

## PENGARUH ARUS PENGELASAN *SMAW* TERHADAP KEKUATAN *BENDING* PERMUKAAN (*FACE BEND*) LAS DAN KEKERASAN PADA BAJA KOMERSIL

Arlin, Awal Syahrani Sirajuddin, Anjar Asmara

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tadulako

**Abstract: Effect of SMAW Welding Currents on Face Bend Bending Strength and Hardness in Commercial Steel.** This study aims to determine the bending strength and hardness of the SMAW welding results with E6013 electrodes with a diameter of 2.6 mm and the welding surface bending method in the longitudinal way. This research was conducted at the Laboratory of Material Testing Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Tadulako.

The bending strength test results obtained the value of bending strength at 80 A current has the highest value is 2.9491 MPa and the lowest at 50 A current is 2.2619 MPa. The highest average hardness value is at 50 A current of 188.09 kg / mm<sup>2</sup> and the lowest at 80 A current is 167.86 kg / mm<sup>2</sup> located in the weld metal area. The results of the microstructure test show that the grain structure that is neat and dense and has pearlite and ferrite content is found in the weld area with a current of 80 A.

**Keywords:** SMAW Welding, Bending, Hardness, Commercial Steel.

**Abstrak: Pengaruh Arus Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Bending Permukaan Las (*Face Bend*) dan Kekerasan pada Baja Komersil.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan bending dan kekerasan pada hasil pengelasan *SMAW* dengan elektroda E6013 diameter 2.6 mm dan metode bending permukaan las cara *longitudinal*. Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako.

Hasil pengujian kekuatan bending didapatkan nilai kekuatan *bending* pada arus 80 A mempunyai nilai tertinggi adalah 2,9491 MPa dan terendah pada arus 50 A adalah 2,2619 MPa. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi terdapat pada arus 50 A sebesar 188,09 Kg/mm<sup>2</sup> dan terendah pada arus 80 A adalah 167,86 Kg/mm<sup>2</sup> yang terletak pada daerah logam las. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa struktur butir yang rapi dan rapat serta mempunyai kandungan perlit dan ferit terdapat pada daerah lasan dengan arus 80 A.

**Kata kunci :** Pengelasan *SMAW*, *Bending*, Kekerasan, Baja Komersil.

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi produksi dan bahan baku logam saat ini tidak dapat dipisahkan dari teknologi pengelasan. Teknologi penyambungan logam yang banyak digunakan pada konstruksi bangunan baja salah satunya adalah teknologi pengelasan yang dapat menghasilkan sambungan logam yang kuat (Sonawan, 2004).

Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi atau tanpa tekanan dan

atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Sonawan, 2006).

Metode penyambungan logam dengan las banyak dan luas dalam penggunaannya di bidang konstruksi bangunan, jembatan dan bidang konstruksi lainnya. Untuk proses penyambungan logam las yang banyak digunakan adalah las listrik *SMAW* dimana menggunakan elektroda sebagai logam pengisinya. Penyambungan dengan las *SMAW* membutuhkan kampuh pada kedua

logam yang akan disambung untuk tempat pengisian logam las. Pemilihan jenis kampuh akan berpengaruh pada hasil sambungan las, maka dari itu harus memilih jenis kampuh yang tepat pada proses penyambungan agar tidak terjadi permasalahan yang terjadi pada sambungan setelah mendapat beban.

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- bagaimana pengaruh arus terhadap kekuatan bending permukaan las pada baja komersil *longitudinal*?
- Bagaimana pengaruh arus pengelasan terhadap kekerasan permukaan las pada baja komersil *longitudinal*?
- Bagaimana pengaruh arus pengelasan terhadap struktur mikro pada permukaan las *longitudinal*?

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- Untuk mengetahui pengaruh arus terhadap kekuatan bending pada permukaan las *longitudinal*.
- Untuk mengetahui pengaruh arus terhadap kekerasan pada permukaan las *longitudinal*.
- Untuk mengetahui pengaruh arus terhadap struktur mikro pada permukaan las *longitudinal*.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Pengelasan



Pengelasan adalah proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan melibatkan pencairan logam atau tanpa penekanan akibat energi panas yang diberikan. Panas terjadi mengakibatkan logam mengalami siklus termal yang relatif cepat sehingga terjadi fenomena metalurgi deformasi dan tegangan termal.

### Pengelasan SMAW

*SMAW* adalah proses *arc welding*, dimana *arc* terbentuk diantara elektroda yang terbungkus dari kampuh las. Nama lain dari *SMAW*: *stick welding* atau *MMA (Manual Metal Arc) welding*, selama proses logam las dilindungi oleh *fluks* yang terbakar dan menjadi terak/slag. *SMAW* adalah proses luar busur manual dimana panas pengelasan dihasilkan oleh busur listrik dimana elektroda terumpan berpelindung *flux* dengan benda kerja yang diperlihatkan bentuk rangkaian pengelasan *SMAW*.

Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah-daerah yang berdekatan dengan logam benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pemakanan lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan *flux* atau *slag* yang terbentuk, atau pada elektroda-elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang dicampur dengan lapisan pembungkus elektroda.



**Gambar 2.1.** Pengelasan *SMAW* (Kusharjanto, 2005)

### Elektroda E6013

Elektroda *low hydrogen* memiliki *coating* (selaput pembungkus) yang akan menyerap kelembapan apabila berada di udara terbuka, sehingga elektroda ini harus dibeli dalam wadah tertutup rapat, dan disimpan dalam oven pemanas setelah dibuka untuk menghindarkan

penyerapan uap air. Bagaimanapun juga elektroda tidak boleh lembab atau basah. Elektroda dengan *coating* tahan basah (*moisture resistant*) disingkat MR, sekarang banyak dibuat oleh beberapa *manufacturer*. Elektroda baru ini sangat tahan terhadap kelembapan sehingga bisa digunakan setiap saat.

Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standar sistem AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*). Elektroda jenis E6013 adalah suatu jenis elektroda yang mempunyai spesifikasi tertentu.

E : Elektroda las listrik (E6013 diameter 2,6 mm)

60 : Tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan (60.000 Psi).

1 : Posisi pengelasan (angka 1 berarti dipakai dalam segala posisi).

3 : Menunjukkan lapisan elektroda  
**Arus Pengelasan**

Besarnya aliran listrik yang keluar dari mesin las disebut dengan arus pengelasan. Arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda yang digunakan, tebal benda kerja, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan dan posisi pengelasan. Untuk arus pengelasan yang digunakan sesuai dengan diameter kawat las yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 2.2:

**Tabel 2.2.** Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan

Tipe Elektroda	Diameter kawat las (mm)	Panjang kawat las (mm)	Arus las (Ampere)
NSN 312 AWS A5.4 E312-16	2.0	300	20-50
	2.6	300	50-80
	3.2	350	70-110
	4.0	350	100-150

(Sumber : *AWS Filler Metal Alloys*, 2010)

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk, makin tinggi arus las maka makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil pengelasan, bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan pada logam induk kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta matrik las tinggi (Arifin, 1997).

**Metalurgi Las**

Siklus termal akan dapat menimbulkan perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan termal ataupun cacat pada logam las. Perubahan yang paling penting dalam pengelasan adalah perubahan struktur mikro yang akan

menentukan sifat-sifat mekanis sambungan las. Pada umumnya struktur mikro yang terjadi tergantung pada komposisi kimia dari logam induk, kondisi logam induk seperti geometri atau proses pengerjaan sebelumnya, teknik pengelasan yang diterapkan, serta perlakuan panas yang diberikan.

Tingkat perubahan mikro struktur yang terjadi disamping dipengaruhi oleh faktor-faktor dari material yang dilas juga tergantung pada temperatur maksimum yang dicapai ketika pengelasan, waktu/lamanya temperatur itu terjadi dan kecepatan pendinginan. Faktor utama yang mengontrol perubahan struktur tersebut adalah besarnya masukan panas (*Heat Input*) yang diberikan kepada sambungan logam (termasuk kalau ada pemanasan mula).

**Siklus Termal Daerah Lasan**

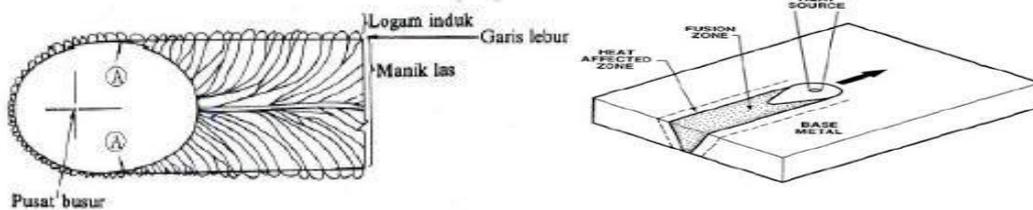
Siklus daerah *Thermal* adalah proses pemanasan dan pendinginan daerah lasan. Lamanya pendinginan dari suatu daerah temperatur tertentu dari satu siklus *Thermal* las sangat mempengaruhi kualitas sambungan.

Karena itu banyak sekali usaha-usaha pendekatan untuk menentukan lamanya waktu pendinginan tersebut.

Struktur mikro dan sifat mekanis dari daerah HAZ sebagian besar bergantung pada lamanya pendinginan dari temperatur 800°C sampai 500°C. Sedangkan retak dingin, dimana Hydrogen memegang peran penting, terjadinya sangat bergantung oleh lamanya pendinginan dari temperatur 800°C sampai 300°C atau 100°C. Pada dasarnya daerah lasan dapat dibagi atas tiga bagian utama yaitu daerah logam las (*Weld Metal*), daerah terpengaruh panas (*Heat*

*Affected Zone*), dan logam induk (*Base Metal*) (Kusharjanto, 2005).

Logam las adalah bagian dari logam yang waktu pengelasan mencair kemudian membeku, daerah pengaruh panas atau HAZ adalah logam dasar yang berseblahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengetahui siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Logam induk adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat.

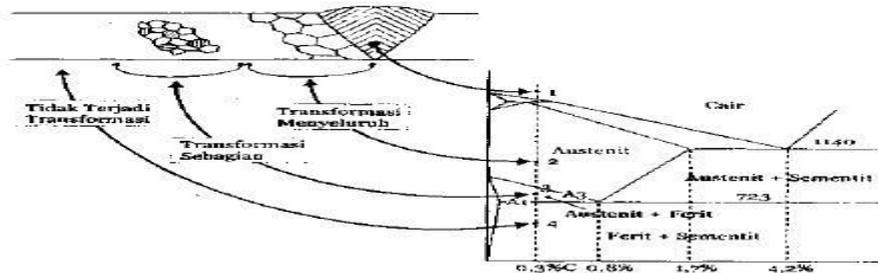


Gambar 2.2. Sirkus Termal Dearah Lasan (Kusharjanto, 2005)

**Daerah Pengaruh Panas atau Heat Affected Zone (HAZ)**

Pada daerah HAZ terdapat 2 titik yang berbeda, titik 1 dan 2 menunjukkan temperatur pemanasan mencapai daerah berfasa Austenite dan ini disebut dengan transformasi menyeluruh yang artinya struktur mikro baja mula-mula ferit+perlit kemudian bertransformasi menjadi

Austenite 100%. Titik 3 menunjukkan temperatur pemanasan, daerah itu mencapai daerah berfasa ferit dan Austenite dan ini yang disebut transformasi sebagian yang artinya struktur mikro baja mula-mula ferit+perlit berubah menjadi ferit dan Austenite (Sonawan dkk, 2004).

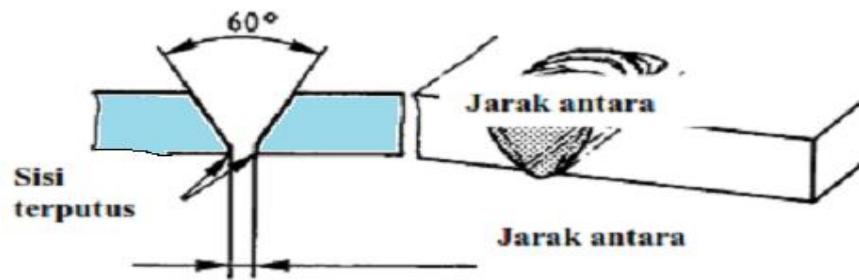


Gambar 2.3. Transformasi fasa pada logam hasil pengelasan (Sonawan dkk, 2004)

**Kampuh V**

Sambungan kampuh V dipergunakan untuk menyambung logam atau plat dengan ketebalan 6-15 mm. Sambungan ini terdiri dari sambungan kampuh terbuka dan sambungan kampuh

V tertutup. Sambungan kampuh V terbuka dipergunakan untuk menyambung plat dengan ketebalan 6-15 mm dengan sudut kampuh antara 60°-80°, jarak akar 2 mm, tinggi akar 1-2 mm (Sonawan, 2004).



Gambar 2.4 Kampuh v (Sonawan dkk, 2004)

**Sifat Mekanis**

**Pengujian Bending**

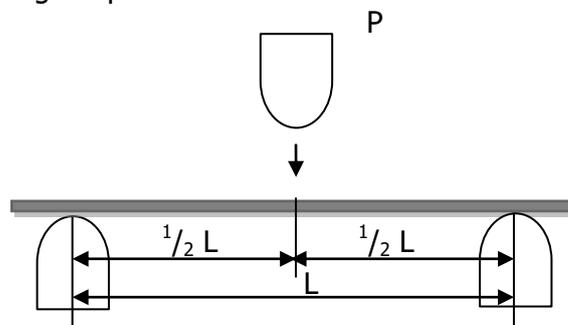
Uji lentur (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji *bending* digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di *Weld Metal* maupun *HAZ*.

**a. Pengujian Bending pada Standar ASTM E190-92**

Untuk mengetahui kekuatan lentur (*bending*) suatu material dapat dilakukan dengan pengujian lentur terhadap spesimen tersebut. Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima

akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan bending tergantung pada jenis spesimen dan pembebanan. Akibat pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik.

Dalam material logam kekuatan tekanannya lebih tinggi daripada kekuatan tariknya, karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima. Spesimen tersebut akan patah, hal ini mengakibatkan kegagalan pada pengujian material. Kekuatan bending pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan bending pada sisi bagian bawah. Pengujian dilakukan *three point bending*.



Gambar 2.5 Metode *three point bending* (Syahrani A dkk, 2013)

Momen yang terjadi pada material dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$M = \frac{P}{2} \times \frac{L}{2} \quad (1)$$

Sehingga kekuatan bending dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2)$$

Dimana:

- $\sigma_b$  = Kekuatan Bending (MPa)
- P = Beban (kN)
- L = Panjang (mm)

- b = Lebar (mm)
- d = Tebal (mm)

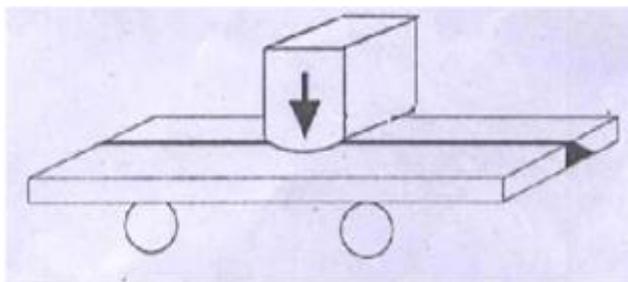
**b. Pengujian Longitudinal Bending**

Pada *longitudinal bending* ini, pengambilan spesimen searah dengan arah pengelasan berdasarkan arah pembebanan dan lokasi pengamatan, pengujian *Face Bend* (Bending pada permukaan las).

Dikatakan *Face Bend* jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan (gambar 2.6).

Pengamatan dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan tarik,

apakah timbul retak atau tidak.



**Gambar 2.6.** Face Bend pada Longitudinal Bending

### Pengujian Kekerasan (*Hardness Testing*)

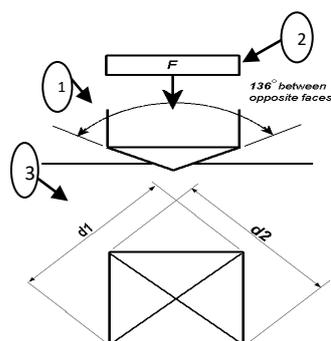
*Hardness* atau kekerasan merupakan ketahanan suatu material (baja karbon) terhadap penetrasi atau daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (*penetrator*). Kekerasan merupakan suatu sifat dari bahan yang banyak dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya.

Untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material, digunakan mesin uji kekerasan atau yang dikenal sebagai

*hardness tester*. Terdapat tiga metode pengujian kekerasan yang dikenal secara umum, yaitu:

1. Uji kekerasan Brinell (*Brinell Hardness Tests*)
2. Uji kekerasan Rockwel (*Rockwell Hardness Tests*)
3. Uji kekerasan Vickers (*Vickers Hardness Tests*)

Berikut ini adalah gambar dari metode pengujian kekerasan *vickers* yang telah disebutkan di atas:



**Gambar 2.7.** Pengujian kekerasan *Vickers* Standar ASTM E 92-82 (ASTM 2010)

Penelitian ini menggunakan metode pengujian kekerasan *Vickers* dengan menggunakan indenter piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah  $136^{\circ}$ . Pada pengujian ini baha

$$\text{VHN} = \frac{2 \cdot P \cdot \sin[\theta/2]}{d^2} = \frac{1,854 \cdot P}{d^2} \text{ (Kg/mm}^2\text{)} \quad (3)$$

Dimana:

P = Beban yang digunakan

$\theta$  = Sudut puncak permukaan intan:  $136^{\circ}$

d = Panjang diagonal rata-rata jejak (mm)

Keterangan:

1. Sudut puncak permukaan.
2. Beban yang diberikan.
3. Panjang diagonal bekar penekanan.

ditekan dengan gaya tertentu dan terjadi cetakan pada bahan uji dan intan, dan dilaksanakan menurut ASTM E 92-82. Nilai kekerasannya (VHN) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

### METODOLOGI PENELITIAN Proses Pembentukan Spesimen

1. Proses pemotongan spesimen/benda uji

Proses ini adalah proses pemotongan benda uji sesuai ukuran dan jumlah yang dibutuhkan sebelum diberikan kampuh V tunggal.

2. Proses pembuatan kampuh V tunggal

Pembuatan kampuh V dilakukan dengan proses penggurindaan hingga mencapai sudut  $60^\circ$  dengan menggunakan busur derajat yang digunakan untuk mengetahui sudut yang digunakan.

3. Proses pengelasan

Pada proses ini adalah peneliti melakukan penyambungan antara 2 spesimen yang akan diteliti dengan menggunakan mesin las SMAW pada arus 50 A, 65 A dan 80 A serta menggunakan elektroda tipe E6013 2,6 mm.

4. Proses pendinginan

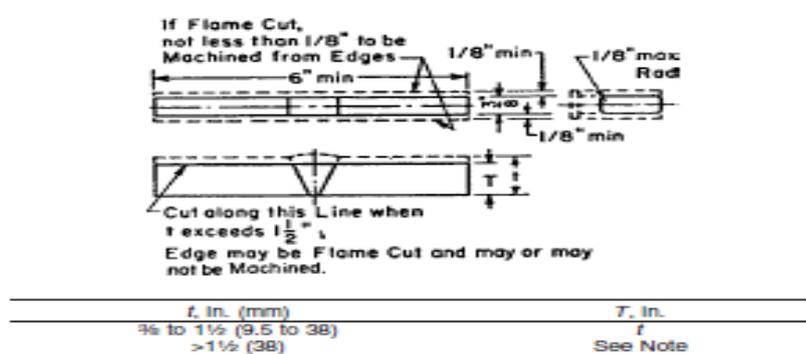
Spesimen yang telah selanjutnya didinginkan dengan udara hingga mencapai temperatur ruangan, selanjutnya dipotong sesuai ukuran standar ASTM E190-92 sebanyak 18 buah. Kemudian spesimen dirapikan

permukaannya sebelum diuji bending, kekerasan dan uji struktur mikro.

### Proses Pengujian Spesimen Spesimen Uji Bending

Pengujian bending adalah proses pemberian beban di tengah benda uji, sehingga material tersebut terjadi deformasi dengan dua buah gaya yang bekerja secara bersamaan. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Membentuk material sesuai standar E190-92
- Menentukan titik tengah spesimen dan tumpuan
- Memasang benda uji pada mesin uji bending
- Putar handle sampai beban menyentuk benda uji
- Atur manometer indikator hingga menunjukkan angka nol
- Mencatat beban pada setiap kenaikan 0,50 mm
- Hentikan pengujian jika terjadi keretakan pada benda uji
- Menentukan ukuran spesimen bending



Gambar 3.16. ASTM E190-92 (2008)

Ukuran spesimen uji bending :

Panjang = 150 mm

Lebar = 45 mm

Tebal = 6 mm

### Spesimen Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui ketahanan suatu material. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Membentuk spesimen
- Menghaluskan spesimen dengan menggunakan mesin poles

c. Memberikan autosal untuk membersihkan spesimen

d. Memasang benda uji pada landasan penekanan

e. Memberikan penetrator dengan mata intan pada sudut  $136^\circ$

f. Menentukan spesimen dari logam las, HAZ, dan logam induk searah zig zag hingga 11 titik pada tekanan 125 Kg.

g. Mengukur diagonal pada hasil penekan tersebut.

### Pengamatan Struktur Mikro

Struktur mikro merupakan struktur suatu material dalam orde kecil, sehingga hanya dapat dilihat pada pengamatan struktur mikro, dengan proses ini dapat diketahui bentuk struktur, ukuran struktur dan banyaknya struktur dari suatu material. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan spesimen dan mikroskop.
- Letakkan spesimen dibawah lensa obyektif mikroskop, permukaan yang akan diamati jangan sampai di sentuh tangan. Fokuskan jarak antara lensa obyektif dengan permukaan spesimen. Mulailah dengan jarak yang terdekat antara lensa obyektif dengan permukaan spesimen untuk menghindari terjadinya benturan antara lensa obyektif dengan permukaan spesimen.
- Buat sketsa hasil pengamatan dari setiap spesimen.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

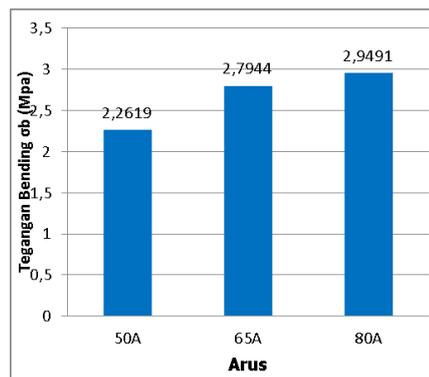
#### Hasil Pengujian Bending

Pada data hasil pengujian bending diambil dari sampel hasil pengujian yang berupa grafik yang menunjukkan besarnya beban gaya maksimum saat menekuk. Dari pengujian tekuk tersebut didapatkan nilai gaya beban ( $P_{beban}$ ) dan tegangan lentur ( $\sigma_b$ ). Dari tiap tabel pengujian terdapat tiga sampel spesimen. Berikut ini hasil dari perhitungan data yang didapat pada saat pengujian bending yang dikelompokkan berdasarkan metode arus hasil pengelasan sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Bending Rata-rata

No	Arus	$\sigma_b$ MPa
1	50A	2,2619
2	65A	2,7944
3	80A	2,9491

Data dari Tabel 4.1 hasil pengujian *bending* selanjutnya dimasukkan ke dalam diagram batang seperti pada Gambar 4.1 di bawah ini:



**Gambar 4.1** Grafik Tegangan Bending Terhadap Arus

Berdasarkan Gambar 4.1. hasil pengujian bending, nilai rata-rata tegangan bending pada metode arus 80A lebih besar dibandingkan dengan nilai rata-rata tegangan bending pada arus 65 A dan 50 A. Nilai rata-rata tegangan bending pada arus 50A sebesar 2,2619 MPa, arus 65 A sebesar 2,7944 Mpa, dan arus 80A sebesar 2,9491 MPa.

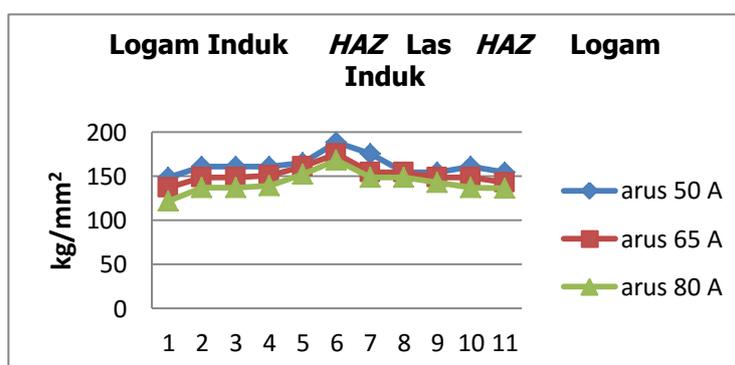
Berdasarkan data hasil uji *bending* menunjukkan bahwa setelah melakukan pengujian *bending* pada hasil lasan, tidak ada keretakan pada hasil lasan baik pada arus 50 A, 65 A maupun 80 A. Hasil tersebut memenuhi standar hasil las.

#### Hasil Uji Kekerasan Vickers

Kekerasan permukaan material diuji dengan menggunakan *vickers hardness*. Pada uji *vickers hardness* digunakan beberapa titik sampel dengan jarak antara titik penekanan sebesar 2 mm dengan beban ( $P$ ) sebesar 125 Kg. Berikut tabel 4.2 hasil dari perhitungan data yang didapat saat pengujian kekerasan, yang dikelompokkan berdasarkan beberapa arus.

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Kekerasan

Titik	Daerah	Jenis Pengelasan (kg/mm <sup>2</sup> )		
		Arus 50A	Arus 65A	Arus 80A
1	Logam Induk	148,32	137,13	121,69
2		160,94	148,32	137,13
3		160,94	148,32	137,13
4		160,94	150,72	139,26
5	HAZ	165,04	160,94	151,94
6	Logam Las	188,09	175,24	167,86
7	HAZ	175,24	154,43	148,32
8	Logam Induk	154,44	154,43	148,32
9		154,44	148,32	142,56
10		160,94	148,32	137,13
11		154,44	142,56	136,08



**Gambar 4.2** Grafik Hasil Uji Kekerasan *Vickers*

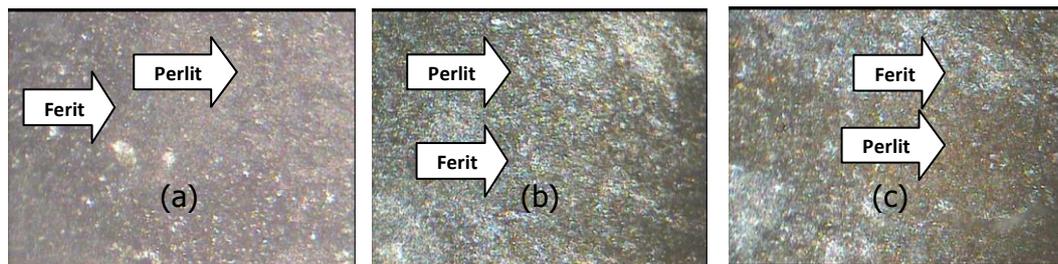
Tabel 4.2 menunjukkan nilai hasil pengujian kekerasan untuk arus 50 A, 65 A, dan 80 A. Nilai rata-rata kekerasan untuk logam induk 50 A adalah sebesar 156,92 Kg/mm<sup>2</sup>, 65 A sebesar 147,27 Kg/mm<sup>2</sup> dan 80 A sebesar 137,41 Kg/mm<sup>2</sup>. Untuk nilai rata-rata kekerasan pada daerah HAZ untuk 50 A adalah sebesar 170,14 Kg/mm<sup>2</sup>, 65 A sebesar 157,68 Kg/mm<sup>2</sup>, dan 80 A sebesar 150,13 Kg/mm<sup>2</sup>. Untuk nilai rata-rata daerah lasan 50 A adalah sebesar 188,09

Kg/mm<sup>2</sup>, 65 A sebesar 175,24 Kg/mm<sup>2</sup>, dan 80 A sebesar 167,86 Kg/mm<sup>2</sup>.

**Hasil Pengamatan Struktur Mikro**

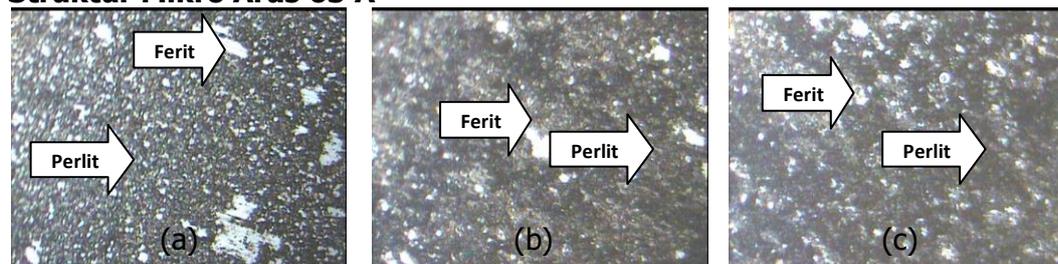
Hasil dari pengamatan struktur mikro didapatkan pada alat optik dengan pembesaran, berikut ini adalah hasil yang didapatkan pada media arus 50 A, 65 A dan 80 A dengan memperlihatkan kandungan terdiri dari ferit (berwarna putih) dan perlit (berwarna hitam). Butiran ferit lebih cenderung kasar dari perlit.

### Struktur Mikro Arus 50 A



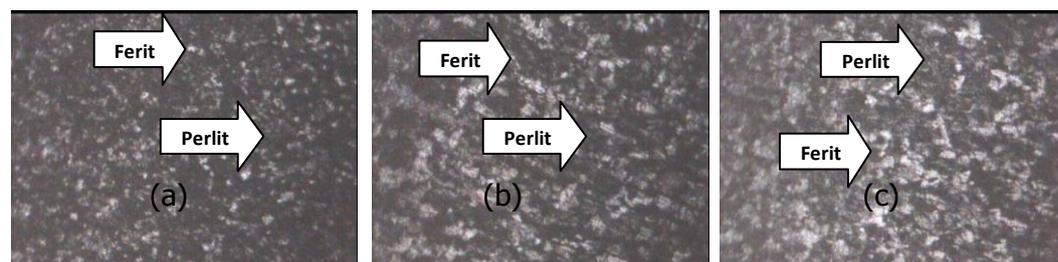
**Gambar 4.3** Foto Struktur Mikro Arus 50 A Pembesaran 10 Kali  
(a) Logam Las (b) Daerah HAZ (c) Logam Induk

### Struktur Mikro Arus 65 A



**Gambar 4.4** Foto Struktur Mikro Arus 65 A Pembesaran 10 Kali  
(a) Logam Las (b) Daerah HAZ (c) Logam Induk

### Struktur Mikro Arus 80 A



**Gambar 4.5** Foto Struktur Mikro Arus 80 A Pembesaran 10 Kali  
(a) Logam Las (b) Daerah HAZ (c) Logam Induk

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan *bending* permukaan (*face bend*) las dan kekerasan pada baja komersil, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Pada pengujian *bending*, maka nilai tegangan *bending* tertinggi didapatkan oleh arus 80 A yaitu sebesar 2,9491 MPa dibanding dengan arus 50 A sebesar 2,2619 MPa dan arus 65 A sebesar 2,7944 MPa.
- Pada pengujian kekerasan *vickers*, untuk nilai rata-rata kekerasan *vickers* yang tertinggi terdapat pada arus 50

A sebesar 188,09 Kg/mm<sup>2</sup> untuk logam las, 170,14 Kg/mm<sup>2</sup> untuk daerah HAZ, 156,92 Kg/mm<sup>2</sup> untuk logam induk dibanding dengan arus 65 A dan arus 80 A.

- Pada pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa hasil pengamatan struktur mikro struktur butir yang rapi dan rapat serta mempunyai kandungan perlit dan ferit terdapat pada bagian logam las dan dengan arus 80 A.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S. 1997. Las Listrik Otogen. Jakarta: Ghalia Indonesia.  
AWS. 2010 *Filler Metal Alloys*.

- Awal Syahrani, Alimuddin Sam dan Chairulnas, 2013. "Variasi arus terhadap kekuatan tarik dan bending pada hasil pengelasan SM490". Teknik Mesin, Universitas Tadulako, Palu.
- Ilam Nurdiansyah, Suriansyah dan Naif Fuhaid, 2016. "Analisis Tekuk Akar Las (*Root Bend*) Dan Tekuk Pada Permukaan Las (*Face Bend*) Longitudinal Besi Tuang Kelabu Pada Proses Pengelasan Terhadap Pengujian Tekuk (Bending)". Widyia Teknika.
- Kusharjanto, 2005. Metalurgi Las, Universitas Jendral Ahmad Yani, Jawa Tengah.
- Kusharjanto, 2005. Teknologi Pengelasan, Universitas Jendral Ahmad Yani, Jawa Tengah.
- Naharuddin, Alimuddin Sam dan Candra Nugraha, 2015. "Kekuatan Tarik dan Bending Sambungan Las Pada Material Baja SM 490 Dengan Metode Pengelasan *SMAW* dan *SAW*". Universitas Tadulako, Palu.
- Nur, M., 2017 "Analisis Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada pengelasan *SMAW stainless steel* 312 Dengan Variasi Arus Listrik", Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, UNTAD.
- Rifian, K., 1997. Teknologi Pengelasan Logam (Proses Produksi 4), Cimahi.
- Sonawan, H., Suratman, R., 2004, Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam, Alfa Beta, Bandung.
- Santoso, J., 2006, "Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan ketangguhan Las *SMAW* Dengan Electroda E7018", Universitas Negeri Semarang.
- Suprijanto, Djoko., 2013. Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Bending Las Sudut *SMAW* Posisi Mendatar Pada Baja Karbon Rendah, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- Sari, D. M., 2015. "Pengaruh Suhu Preheating Pada Hasil
- Pengelasan Gtaw Terhadap sifat Fisis Dan Mekanis Stainless Steel 304 (*Doctoral dissertation*", Universitas Negeri Semarang).