

**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Data Hasil Pengujian**

**4.1.1 Data Hasil Pengujian *Bending***

Dari penelitian pengaruh arus pengelasan GMAW pada pelat baja St37 terhadap kekuatan *bending* dan perubahan struktur mikro hasil sambungan las, diperoleh hasil data pengujian dari setiap spesimen yang ditampilkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Bending

No.	Welding Current		Travel speed (cm/menit)	Beban (kN)
	Besar arus (Ampere)	Tegangan (Volt)		
1	120	25	9	19,7
2		25		20,9
3		25		19,1
4	140	25	9	16,7
5		25		17,1
6		25		17,3
7	160	25	9	12,8
8		25		13,6
9		25		13,3
10	180	25	9	12,7
11		25		11,7
12		25		10,7
13	200	25	9	11
14		25		11,2
15		25		11,3

#### 4.1.2 Perhitungan Kekuatan bending

Dari data pada tabel 4.1 didapatkan beban maksimal dari hasil pengujian *bending*. Dari 3 kali pengulangan diambil rata-rata untuk menghitung kekuatan bending. Berikut contoh perhitungan kekuatan bending dari variasi arus 120 ampere:

$$b = 25 \text{ mm}$$

$$h = 10 \text{ mm}$$

$$L = 59 \text{ mm}$$

$$P_{\text{rata-rata}} = 19,9 \text{ kN} = 19900 \text{ N}$$

Dengan:

P = Beban maksimal (N)

b = Lebar batang uji (mm)

h = Tebal batang uji (mm)

L = Jarak antara titik tumpu (mm)

= Kekuatan bending (MPa)

M = Momen lentur (N.mm)

I = Momen inersia pada penampang persegi panjang (mm<sup>4</sup>)

Y = Jarak serat terluar dari sumbu netral

Momen lentur:

$$M = \frac{1}{4} \times P \times L$$

$$= \frac{1}{4} \times 19900 \times 59$$

$$= 293525 \text{ N.mm}$$

Momen inersia

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$= \frac{25 \times 10^3}{12}$$

$$= 2083,3 \text{ mm}^4$$

Kekuatan bending

$$= \frac{M \times y}{I}$$

$$= \frac{293525 \times 5}{2083,3}$$

$$= 704,46 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat dihasilkan data kekuatan bending dari variasi arus yang bisa dilihat ditabel 4.2

Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan Beban Maksimum

Besar Arus (Ampere)	Rata-rata Beban Maksimum (kN)	Kekuatan bending (MPa)	Effisiensi Welding
120	19,9	704,46	95,2%
140	17,03	602,98	81,4%
160	13,23	468,46	63,3%
180	11,7	414,18	55,9%
200	11,67	395,3	53,4%
raw	20,9	739,87	-

Ketika arus mengalami peningkatan akan meningkatkan heat input. Dari heat input yang tinggi membuat panas yang dihasilkan tinggi sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pendinginan akan lebih lama. Pendinginan yang lama akan membuat terjadinya pembentukan struktur mikro yang didominasi oleh perlite ferrite. Dan jika struktur mikro didominasi oleh ferrite akan bersifat ulet yang akan menurunkan sifat mampu bending dari suatu material.

#### 4.1.3 Perhitungan *heat input*

$$H_i = \frac{E \cdot I}{v}$$

$$H_i = \frac{25.200}{1,5}$$

$$H_i = 3333,33 \text{ J/mm}$$

Dengan:

$H_i$  = Heat input

$E$  = tegangan listrik (volt)

$I$  = kuat arus (ampere)

$v$  = kecepatan pengelasan (mm/s)

#### 4.1.4 Perhitungan laju pendinginan

Untuk pelat yang tipis (memerlukan kurang dari 4 layer dalam pengelasannya), kecepatan pendinginannya sebagai berikut:

$$R = 2\pi k \cdot \rho \cdot Cs \cdot \left(\frac{h}{H_i}\right)^2 (T_c - T_o)^3 \quad (6)$$

$$R = 2.3,14.0,043.0,0044 \cdot \left(\frac{10}{3333,33}\right)^2 (550 - 25)^3$$

$$R = 1,547 \text{ } ^\circ\text{C/s}$$

Dengan:

$R$  = laju pendinginan ( $^\circ\text{C/s}$ )

$k$  = konduktivitas termal ( $\text{J/mm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}$ ) untuk baja  $0,043 \text{ J/mm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}$

$T_o$  = temperatur awal pelat ( $^\circ\text{C}$ )

$T_c$  = temperatur dekat pearlite atau "nose" dari diagram TTT ( $^\circ\text{C}$ )

$H_i$  = masukan panas persatuan panjang ( $\text{J/mm}$ )

$h$  = ketebalan logam dasar (mm)

$\rho \cdot Cs$  = panas spesifik volumetrik, untuk baja sebesar  $0,0044 \text{ J/mm}^3 \cdot ^\circ\text{C}$

#### 4.1.5 Perhitungan lama pendinginan ( $t_{8/5}$ )

Dari perhitungan laju pendinginan didapatkan nilai penurunan per satuan waktu, perhitungan lama pendinginan dihitung dari temperatur  $800^\circ\text{C}$  sampai  $500^\circ\text{C}$ .

$$\text{Lama pendinginan} = \frac{\Delta T}{R} \quad (7)$$

$$\text{Lama pendinginan} = \frac{300}{1,547}$$

Lama pendinginan = 193,83 detik

Dengan:

$\Delta T$  = perubahan temperatur dari temperatur 800-500°C

R = laju pendinginan (°C/s)

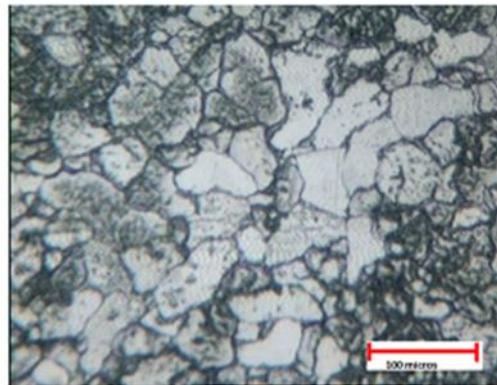


#### 4.1.6 Foto Mikro Struktur Hasil Pengelasan

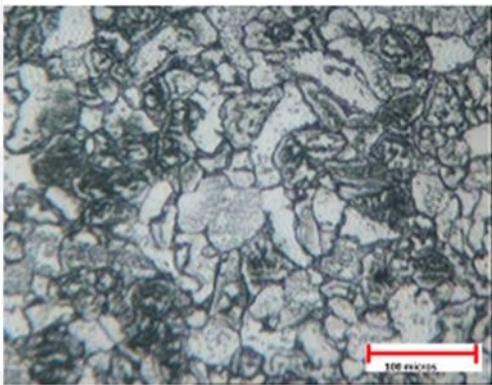
Dari hasil pengelasan pelat baja St37 dengan variasi arus didapatkan perubahan struktur mikro pada daerah HAZ yang bisa dilihat pada foto sebagai berikut: (skala 100 micro).



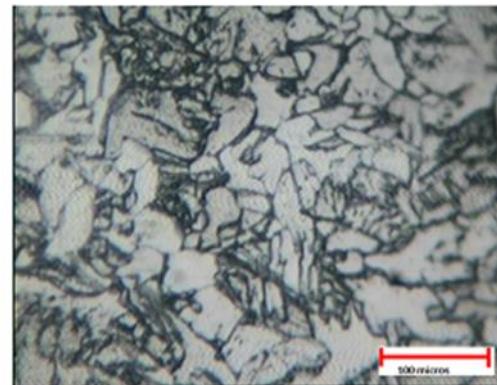
HAZ 120 A (59% Pearlite)



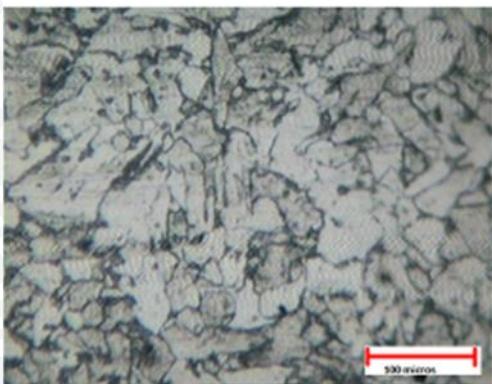
HAZ 140 A (46% Pearlite)



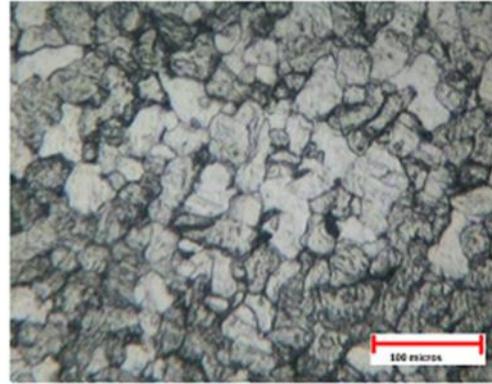
HAZ 160 A (35% Pearlite)



HAZ 180 A (29% Pearlite)



HAZ 200 A (25% Pearlite)



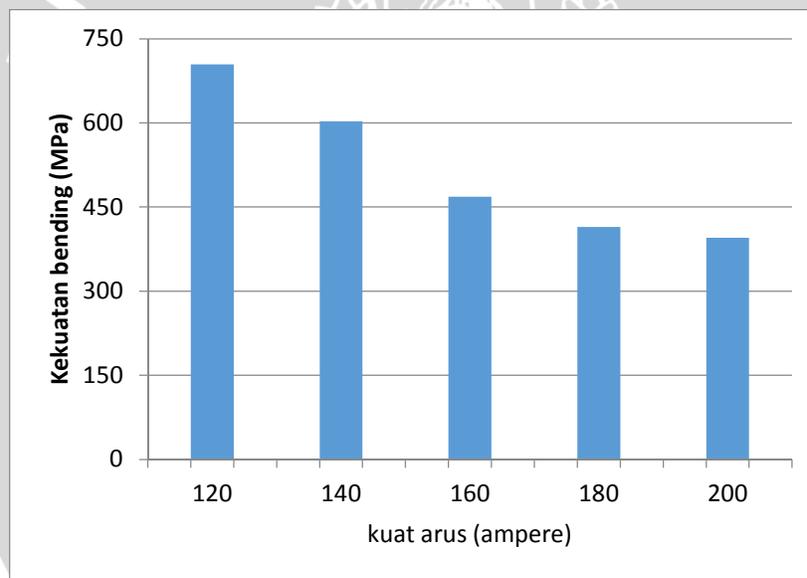
RAW

Gambar 4.1 Hasil foto mikro struktur pada daerah HAZ dan RAW material pada pengelasan GMAW pelat baja St37 dengan perbesaran 400x.

#### 4.2 Pembahasan

Dari hasil penelitian yang dilakukan di VEDC Malang, Laboratorium Proses Produksi 1, dan Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang membahas pengaruh arus pengelasan GMAW pada pelat baja St37 dan perubahan struktur mikro. Dengan variasi arus diantaranya 120, 140, 160, 180, 200 *ampere*, didapatkan hasil kekuatan bending dengan arus 120 ampere dengan kekuatan bending 704,46 MPa, arus 140 *ampere* dengan kekuatan bending 602,98 MPa, arus 160 ampere dengan kekuatan bending 468,46 MPa, arus 180 dengan kekuatan bending 414,18 MPa, arus 200 ampere dengan kekuatan bending 395,3 MPa.

Setelah dilakukan pengolahan data dari hasil pengujian *bending* maka diperoleh grafik sebagai berikut:



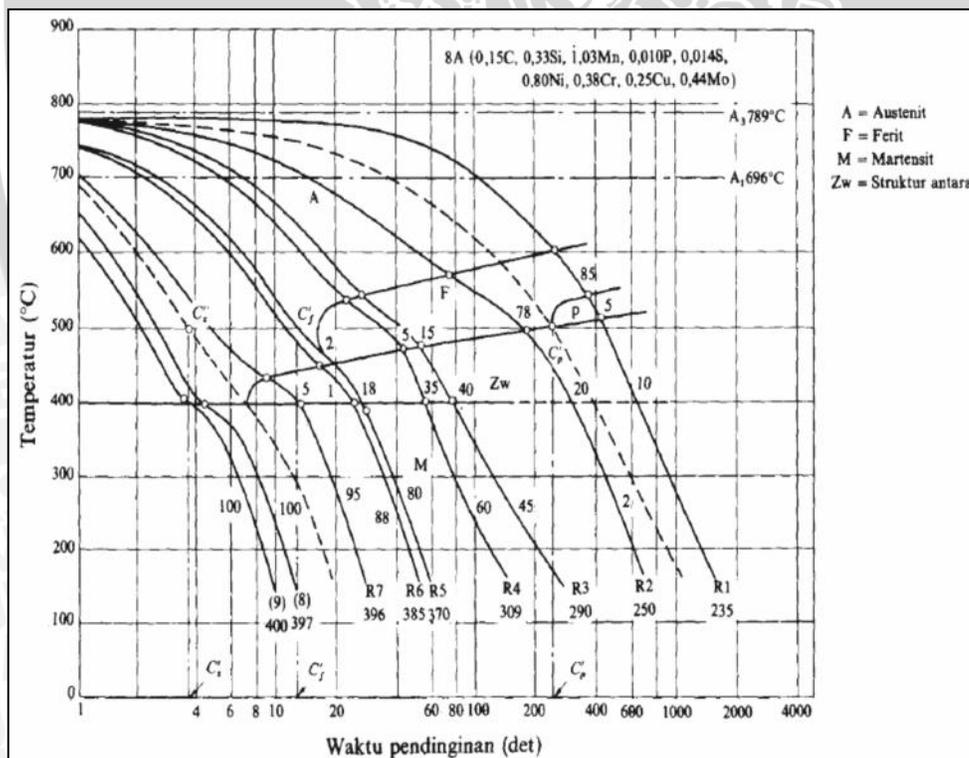
Gambar 4.2 Grafik hubungan arus pengelasan terhadap kekuatan bending.

Pada gambar grafik 4.2 menjelaskan hubungan arus pengelasan terhadap kekuatan bending. Kekuatan bending tertinggi ditunjukkan pada variasi arus 120 ampere dengan nilai 704,46 MPa, kemudian arus 140 *ampere* dengan nilai 602,98 MPa, kemudian arus 160 *ampere* dengan nilai 468,46 MPa, kemudian arus 180 dengan nilai 414,18 MPa, dan yang terendah arus 200 ampere dengan nilai 395,3 MPa. Dari analisa diatas hal ini bisa disebabkan karena adanya perbedaan *heat input* yang menyebabkan mempengaruhi laju pendinginan. Berikut bisa dilihat pada tabel 4.3 *heat input* dan laju pendinginan.

Tabel 4.3 Heat input dan lama pendinginan

Arus (ampere)	Heat input (J/mm)	Lama pendinginan (s)
120	2000	69,79
140	2333	94,97
160	2667	124,11
180	3000	157,03
200	3333	193,83

Dengan menggunakan perhitungan laju pendinginan (6)(7), bisa mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk hasil lasan mengalami penurunan temperatur dari 800°C sampai 500°C. Dari tabel 4.3 didapatkan dengan heat input yang semakin meningkat lama waktu yang dibutuhkan juga semakin lama. Pada diagram CCT bisa diperkirakan pembentukan mikrostruktur yang akan terbentuk dengan lamanya proses pendinginan hasil lasan.



Gambar 4.3 Diagram CCT

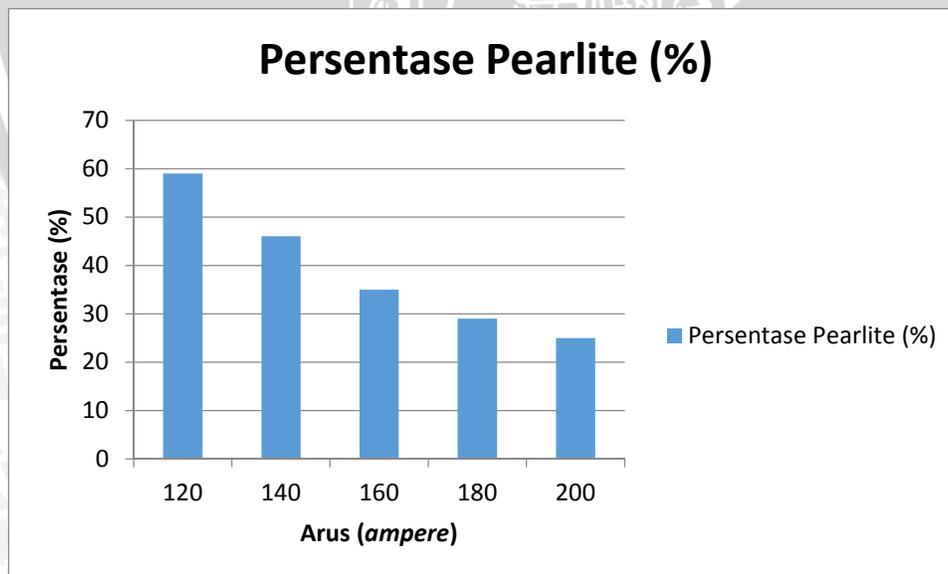
Sumber: Wiryosumarto, 1985: 62

Dari diagram CCT diatas bisa diperkirakan struktur mikro yang akan terbentuk pada lamanya proses pendinginan pada hasil lasan tersebut. Semakin cepat proses pendinginan maka material tersebut akan semakin tinggi pula hasil kekuatan bendungnya. Hal ini bisa dilihat pada foto mikro pada daerah HAZ struktur mikro yang terlihat banyak terkandung pearlite.

Tabel 4.4 Persentase pembentukan *pearlite* pada daerah HAZ

Arus (Ampere)	Persentase Pearlite
120	59%
140	46%
160	35%
180	29%
200	25%

Dari hasil foto mikro struktur daerah HAZ pada gambar 4.1, setelah proses dengan ImageJ membuktikan bahwa banyak terdapat struktur pearlite yang terbentuk disajikan dalam bentuk persentase struktur pearlite pada tabel 4.4.



Gambar 4.4 Grafik hubungan arus pengelasan terhadap persentase pearlite yang terbentuk.

Pada gambar 4.4 pada variasi arus 120 ampere memiliki persentase pearlite paling tinggi dari tabel 4.1 dan ini menguatkan pembahasan diatas karena semakin banyak pearlite yang terbentuk material tersebut semakin keras. Pada hal ini gaya yang bekerja pada kekuatan bending yaitu gaya tarik pada bawah spesimen dan gaya tekan pada bagian atas spesimen.

