

## **BAB IV**

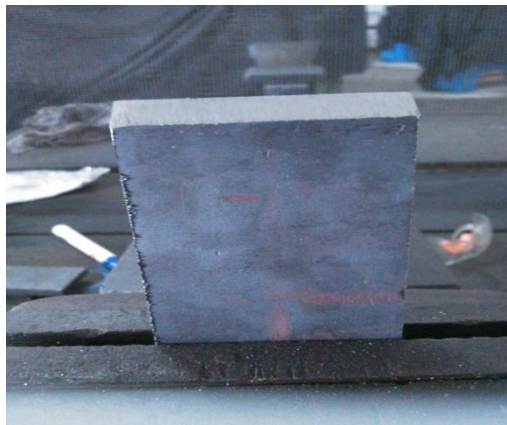
### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Penelitian Spesimen**

##### **4.1.1. Proses Pengelasan**

Setelah pengamatan, pengukuran serta pengujian dilaksanakan terhadap masing-masing benda uji, pada pengelasan las listrik dengan variasi arus 80, 90, 100 A (ampere). Didapatkan data seperti yang akan di tampilkan pada bab ini bersamaan dengan analisa setiap pengujian dan pengamatan.

##### **4.1.2. Gambar Spesimen Baja Karbon Rendah SS400**



Gambar 4.1 *Raw Material* Baja Karbon Rendah SS 400



Gambar 4.2 Spesimen Baja Karbon Rendah SS 400

Dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2 ada 9 spesimen untuk dilakukan pemotongan plat dan pembuatan kampuh V dengan proses pengelasan variasi arus listrik 80, 90 dan 100 A (ampere) dengan pengujian tarik dan 1 *raw material* untuk dilakukan pengamatan struktur mikro dalam baja karbon rendah SS 400.

#### 4.1.3. Hasil Pembuatan Kampuh V dan Pengelasan



Gambar 4.3 Hasil pembuatan kampuh V untuk proses pengelasan

#### 4.1.4. Penjelasan Proses Pengelasan Benda Uji

1. Mempersiapkan mesin las tipe valcon dengan kapasitas maksimal 160 A ( ampere ).
2. Mempersiapkan benda kerja yang akan di las.
3. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi mendatar atau bawah tangan ( horizontal ).
4. Kampuh las yang digunakan adalah jenis kampuh V, dengan sudut  $60^\circ$  dan celah 2 mm.
5. Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan tebal benda kerja, dalam penelitian ini kawat elektroda yang digunakan tipe E7018 dengan diameter 2,6 mm.
6. Menyetel Ampermeter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit kawat elektroda. Mesin las dihidupkan dan kawat elektroda digoreskan sampai menyala, Ampermeter diatur pada angka 80 A.
7. Proses selanjutnya sama dengan nomor 1-6 tetapi arusnya ditingkatkan menjadi 90 A dan 100 A. Untuk setiap pemindahan arus dilakukan 3 kali pengelesan supaya hasil yang didapatkan lebih valid.



Gambar 4.4 Hasil pengelasan las listrik dengan variasi arus 80, 90 dan 100 A (ampere).

## 4.2. Hasil Pengujian Tarik

### 4.2.1. Analisa Data

Dalam pelaksanaan uji tarik besarnya tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_o} \dots\dots\dots \text{pers (4).}$$

$$\epsilon = \frac{L-L_o}{L_o} \times 100\% \dots\dots\dots \text{pers (5).}$$

Dengan :  $\sigma_u$  : Tegangan tarik (N/mm<sup>2</sup>).

$\epsilon$  : Regangan (%).

$P_u$  : Beban tarik (KN).

$A_o$  : Luas penampang tarik mula-mula (mm<sup>2</sup>).

$L_o$  : Panjang awal spesimen (mm).

L : Panjang akhir spesimen (mm).

### 4.2.2. Data Hasil Pengujian Tarik

Dalam pengujian dan melihat grafik hasil kekuatan tarik yang dapat diperoleh 3 kelompok spesimen uji pengelasan las listrik dengan variasi arus 80, 90 dan 100 A (ampere) dan 1 spesimen Raw material yang langsung dilakukan pengujian tarik. Hasil pengujian tarik ini dapat ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 4.1 Perbandingan dari hasil Pengujian Tarik, untuk spesimen *Raw Material*.

No	Kode Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tegangan luluh ( $\sigma_y$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan Tarik ( $\sigma_u$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Panjang Awal ( $L_o$ ) (mm)	Panjang Akhir ( $L_f$ ) (mm)	Beban Maksimal (KN)	Pertambahan Panjang ( $\Delta L$ )	Regangan ( $\epsilon$ ) (%)
1	1	20.15	8.85	414.93	636.81	91.59	106.39	113.56	14.80	16.2

$$Pu = 113.56 \text{ Kn} = 1.135.600 \text{ N}$$

$$Ao = W \times T = 20.15 \text{ mm} \times 8.85 \text{ mm} = 178.3275 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pers R.M : } \sigma_u = \frac{Pu}{Ao} = \frac{1.135.60}{178.3275} = \underline{636.81} \text{ Mpa}$$

Tabel 4.2 Perbandingan dari hasil Pengujian Tarik, untuk spesimen variasi arus 80 A (ampere).

No	Kode Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tegangan luluh ( $\sigma_y$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan Tarik ( $\sigma_u$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Panjang Awal ( $L_o$ ) (mm)	Panjang Akhir ( $L_f$ ) (mm)	Beban Maksimal (KN)	Pertambahan Panjang ( $\Delta L$ )	Regangan ( $\epsilon$ ) (%)
1	80.1	15.57	8.85	397.86	527.16	91.92	97.59	72.64	5.67	72.64
2	80.2	13.90	8.85	435.23	606.35	91.67	99.26	74.59	7.59	74.59
3	80.3	16.8	8.85	416.94	470.59	92.07	95.73	70.30	3.66	70.30
<b>Rata-rata</b>				<b>416.67</b>	<b>534.7</b>	<b>275.66</b>	<b>97.52</b>	<b>72.51</b>	<b>5.64</b>	<b>72.51</b>

$$Pu = 72,64 \text{ Kn} = 726.400 \text{ N}$$

$$Ao = W \times T = 15.57 \text{ mm} \times 8.85 \text{ mm} = 137.7945 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pers 80.1 : } \sigma_u = \frac{Pu}{Ao} = \frac{726.400}{137.7945} = \underline{527.16} \text{ Mpa}$$

$$Pu = 74.59 \text{ Kn} = 745.900 \text{ N}$$

$$Ao = W \times T = 13.90 \text{ mm} \times 8.85 \text{ mm} = 123.015 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pers 80.2 : } \sigma_u = \frac{Pu}{Ao} = \frac{745.900}{123.015} = \underline{606.35} \text{ Mpa}$$

$$Pu = 70.30 \text{ Kn} = 703.000 \text{ N}$$

$$Ao = W \times T = 16.88 \text{ mm} \times 8.85 \text{ mm} = 149.388 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pers 80.3 : } \sigma_u = \frac{Pu}{Ao} = \frac{703.000}{149.388} = \underline{470.59} \text{ Mpa}$$

Tabel 4.3 Perbandingan dari hasil Pengujian Tarik, untuk spesimen variasi arus 90 A (ampere).

No	Kode Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tegangan luluh ( $\sigma_y$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan Tarik ( $\sigma_u$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Panjang Awal ( $L_o$ ) (mm)	Panjang Akhir ( $L_f$ ) (mm)	Beban Maksimal (KN)	Pertambahan Panjang ( $\Delta L$ )	Regangan ( $\epsilon$ ) (%)
1	90.1	15.31	8.35	428.30	616.34	92.13	101.21	83.51	9.08	118.0
2	90.2	14.40	8.35	428.37	606.25	92.00	101.12	77.26	9.12	109.0
3	90.3	12.95	8.35	427.19	619.42	92.07	102.62	70.99	10.55	101.5
<b>Rata-rata</b>				<b>427.95</b>	<b>614.00</b>	<b>92.06</b>	<b>101.65</b>	<b>77.25</b>	<b>9.58</b>	<b>109.5</b>

$$Pu = 83.51 \text{ Kn} = 835.100 \text{ N}$$

$$Ao = W \times T = 15.31 \text{ mm} \times 8.85 \text{ mm} = 135.4935 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pers 90.1 : } \sigma_u = \frac{Pu}{Ao} = \frac{835.100}{135.4935} = \underline{616.34} \text{ Mpa}$$

$$Pu = 77.26 \text{ Kn} = 772.600 \text{ N}$$

$$Ao = W \times T = 14.40 \text{ mm} \times 8.85 \text{ mm} = 127.44 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pers 90.2 : } \sigma_u = \frac{Pu}{Ao} = \frac{772.600}{127.44} = \underline{606.25} \text{ Mpa}$$

$$Pu = 70.99 \text{ Kn} = 709.900 \text{ N}$$

$$Ao = W \times T = 12.95 \text{ mm} \times 8.85 \text{ mm} = 114.6075 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pers 90.3 : } \sigma_u = \frac{Pu}{Ao} = \frac{709.900}{114.6075} = \underline{619.42} \text{ Mpa}$$

Tabel 4.4 Perbandingan dari hasil Pengujian Tarik, untuk spesimen variasi arus 100 A (ampere).

No	Kode Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tegangan luluh ( $\sigma_y$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan Tarik ( $\sigma_u$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Panjang Awal ( $L_o$ ) (mm)	Panjang Akhir ( $L_f$ ) (mm)	Beban Maksimal (KN)	Pertambahan Panjang ( $\Delta L$ )	Regangan ( $\epsilon$ ) (%)
1	100.1	13.27	8.85	451.40	616.91	91.95	100.35	72.45	8.37	9.1
2	100.2	14.17	8.85	423.12	617.76	92.50	102.79	77.47	10.29	11.1
3	100.3	14.16	8.85	431.22	467.62	91.59	95.02	58.60	3.43	3.7
<b>Rata-rata</b>				<b>435.24</b>	<b>567.43</b>	<b>92.02</b>	<b>99.35</b>	<b>69.50</b>	<b>7.36</b>	<b>7.96</b>

$$Pu = 72.45 \text{ Kn} = 724.500 \text{ N}$$

$$Ao = W \times T = 13.27 \text{ mm} \times 8.85 \text{ mm} = 117.4395 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pers 100.1 : } \sigma_u = \frac{Pu}{Ao} = \frac{724.500}{117.4395} = \underline{616.91} \text{ Mpa}$$

$$Pu = 77.47 \text{ Kn} = 774.700 \text{ N}$$

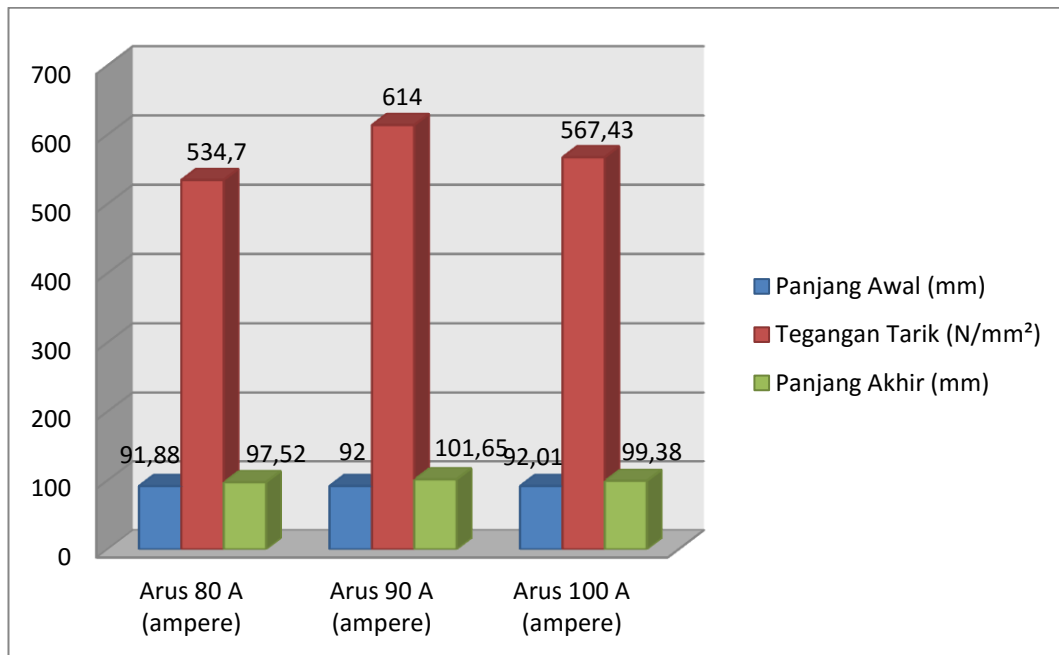
$$A_o = W \times T = 14.17 \text{ mm} \times 8.85 \text{ mm} = 125.4045 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pers 100.2 : } \sigma_u = \frac{Pu}{A_o} = \frac{774.700}{125.4045} = \underline{617.76} \text{ Mpa}$$

$$Pu = 58.60 \text{ Kn} = 586.000 \text{ N}$$

$$A_o = W \times T = 14.16 \text{ mm} \times 8.85 \text{ mm} = 125.316 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pers 100.3 : } \sigma_u = \frac{Pu}{A_o} = \frac{586.000}{125.316} = \underline{467.62} \text{ Mpa}$$



Gambar 4.5 Grafik Panjang Awal, Tegangan Tarik dan Panjang Akhir rata-rata pada proses Pengujian Tarik dengan variasi arus 80, 90 dan 100 A (ampere).



### 4.2.3. Kesimpulan Pengujian Tarik

Pada tabel 3 ( 4.1, 4.2 dan 4.3 ) dan gambar ( 4.4 ) dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kekuatan tarik pada variasi arus 80, 90 dan 100 A ( ampere ) adalah arus 80 A dengan tegangan tarik 534,7 ( N/mm<sup>2</sup> ) dan panjang akhir 97,52 ( mm ), arus 90 A tegangan tarik 614,00 ( N/mm<sup>2</sup> ) dan panjang akhir 101,65 ( mm ), arus 100 A dengan tegangan tarik 567,43 ( N/mm<sup>2</sup> ) dan panjang akhir 99,38 ( mm ). Hal ini menunjukkan bahwa dengan variasi arus 90 A ( ampere ) lebih bagus dan efisien karena menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan arus 80 A dan 100 A.

Sehingga pada pengujian ini menunjukkan sifatf arus 90 A ( ampere ) dengan kawat elektroda tipe RD-718 E 7018 proses penyambungan pengelasannya baik dan menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi arus listrik 80 A dan 100 A.

### **4.3. Hasil Pengamatan Struktur Mikro**

#### **4.3.1. Hasil Pengamatan dan Gambar Struktur Mikro**

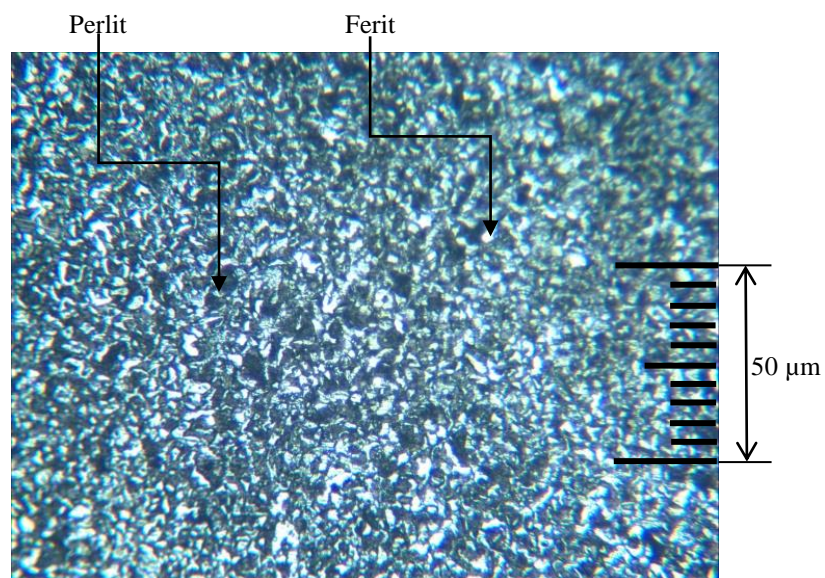
Pengamatan dilakukan di IST Akprind benda uji tipe SS 400 dengan panjang 200 mm, tebal 9 mm, dan lebar 100 mm dipotong untuk dilakukan pengamatan, pemotongan dikerjakan secara manual menggunakan gergaji tangan dan tidak menggunakan gerinda supaya tidak terjadi perlakuan panas berlebih yang mengakibatkan benda uji memuai oleh panas.

Setelah proses pemotongan selesai benda uji diratakan sisi-sisinya menggunakan gerinda supaya benda uji bersifat halus dan terlihat kandungan bahannya. Kemudian benda uji diampas atau dipoles disalah satu permukaannya sampai halus tidak ada goresan dengan model atau tipe ampas gulungan nomor 150, 180, 240, 400, 500, 1000 sampai 1500. Dan hanya salah satu sisi dari spesimen yang diampas dan sisi tersebut yang nantinya akan dilakukan pengamatan struktur mikro.

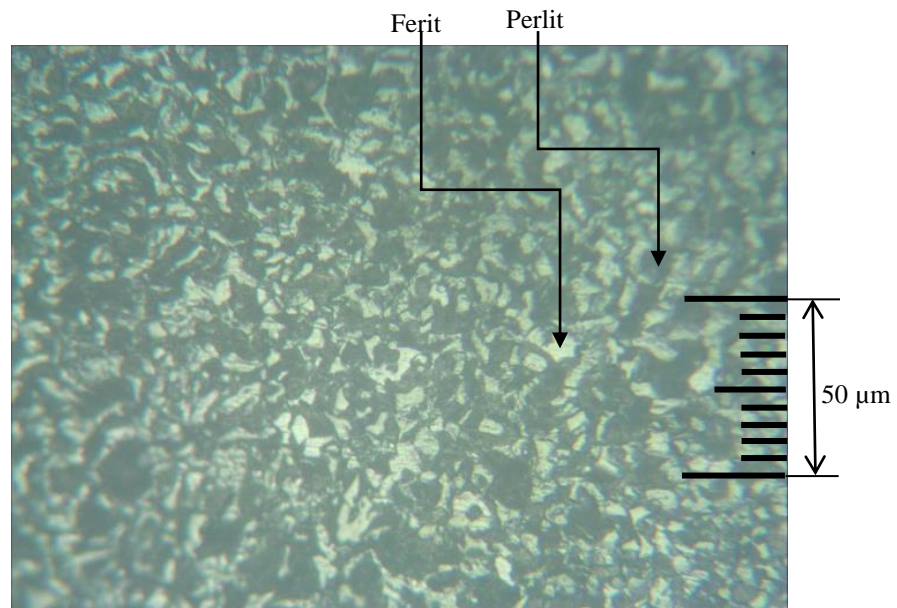
Ampas satu sisi spesimen atau yang disebut dengan poles. Dipoles sampai permukaannya halus dan tidak ada goresan, karena apabila permukaan yang dipoles tidak halus dan masih ada goresan, maka pada waktu pengujian mikro, kandungan pada spesimen akan terlihat samar-samar karena lensa pada mikro tidak bisa fokus apabila benda mengalami permukaan yang kasar.

Spesimen yang telah diproses dilanjutkan dengan pengujian foto struktur mikro, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Spesimen dibersihkan menggunakan kain, kemudian campurkan cairan  $\text{HNO}_3$  pekat sekitar 4 ml dan alkohol karena ditentukan sesuai dengan tingkat karbon maka alkohol yang dicampurkan pada etsa sebesar 95% kemudian ditetaskan pada permukaan yang dikehendaki.
2. Letakkan spesimen pada landasan mikroskop optik, aktifkan mesin, dekatkan lensa pembesar untuk melihat permukaan spesimen. Pengambilan foto struktur mikro dengan perbesaran 100x dan 200x pada logam induk dan 100x pada spesimen 80, 90 dan 100 A.
3. Usahakan pada saat pengambilan foto tidak ada hal apapun yang membuat mikroskop optik bergerak, karena apabila mikroskop optik bergerak akan mempengaruhi hasilnya.



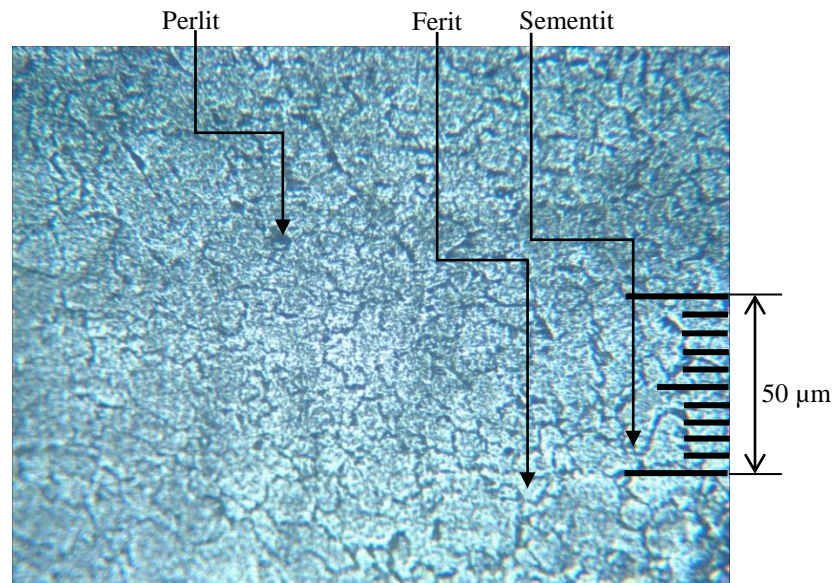
Gambar 4.5 Struktur mikro pada logam induk dengan perbesaran 100x dengan skala 50 µm.



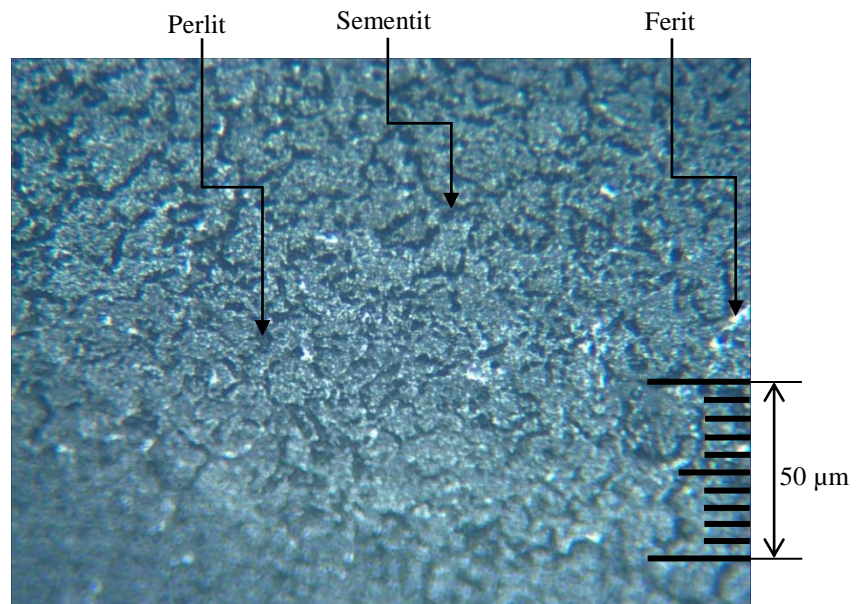
Gambar 4.6 Struktur mikro pada logam induk dengan perbesaran 200x dengan skala 50  $\mu\text{m}$ .

#### 4.3.2. Struktur Mikro pada daerah Logam induk

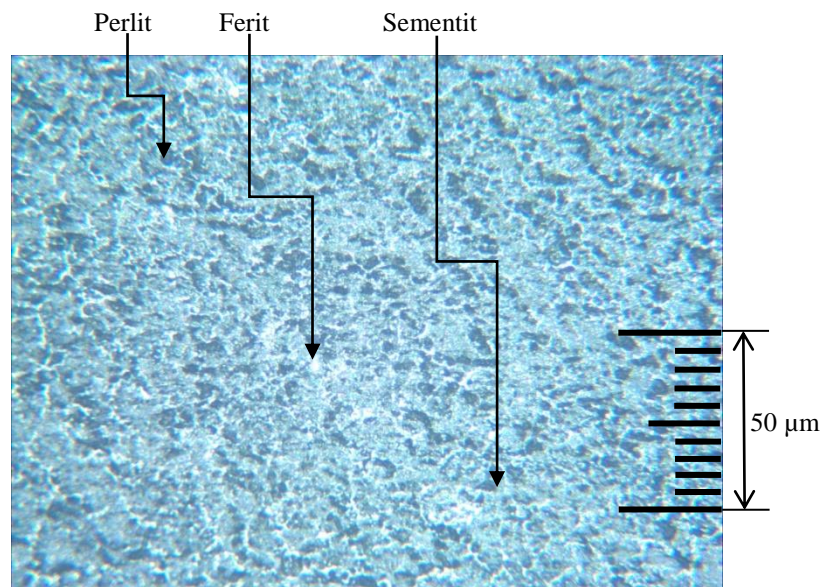
Berdasarkan pada material baja karbon rendah tipe SS 400 dilakukan pengamatan pada daerah logam induk dan berdasarkan pada foto (3.8) dan (3.9) terdapat struktur mikro yang didominasi kristal *ferit* dan *perlit*. Banyaknya struktur *kristal perlit* pada material SS 400 mengakibatkan kekerasan bahannya tinggi, sedangkan pada struktur kristal *ferit* tidak dominan pada material ini. Struktur kristal *ferit* tampak butiran putih dan kristal *perlit* berupa butiran hitam atau gelap.



Gambar 4.8 Struktur mikro daerah las pada spesimen 80 ampere dengan perbesaran 100x dengan skala 50 μm.



Gambar 4.9 Struktur mikro daerah las pada spesimen 90 ampere dengan perbesaran 100x dengan skala 50 μm.



Gambar 4.10 Struktur mikro daerah las pada spesimen 100 ampere dengan perbesaran 100x dengan skala 50  $\mu\text{m}$ .

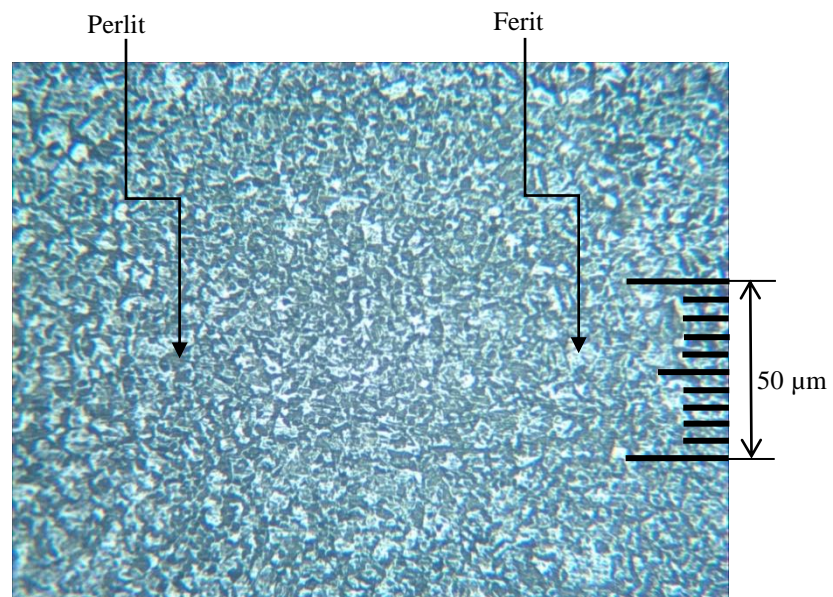
#### 4.3.3. Pembahasan Hasil Pengamatan Struktur Mikro Pada Daerah Las

Berdasarkan pada gambar 4.8 peleburan hasil pengelasan dengan arus 80 ampere sudah mengalami perubahan fasa, partikel terdiri dari perlit, ferit dan sementit dengan pendinginan udara dan turun sampai suhu kamar  $27^{\circ}\text{C}$ . Pada gambar 4.9 peleburan hasil pengelasan dengan arus 90 ampere mengalami perubahan fasa, partikel terdiri dari perlit, ferit dan sementit. Partikel pada arus tersebut lebih besar dan unsur partikel nya baik dengan didinginkan oleh udara dan turun sampai suhu kamar  $27^{\circ}\text{C}$ . Pada gambar 4.10 peleburan hasil pengelasan dengan arus 100 ampere mengalami perubahan fasa, partikel terdiri dari perlit, ferit dan sementit yang didinginkan oleh udara sampai turun mencapai suhu

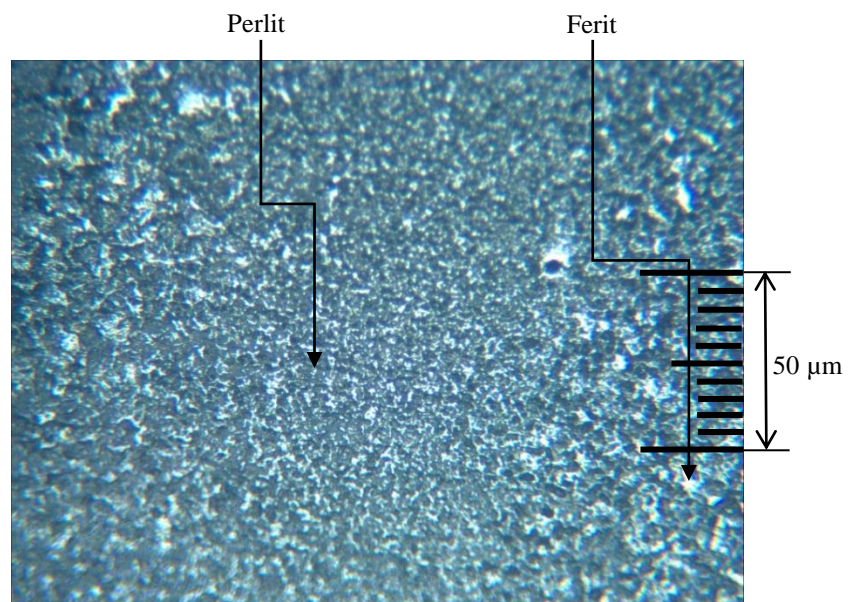
kamar 27°C. Pada gambar tersebut terjadi perubahan sementit yang bercampur dengan dominan ferit dan beberapa perlit, sehingga unsur partikel sementit tidak rata, logam spesimen menjadi kuat dan getas.

Daerah las merupakan bagian yang mencair pada saat pengelasan di mana bagian ini mendapatkan temperatur tinggi. Strukturnya banyak dipengaruhi oleh waktu ataupun jarak pengelasan yang tidak konstan. Pada gambar 4.8, 4.9 dan 4.10 terdapat unsur partikel perlit, ferit dan sementit.

Sementit merupakan senyawa logam yang mempunyai kekerasan tinggi. Terkeras diantara fasa-fasa yang mungkin terjadi pada baja tetapi sangat rapuh. Akan tetapi kristal sementit mengandung atom besi dan atom karbon dalam perbandingan tiga lawan satu. Tiga atom besi dan satu atom karbon. Sementit juga mempunyai sel satuan ortorombik dengan 12 atom besi dan empat atom karbon per satu selnya.

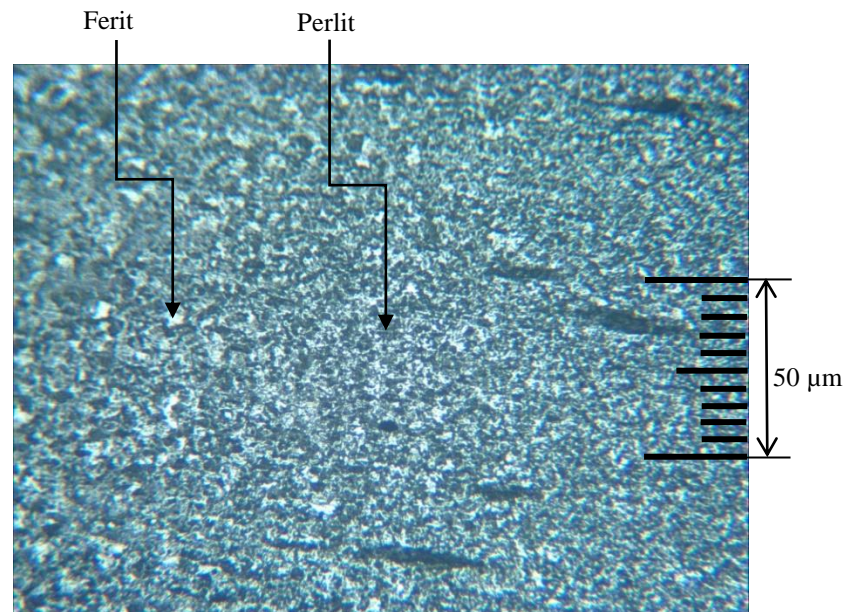


Gambar 4.11 Struktur mikro daerah HAZ pada spesimen 80 ampere dengan perbesaran 100x dengan skala 50 μm.



Gambar 4.12 Struktur mikro daerah HAZ pada spesimen 90 ampere dengan perbesaran 100x dengan skala 50 μm.





Gambar 4.13 Struktur mikro daerah HAZ pada spesimen 100 ampere dengan perbesaran 100x dengan skala 50  $\mu\text{m}$ .

#### 4.3.4. Pembahasan Hasil Pengamatan Struktur Mikro Pada Daerah Haz

Daerah HAZ ( Heat Effect Zone ) merupakan daerah logam induk yang masih terpengaruh oleh panas dari pengelasan las listrik, semakin dekat jarak logam induk dengan titik pengelasan maka pengaruh panasnya semakin tinggi dan sebaliknya apabila jauh dari titik pengelasan maka pengaruh panasnya akan semakin rendah, hal ini membuktikan perambatan panas yang tidak rata pada material/spesimen sehingga mempengaruhi struktur mikro.

Melihat gambar struktur mikro daerah HAZ pada gambar 4.11, 4.12 dan 4.13 terlihat kandungan struktur mikro partikel perlit dan ferit, pada struktur mikro daerah HAZ ini tidak ada perubahan partikel karena sifat pendinginan nya masih didinginkan oleh udara, jadi perubahan fasa tetap sama. Pada gambar 4.11

terlihat bahwa partikelnya masih kecil dan banyak tidak jauh beda dengan logam induk, karena data tersebut pengaruh panas dari las dan kemungkinan panas dan pendinginannya tidak stabil. Pada gambar 4.12 terlihat partikelnya sedikit besar di sisi-sisi pada daerah dekat dengan titik pengelasan di arus 90 ampere sudah terlihat sedikit perbedaan dari perubahan fasanya.

Dan pada gambar 4.13 terlihat bahwa partikelnya lebih besar dari pengamatan struktur gambar 4.11 dan 4.12, perbedaan bentuk partikel logam yang sudah berubah fasanya dari proses perambatan panas dan pendinginan udara yang sama strukturnya terlihat berubah. Kesimpulan yang terdapat pada struktur mikro tiga gambar tersebut bahwa semakin besar arus yang dihasilkan dan dileburkan pada logam maka semakin besar juga struktur partikel yang dihasilkan dari pengaruh waktu pengelasan, jarak pengelasan dengan pendingin udara yang sama.