Period (s): 1  
 Sample Area (cm<sup>2</sup>): 4.71  
 Density (g/cm<sup>3</sup>): 7.8  
 Equiv. Wt: 27.39  
 IR Comp: Off  
 Open Circuit (V): -0.4277945

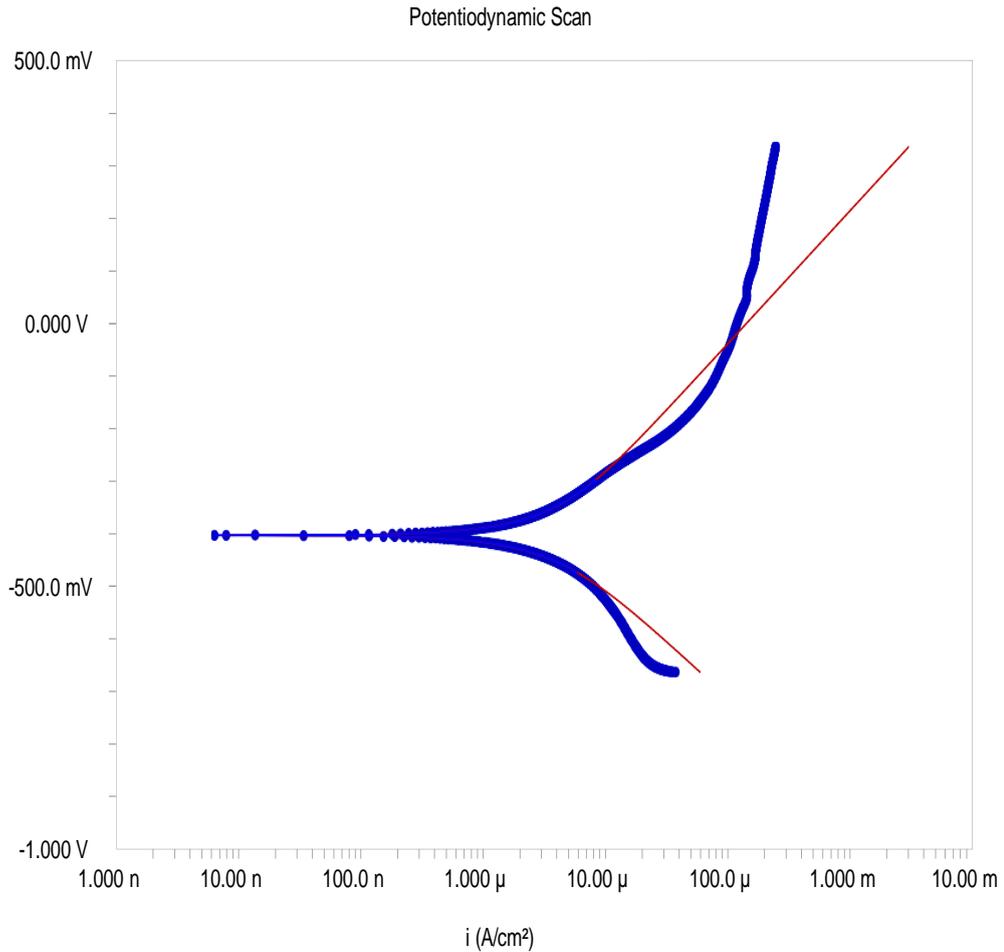
EXPERIMENTAL DETERMINATIONS

BetaA (V/decade): 0.2597  
 BetaC (V/decade): 0.2752  
 Icorr (A): 5.53E-06  
 Ecorr (V): -0.412  
 Corrosion Rate (mpy): 2.499632

EXPERIMENTAL NOTES

Kode Sampel : 4305-104449-1,  
 ar : air demin

**Gambar 4.1** Grafik Laju Korosi Laju Korosi 60A



● CURVE (PD BAJA KARBON (90)\_ELSA 104449.DTA)

— Fit 1 [Tafel]

EXPERIMENTAL PARAMETERS

Initial E (V): -0.25 vs. Eoc  
 Final E (V): 0.75 vs. Eoc  
 Potentiodynamic Scan  
 7/18/2023  
 13:02:40  
 Scan Rate (mV/s): 0.5  
 Sample Period (s): 1  
 Sample Area (cm<sup>2</sup>): 4.71  
 Density (g/cm<sup>3</sup>): 7.8  
 Equiv. Wt: 27.39  
 IR Comp: Off  
 Open Circuit (V): -0.4224092

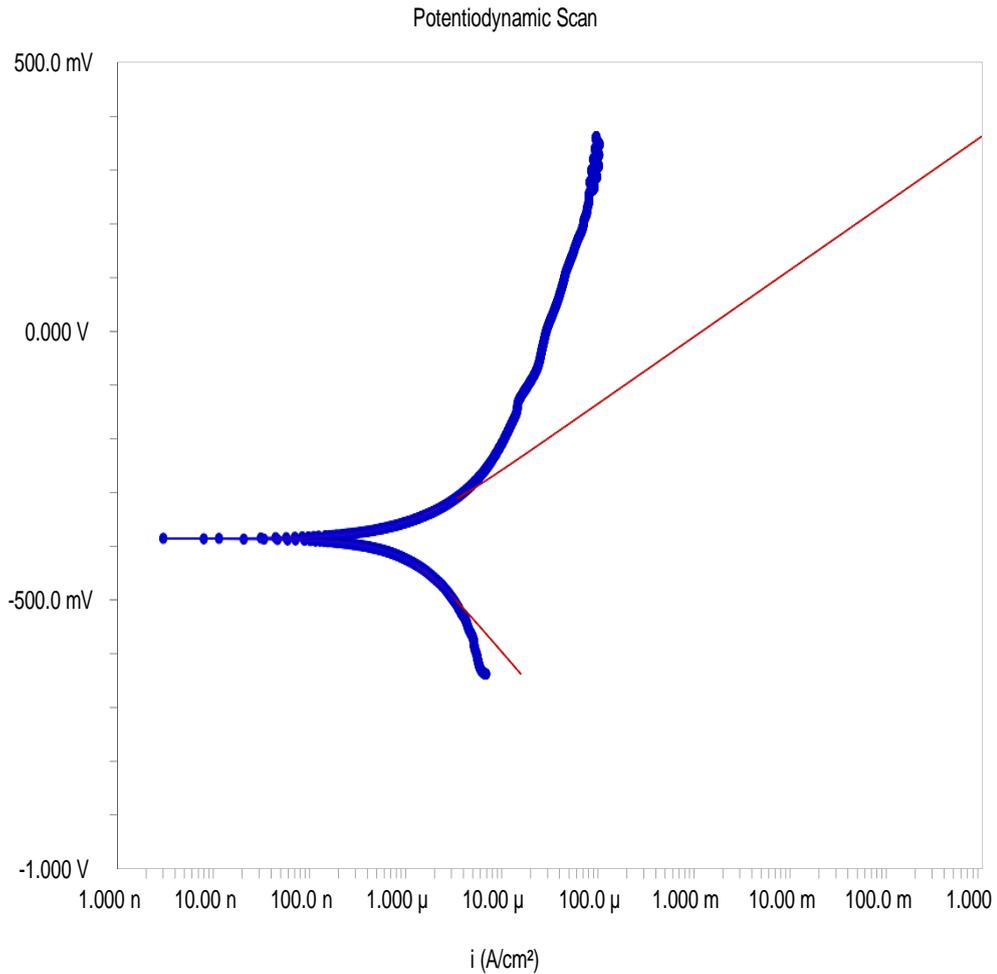
EXPERIMENTAL DETERMINATIONS

BetaA (V/decade): 0.2534  
 BetaC (V/decade): 0.2146  
 Icorr (A): 3.65E-06  
 Ecorr (V): -0.403  
 Corrosion Rate (mpy): 1.650078

EXPERIMENTAL NOTES

Kode Sampel : 4305-104449-2,  
 ar : air demin

**Gambar 4.2** Grafik Laju Korosi 90A



● CURVE (PD BAJA KARBON (120)\_ELSA 104449.DTA) — Fit 1 [Tafel]

EXPERIMENTAL PARAMETERS

Initial E (V): -0.25 vs. Eoc  
 Final E (V): 0.75 vs. Eoc  
 Potentiodynamic Scan  
 7/18/2023  
 14:02:55  
 Scan Rate (mV/s): 0.5  
 Sample Period (s): 1  
 Sample Area (cm<sup>2</sup>): 4.71  
 Density (g/cm<sup>3</sup>): 7.8  
 Equiv. Wt: 27.39  
 IR Comp: Off  
 Open Circuit (V): -0.3960137

EXPERIMENTAL DETERMINATIONS

BetaA (V/decade): 0.1247  
 BetaC (V/decade): 0.208  
 Icorr (A): 9.81E-07  
 Ecorr (V): -0.385  
 Corrosion Rate (mpy): 0.4435229

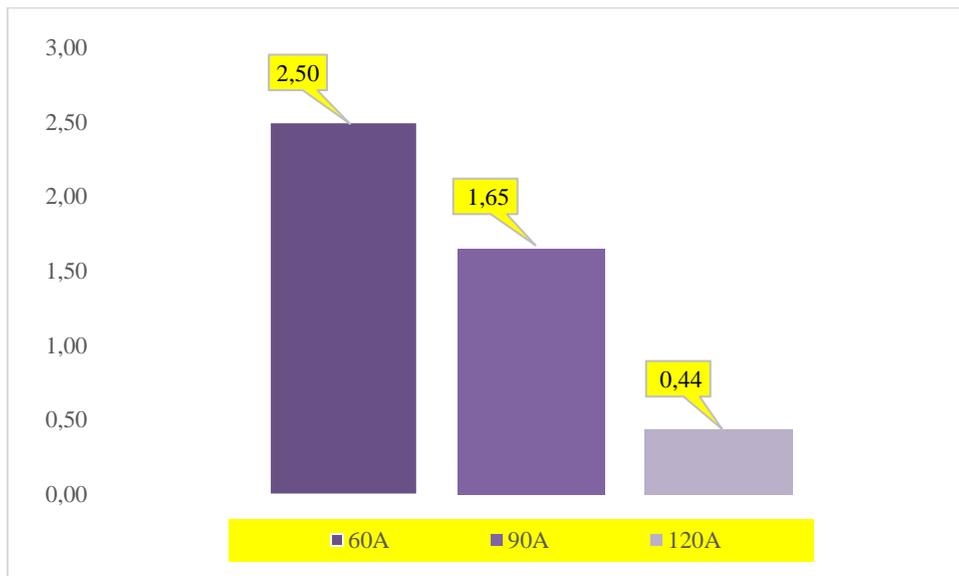
EXPERIMENTAL NOTES

Kode Sampel : 4305-104449-3,  
 ar : air demin

**Gambar 4.3** Grafik Laju Korosi 120A

Pada grafik diatas dari masing masing spesimen dengan arus yang berbeda memiliki nilai laju korosi yang berbeda yaitu spesimen dengan arus 60A memiliki nilai korosi paling tinggi yaitu 2.499632 (2.5), untuk spesimen dengan arus 90A memiliki nilai korosi sebesar 1.650078 (1.66) dan spesimen dengan arus 120A memiliki nilai paling rendah yaitu 0.4435229 (0.5).

Kemudian dilakukan analisa lebih langsung dengan menyajikan data grafik dengan grafik batang dibawah ini :



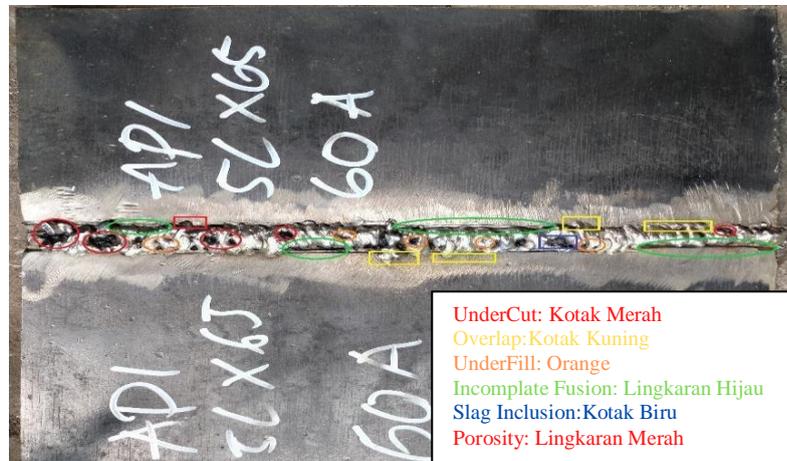
**Gambar 4.4** Grafik Batang Laju Korosi

Pada diagram batang diatas adalah nilai laju korosi dari masing masing spesimen yang di Las SMAW dengan arus yang berbeda yaitu 60A, 90A dan 120A lalu direndam dengan air demineral untuk mendapatkan nilai korosi. Nilai korosi pada setiap spesimen pada diagram batang tersebut adalah spesimen dengan arus 60A memiliki nilai korosi sebesar 2.50, untuk spesimen yang menggunakan arus 90A memiliki nilai korosi sebesar 1.65 dan spesimen yang menggunakan arus 120A memiliki nilai korosi sebesar 0.44. Kemudian dapat disimpulkan dengan data yang didapat yaitu semakin tinggi arus yang digunakan nilai laju korosi semakin kecil.

#### 4.5 Inspeksi visual Hasil Pengelasan

Untuk tujuan inspeksi visual pengelasan, hasil sambungan dari pengujian pengelasan basah di bawah air terhadap Baja API 5L X65 dilakukan dengan menggunakan pelapis elektrode. Tujuan dari inspeksi ini adalah untuk menemukan cacat pengelasan di permukaan proses pengelasan

yang dapat mempengaruhi hasil sifat mekanik sambungan pengelasan. Hasil visual dari inspeksi ini adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.5** Visual Hasil Las 60A



**Gambar 4.6** Visual Hasil Las 90A



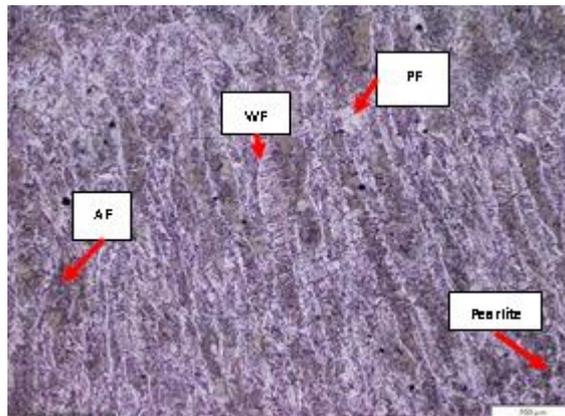
**Gambar 4.7** Visual Hasil Las 120A

Setelah proses pengelasan basah di bawah air dengan arus 60,90 dan 120 ampere terhadap baja API 5L X65, hasil visual menunjukkan cacat pengelasan seperti undercut, incomplete fusion, overlap, dan underfill. Untuk arus 60 ampere, terutama cacat las porosity, slag inclusion, dan incomplete fusion, disebabkan oleh sumber panas pengelasan yang tidak ideal, yang menyebabkan hasil yang tidak memuaskan.

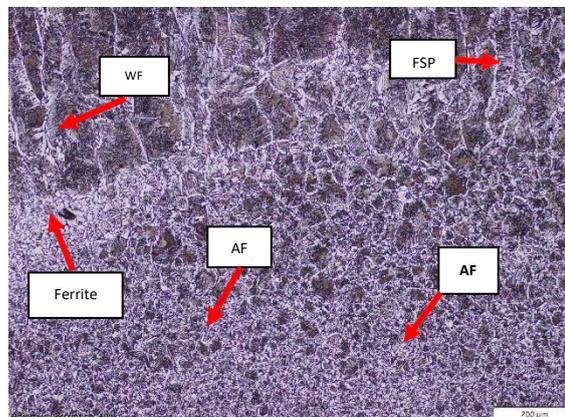
#### 4.6 Struktur Mikro

Pengujian mikrostruktur dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana hasil tes dan struktur berhubungan satu sama lain. Pengujian ini dilakukan menggunakan Olympus U-25LBA dengan pembesaran 100x. Daerah yang diamati dan dipelajari termasuk zona panas dasar logam yang terpengaruh (HAZ) dan weld logam dengan masing-masing variable arus yang digunakan.

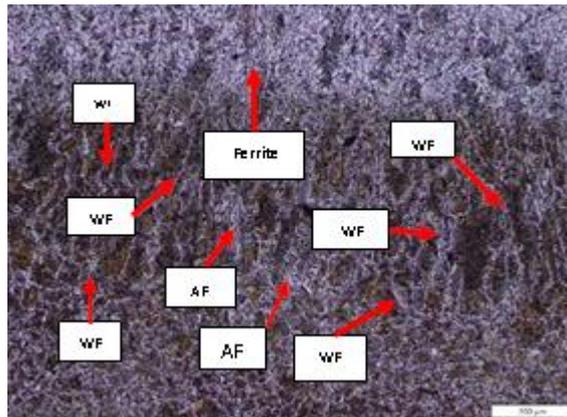
##### 1. *Weld Metal*



**Gambar 4.8** *Weld Arus 120 Ampere*

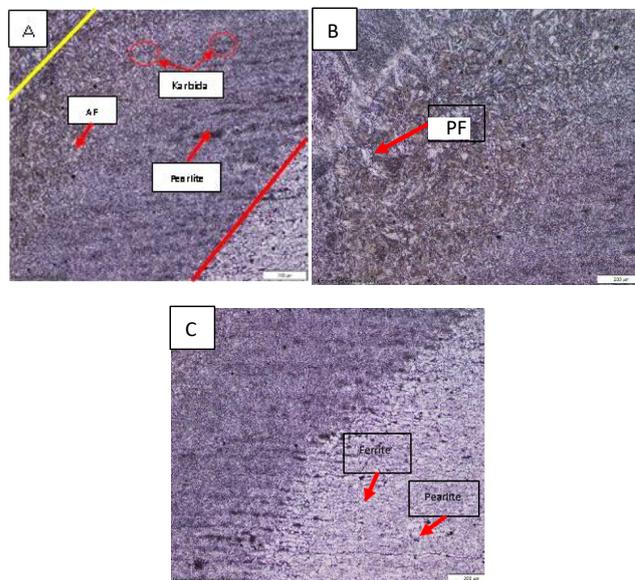


**Gambar 4.9** *Weld Metal Arus 90 Ampere*



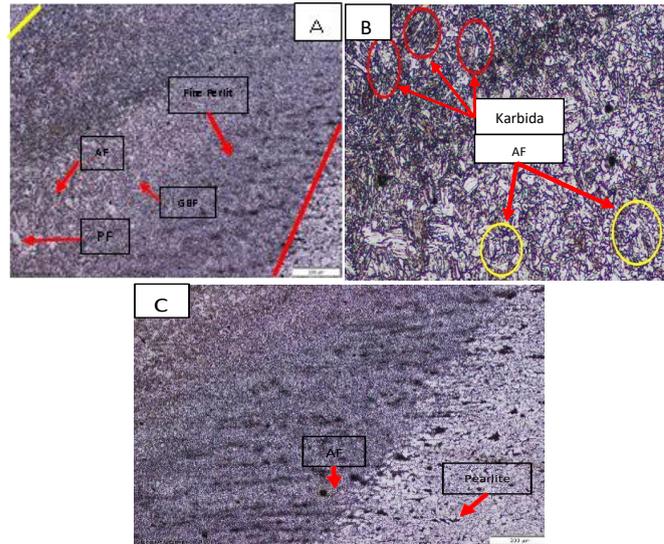
**Gambar 4.10** *Weld Metal* Arus 60 Ampere

## 2. *Head Affected Zone*

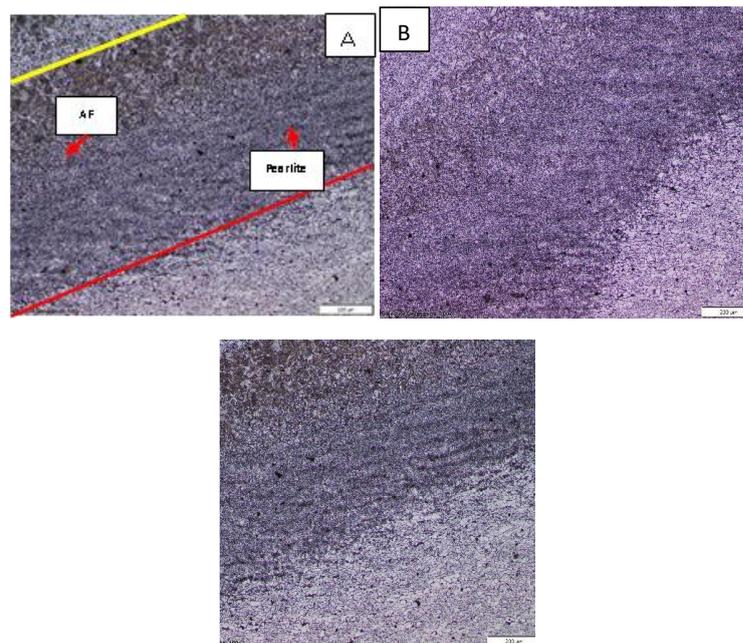


**Gambar 4.11** A) Struktur Mikro Arus 120A, B) Perbatasan *Weld Metal* dan HAZ, C) Perbatasan HAZ dan *Base Metal*.

Sebagai hasil dari pengujian struktur mikro yang dilakukan pada arus 120 ampere ungu di daerah logam panas, struktur mikro termasuk acicular ferrite, widmanstatten ferrite, polygonal ferrite, dan pearlite. Di daerah yang terpengaruh oleh panas, struktur mikro termasuk fine ferrite dan fine pearlite.



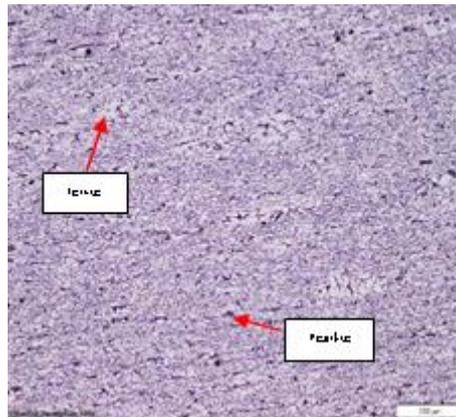
**Gambar 4.12** Struktur Mikro Arus 90 A: a).HAZ, b) Perbatasan *Weld Metal & HAZ*, c) Perbatasan *HAZ&Base Metal*



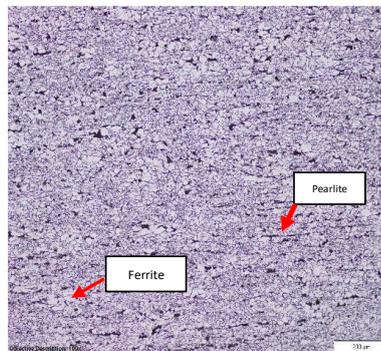
**Gambar 4.13** Struktur Mikro Arus 60 A: a).HAZ, b) Perbatasan *Weld Metal & HAZ*, c) Perbatasan *HAZ&Base Metal*

Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa untuk daerah weld metal dengan arus 60 ampere, struktur mikro *ferrite*, *acicular ferrite*, dan *boundary grain ferrite* ditemukan. Pada daerah yang terkena panas, struktur mikro *ferrite* dan *pearlite* ditemukan.

### 3. Base Metal



**Gambar 4.14** Base Metal Arus 120A



**Gambar 4.15** Base Metal Arus 60A

Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa widmanstatten ferrite, acicular ferrite, dan fine pearlite digunakan untuk daerah las metal dengan arus 90 Ampere. Untuk daerah yang terpengaruh oleh panas, digunakan stuktur mikro carbide, polygonal ferrite, dan fine pearlite.

#### 4.7 Analisa Hasil Struktur Mikro Dan Laju Korosi

Adapun analisa struktur mikro dan laju korosi dari masing masing spesimen yang diberikan ampere yang berbeda setiap spesimen yang diberika ampere memiliki struktur mikro dan hasil laju korosi yang berbeda.

Spesimen yang diambil dengan arus 60 amper menunjukkan struktur mikro dengan daerah weld metal yang terdiri dari ferrite, acicular ferrite, dan boundary grain ferrite. Struktur ferrite dan pearlite juga ditemukan di daerah yang terkena panas. Laju korosi untuk arus 90 ampere adalah 2.50 mpy.

Menurut hasil pengujian struktur mikro pada arus 90 ampere, struktur mikro untuk daerah las metal termasuk widmanstatten ferrite, acicular ferrite, dan fine pearlite. Untuk daerah yang terpengaruh oleh panas, struktur mikro karbida mencapai nilai 1.65 mpy untuk pengujian laju korosi pada arus 90 A.

Spesimen yang diberikan arus 120 ampere menunjukkan struktur mikro di daerah weld metal. Struktur mikro termasuk acicular ferrite, widmanstatten ferrite, polygonal ferrite, dan pearlite. Di daerah yang terkena panas, terdapat fine ferrite dan fine pearlite. Selain itu, nilai laju korosi untuk sampel ini adalah 0.44mpy.