

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN

#### 4.1. Pembuatan Material

##### 4.1.1. Proses Pengelasan

Sebelum proses pengelasan hal pertama yang harus dilakukan adalah mempersiapkan alat dan bahan. Proses persiapan bahan ada dua tahap yaitu penandaan dan pemotongan.



Gambar 4.1. Penandaan dan Pemotongan

Pada proses penandaan itu kita menandai material sesuai ukuran yang kita butuhkan. Tiap bevel ( $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ) membutuhkan 2 lembar material yang berukuran 150 x 150 mm. Jadi jika memakai tiga bevel yang kita butuhkan 6 lembar material, yang masing – masing berukuran 150 x 150 mm. Setelah itu kita potong menggunakan mesin sekator.

Setelah persiapan bahan selesai, selanjutnya adalah proses pengelasan. Berikut ini dijelaskan proses pengelasannya:

1. Material dibersihkan dahulu menggunakan gerinda, selanjutnya adalah pembuatan bevel  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ . Proses pembuatan bevel tersebut menggunakan gerinda. Setelah material mencapai kemiringan yang kita gunakan, kita ukur menggunakan Welding Gap.



Gambar 4.2. Pengukuran/Pembuatan Bevel  
(Dari Kiri ke Kanan:  $45^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ )

Proses pengukuran bevel bisa kita lihat pada gambar diatas. Jika kemiringan belum mencapai bevel yang kita gunakan, kita harus menggerinda lagi sampai mencapai bevel yang akan kita gunakan.

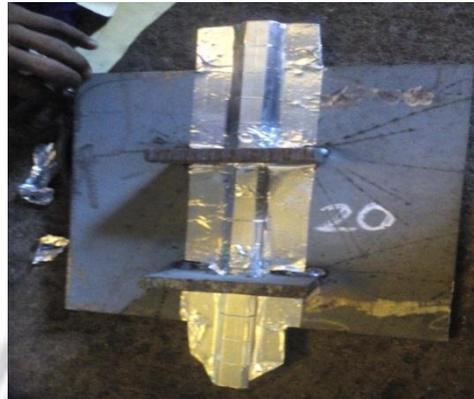
2. Kemudian pemasangan stopper pada setiap bevel dilakukan supaya material tidak terjadi deformasi.



Gambar 4.3. Pemasangan Stopper

Pemasangan stopper ini diletakkan pada bagian belakang bevel, dan masing – masing bevel diberi jarak 5 mm.

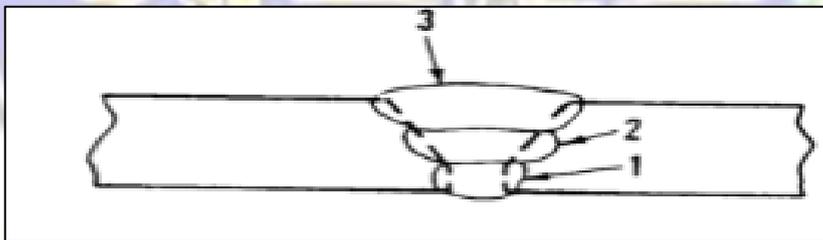
3. Setelah pemasangan stopper, kemudian pemasangan backing ceramic.



Gambar 4.4. Pemasangan Backing Ceramic

Tujuan dari pemasangan backing ceramic ini karena material memakai gap atau jarak, dan supaya pengelasan tidak terjadi kebocoran sehingga harus memakai backing ceramic.

4. Setelah pemasangan backing ceramic selesai kemudian proses pengelasan, proses pengelasan dilakukan sampai 3 layer pada setiap bevel.



Gambar 4.5. Pengelasan Layer 1, 2, dan 3

Pada proses pengelasan ini posisi yang digunakan adalah 3G (vertikal). Setelah kita melakukan pengelasan layer pertama, kita biarkan material sampai terjadi pendinginan setelah itu kita lanjutkan untuk pengelasan layer kedua, begitu seterusnya sampai layer ketiga.

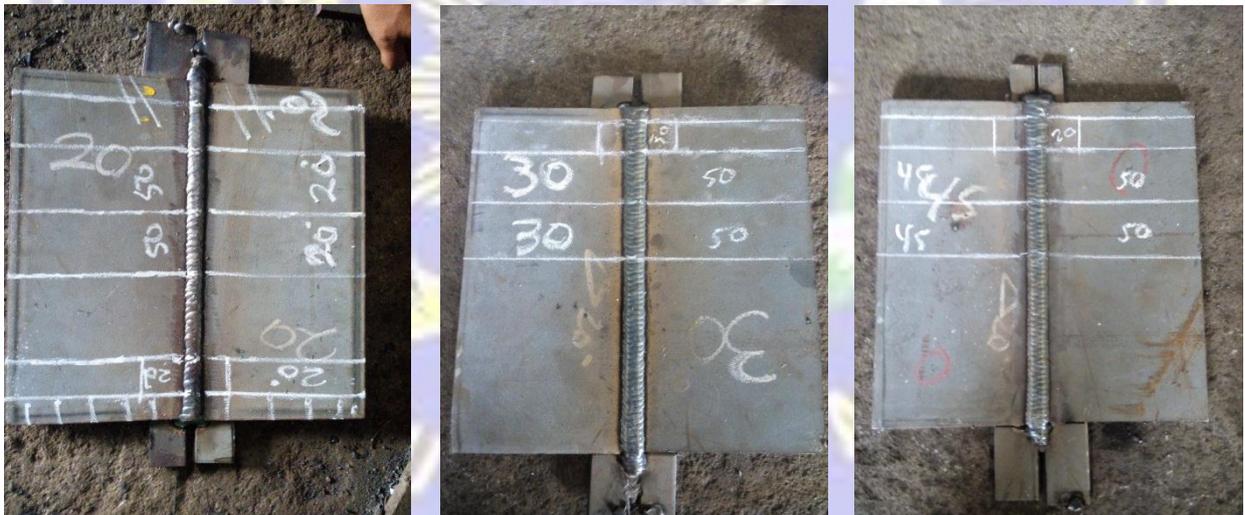
5. Kemudian proses pelepasan backing ceramic, pelepasan backing ceramic ini dilakukan setelah material mengalami pendinginan.



Gambar 4.6. Pelepasan Backing Ceramic

Pelepasan backing ceramic ini bisa dilakukan setelah pengelasan layer pertama.

6. Setelah pelepasan backing ceramic kemudian langkah selanjutnya adalah proses penandaan pada material untuk dijadikan *test pieces*.



Gambar 4.7. Penandaan pada setiap Bevel.

Untuk pengujian tarik kita tandai material dengan ukuran 300 x 50 mm, untuk pengujian makro dan hardness menggunakan ukuran 70 x 20 mm.

7. Setelah proses penandaan selesai, kemudian langkah selanjutnya adalah pemotongan. Pemotongan ini menggunakan alat pemotong *Brander*.

8. Pada gambar 4.8. merupakan hasil pemotongan menggunakan *brander* untuk uji tarik didapatkan ukuran 300 x 50 mm, untuk uji kekerasan dan makro etsa 70 x 20 mm.



Gambar 4.8. Test Pieces  
(sebelah kiri untuk uji tarik dan sebelah kanan untuk foto makro dan uji kekerasan)

9. Setelah pemotongan selesai selanjutnya proses pembentukan *test pieces* yaitu dengan cara di *machining*. Bentuk dan ukuran *test pieces* uji tarik, uji kekerasan dan makro etsa bisa dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9. Ukuran Test Pieces

#### 4.1.2. Perhitungan Bobot dan Waktu

Perhitungan bobot dan waktu ini dilakukan pada waktu proses pengelasan, yang telah dijelaskan pada sub bab 4.1.1. Pada perhitungan bobot dan waktu ini hal yang perlu dicatat adalah waktu yang diperlukan tiap layer (1, 2, 3) pada masing – masing bevel (20°, 30°, 45°), kemudian mencatat tegangan (V) dan kuat arus (I) yang digunakan pada proses pengelasan.

Sehingga kita bisa menghitung kecepatan pengelasan dengan rumus:

$$TS = \frac{\text{panjang}}{\text{waktu (min)}} \text{ cm/min}$$

Dan juga kita bisa menghitung panas yang masuk (*heat input*) saat pengelasan dengan menggunakan rumus

$$\text{Heat Input (HI)} = \frac{V \times I}{TS} \text{ mm/min}$$

Keterangan:

V = Tegangan

I = Arus

TS = Travel Speed

Dengan begitu kita bisa mengetahui kecepatan pengelasan dan panas yang masuk pada waktu proses pengelasan, yang nantinya bisa digunakan untuk menghitung efisiensi waktu pengelasan masing – masing bevel dan elektrode yang diperlukan.

Setelah mencatat waktu, tegangan, kuat arus, serta menghitung travel speed dan panas yang masuk maka akan menghasilkan tabel seperti berikut ini.

1) Tabel Bevel 20°

<b>WELDING DATE</b>	04/06/2015	05/06/2015	05/06/2015	Keterangan
<b>WELDER ID</b>	MASRUKAN	MASRUKAN	MASRUKAN	—
<b>SQUENCE / LAYER</b>	1	2	3	—
<b>WPS NO. &amp; PROCESS</b>	126	126	126	RUJUKAN
	FCAW	FCAW	FCAW	—
<b>MATERIAL</b>	SA – 36	SA – 36	SA – 36	—
<b>THICKNESS</b>	12	12	12	DIUKUR
<b>ELECTRODE TYPE &amp; SIZE</b>	SFA / AWS. E71T1	SFA / AWS. E71T1	SFA / AWS. E71T1	—
	∅ 1,2	∅ 1,2	∅ 1,2	DIUKUR
<b>PREHEAT °C</b>	ROOM	ROOM	ROOM	DIUKUR
<b>INTERPASS TEMP</b>	ROOM	ROOM	ROOM	DIUKUR
<b>CURRENT AC/DC</b>	DC	DC	DC	DIUKUR
<b>TEGANGAN / VOLT (V)</b>	24	26	24	DIUKUR
<b>ARUS / AMPERE (I)</b>	120	120	120	DIUKUR
<b>WELD TRAVEL SPEED (cm/mnt)</b>	7	12	10	PENGAMATAN & HITUNGAN
<b>HEAT INPUT</b>	40,6	26	28	DIHITUNG
<b>ELEKTRODE YANG TERPAKAI (gr)</b>	155	103	93,2	DIUKUR

Tabel 4.1. Perhitungan Waktu Bevel 20°

2) Tabel Bevel 30°

<b>WELDING DATE</b>	04/06/2015	05/06/2015	05/06/2015	Keterangan
<b>WELDER ID</b>	MASRUKAN	MASRUKAN	MASRUKAN	—
<b>SQUENCE / LAYER</b>	1	2	3	—
<b>WPS NO. &amp; PROCESS</b>	126	126	126	RUJUKAN
	FCAW	FCAW	FCAW	—
<b>MATERIAL</b>	SA – 36	SA – 36	SA – 36	—
<b>THICKNESS</b>	12	12	12	DIUKUR
<b>ELECTRODE TYPE &amp; SIZE</b>	SFA / AWS. E71T1	SFA / AWS. E71T1	SFA / AWS. E71T1	—
	∅ 1,2	∅ 1,2	∅ 1,2	DIUKUR
<b>PREHEAT °C</b>	ROOM	ROOM	ROOM	DIUKUR
<b>INTERPASS TEMP</b>	ROOM	ROOM	ROOM	DIUKUR
<b>CURRENT AC/DC</b>	DC	DC	DC	DIUKUR
<b>TEGANGAN / VOLT (V)</b>	26	26	24	DIUKUR
<b>ARUS / AMPERE (I)</b>	120	120	120	DIUKUR
<b>WELD TRAVEL SPEED (cm/mnt)</b>	6	10	8	PENGAMATAN & HITUNGAN
<b>HEAT INPUT</b>	54	32	36	DIHITUNG
<b>ELEKTRODE YANG TERPAKAI (gr)</b>	200	128,5	122,4	DIUKUR

Tabel 4.2. Perhitungan Waktu Bevel 30°

3) Tabel Bevel 45°

<b>WELDING DATE</b>	04/06/2015	05/06/2015	05/06/2015	Keterangan
<b>WELDER ID</b>	MASRUKAN	MASRUKAN	MASRUKAN	—
<b>SQUENCE / LAYER</b>	1	2	3	—
<b>WPS NO. &amp; PROCESS</b>	126	126	126	RUJUKAN
	FCAW	FCAW	FCAW	—
<b>MATERIAL</b>	SA – 36	SA – 36	SA – 36	—
<b>THICKNESS</b>	12	12	12	DIUKUR
<b>ELECTRODE TYPE &amp; SIZE</b>	SFA / AWS. E71T1	SFA / AWS. E71T1	SFA / AWS. E71T1	—
	∅ 1,2	∅ 1,2	∅ 1,2	DIUKUR
<b>PREHEAT °C</b>	ROOM	ROOM	ROOM	DIUKUR
<b>INTERPASS TEMP</b>	ROOM	ROOM	ROOM	DIUKUR
<b>CURRENT AC/DC</b>	DC	DC	DC	DIUKUR
<b>TEGANGAN / VOLT (V)</b>	24	26	24	DIUKUR
<b>ARUS / AMPERE (I)</b>	120	120	120	DIUKUR
<b>WELD TRAVEL SPEED (cm/mnt)</b>	5	8	7	PENGAMATAN & HITUNGAN
<b>HEAT INPUT</b>	59	39	39	DIHITUNG
<b>ELEKTRODE YANG TERPAKAI (gr)</b>	255	150	135	DIUKUR

Tabel 4.3. Perhitungan Waktu Bevel 45°

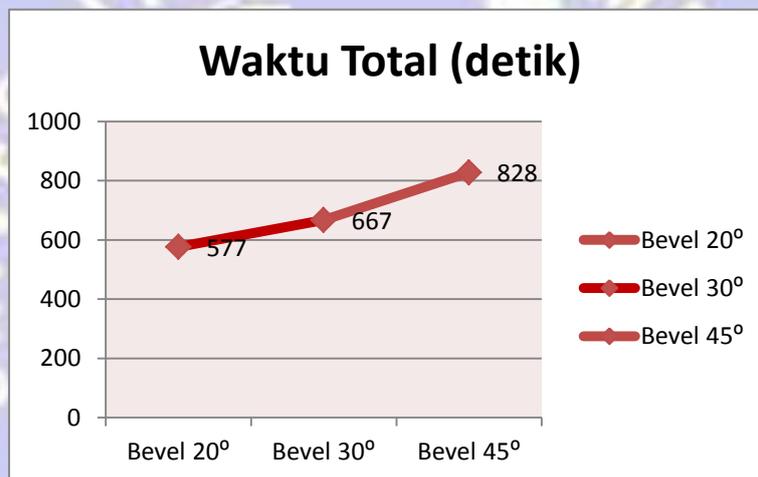
Data tabel diatas didapatkan pada waktu proses pengelasan berlangsung. Dengan menghitung waktu pengelasan dan bobot pemakaian elektrode pada setiap bevel maka kita bisa menghitung efisiensi perhitungan waktu antar bevel dan bisa menghitung efisiensi perhitungan bobot pemakaian elektrode.

Bisa kita lihat tabel dibawah ini, untuk total waktu pengelasan setiap layer, yaitu layer 1, 2, 3, pada variasi bevel.

Bevel 20°		Bevel 30°		Bevel 45°	
Layer	Waktu Total (detik)	Layer	Waktu Total (detik)	Layer	Waktu Total (detik)
1	255	1	314	1	366
2	151	2	186	2	220
3	171	3	167	3	242
Tot	577	Tot	667	Tot	828

Tabel 4.4. Waktu Total (detik)

Dari total waktu pada masing – masing bevel, bisa dilihat untuk bevel 45° waktu yang diperlukan lebih banyak yaitu 828 detik. Untuk lebih jelas melihat perbandingan waktu yang diperlukan pada masing – masing bevel, bisa dilihat pada grafik 4.1.



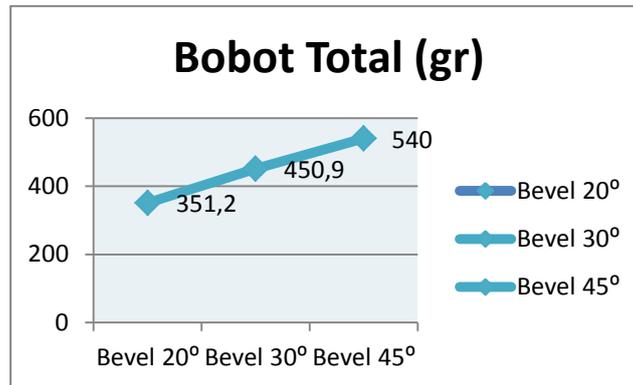
Grafik 4.1. Waktu Total (detik)

Untuk total bobot elektrode yang terpakai kita bisa menghitung dari (Tabel 4.1., 4.2., 4.3., **Perhitungan Waktu**) dengan melihat elektrode yang terpakai (gr), maka dihasilkan total sebagai berikut:

Bevel	Bobot Total (gr)
Bevel 20°	351,2
Bevel 30°	450,9
Bevel 45°	540

Tabel 4.5. Bobot Total (gr)

Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada grafik 4.2.



Grafik 4.2. Bobot Total (gr)

Dari grafik **Waktu Total (detik)** dan **Bobot Total (gr)** kita bisa melihat perbandingan waktu pengelasan antar bevel dan banyaknya pemakaian kawat las yang diperlukan.

## 4.2. Pengujian

### 4.2.1. Pengujian Tarik

Setelah proses machining selesai, selanjutnya proses pengujian tarik. Langkah pertama yang dilakukan sebelum pengujian tarik adalah mengukur luas penampang semua *test pieces*, dan didapatkan hasil sebagai berikut:

TEST PIECE	LUAS	LUAS	LUAS
	PENAMPANG BEVEL 20° (mm)	PENAMPANG BEVEL 30° (mm)	PENAMPANG BEVEL 45° (mm)
1	11,7 X 25,4	11,8 X 24,4	11,8 X 25,4
2	11,7 X 25,4	11,8 X 26,7	11,8 X 26
3	11,7 X 26,1	11,8 X 26,7	11,8 X 25

Tabel 4.6. Hasil Luas Penampang Test Pieces

Setelah mendapatkan luas penampang masing – masing *test pieces* langkah selanjutnya adalah proses uji tarik.



Gambar 4.10. Proses Uji Tarik

Pada proses uji tarik pada dasarnya prinsip kerja mesin tarik yaitu menjepit kedua ujung *test pieces* dan ditarik secara terus menerus sampai putus. Hasil dari uji tarik ini akan ditunjukkan dengan adanya grafik yang telah dicetak oleh mesin uji tarik tersebut.



Gambar 4.11. Pembuatan Grafik

Pada proses uji tarik ini kita dapat melihat, apakah putusny suatu *test pieces* ini di daerah pengelasan atau diluar daerah pengelasan.



Gambar 4.12. Tests Piece Setelah Patah

Pada gambar 4.12. ditunjukkan dengan lingkaran berwarna merah itu adalah daerah pengelasan, sedangkan panah berwarna merah adalah patah *test pieces* berada pada luar daerah pengelasan.

Setelah itu kita ukur menggunakan penggaris, untuk mengetahui panjang setelah



Gambar 4.13. Pengukuran Panjang Setelah Patah ( $L_1$ ) mm

Setelah kita mendapatkan ukuran panjang setelah patah ( $L_1$ ) lalu kita masukkan kedalam tabel data pengujian tarik yang akan dibahas dalam sub bab **4.3.1. Analisa Data Pengujian Tarik.**

#### 4.2.2. Pengujian Kekerasan (*Hardness*)

Untuk pengujian kekerasan menggunakan metode *Vickers*.

Langkah – langkah pengujian kekerasan:

- a. Sebelum pengujian mesin harus dalam keadaan perawatan yang baik dan kalibrasi
- b. Test pieces ditempatkan pada mesin *Vickers* dengan beban awal sebesar 100 gr, bisa dilihat Gambar 4.2.2. Cara Meletakkan Test Pieces pada Mesin Uji Kekerasan
- c. Mesin kemudian menekan test pieces dengan beban 900 gr jadi total penekanan 1000 gr atau 1 kg.

Pengujian tersebut dilakukan pada daerah HAZ, Base Metal, dan Weld Metal, masing – masing 3 titik, pada 3 garis horizontal yaitu Top, Middle, Lower.



Gambar 4.14. Cara Meletakkan Test Pieces pada Mesin Uji Kekerasan

#### 4.2.3. Pengujian Makro Etsa

Tujuan makro etsa adalah untuk mengetahui lebar daerah HAZ pada pengelasan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

- a. Perataan dan penghalusan test pieces dengan menggunakan Sand Paper No. 150, 200, 500, 800, dan untuk finishing No. 1000.



Gambar 4.15. Proses Perataan dan Penghalusan

Pada gambar 4.15. adalah proses perataan dan penghalusan *test pieces*, proses ini membutuhkan waktu sampai beberapa hari. Karena *test pieces* harus benar – benar halus dan rata sampai terlihat las – lasannya.

- b. Kemudian pemberian cairan etching (Asam Nitrat + Alkohol) dengan perbandingan 20% : 80 % untuk baja jenis karbon steel.
- c. *Test Pieces* yang telah dilapisi cairan etching kemudian dibersihkan menggunakan air (air biasa).
- d. Setelah dibersihkan menggunakan air, *test pieces* dikeringkan menggunakan hairdryer.



Gambar 4.16. Pengerinan menggunakan Hairdryer

Pengeringan ini harus menggunakan hairdryer, apabila menggunakan kain permukaan *test pieces* akan kotor lagi dan berbekas. Karena cairan etching apabila tersentuh oleh tangan atau benda yang lainnya maka akan meninggalkan bekas.

- e. Kemudian pemberian laminasi pilox (clear) pada permukaan *test pieces*. Pemberian laminasi ini bertujuan untuk melindungi permukaan *test pieces* yang telah diberi cairan etching, apabila sudah diberi laminasi pilox berwarna clear maka permukaan *test pieces* yang sudah diberi cairan etching tadi tidak apa – apa tersentuh tangan atau lain sebagainya.
- f. Setelah cairan laminasi kering, langkah selanjutnya adalah proses pemotretan makro etsa dengan menggunakan kamera canon EOD, skala pembesaran 1 : 10.



### 4.3. Analisa Data

#### 4.3.1. Analisa Data Pengujian Tarik

Setelah proses pembuatan specimen uji (4.1.1. Proses Pengelasan) dan pengujiannya selesai (4.2.1. Pengujian Tarik) maka langkah selanjutnya adalah melakukan evaluasi dari hasil pengujian tersebut.

Untuk pengujian uji tarik, grafik uji tarik dicetak dengan kertas milimeter yang dicetak oleh mesin uji tarik (Fujii Seiki Co. Ltd). Hasil uji tarik menggunakan skala 1 : 25 kgf dengan kapasitas maksimum tarik 25.000 kgf.

Berikut data yang didapat dari mesin uji tarik:

TABEL DATA UJI TARIK

		Spesimen	20°	30°	45°	Keterangan
1.	Panjang ukur sebelum patah (Lo) mm	1	100	100	100	Diukur
		2	100	100	100	
		3	100	100	100	
2.	Panjang ukur setelah patah (L <sub>1</sub> ) mm	1	123	121	126	Diukur
		2	124	124	124	
		3	122	124	121	
3.	Luas penampang uji (A <sub>o</sub> ) mm <sup>2</sup>	1	297,18	287,92	299,72	Diukur
		2	297,18	315,06	306,8	
		3	305,37	315,06	295	
4.	Beban saat yield (kgf)	1	9.375	9.200	8.950	Pengamatan pada Mesin
		2	9.250	9.325	9.625	
		3	9.500	10.050	8.800	
5.	Beban max (kgf)	1	13.400	13.050	13.625	Pengamatan pada Mesin
		2	13.675	14.475	14.200	
		3	13.950	14.875	13.500	

Tabel 4.7. Data Uji Tarik

Dari tabel data 4.7. maka kita bisa mencari

$$\text{— Elongation } (\Sigma) \% = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \%$$

$$\text{— Yield Strength} = \frac{\beta_y}{A_0} \text{ kgf/mm}^2$$

$$\text{— Tensile Strength} = \frac{\beta_{\max}}{A_0} \text{ kgf/mm}^2$$

Maka akan didapatkan hasil uji tarik yang dijelaskan pada Tabel 4.8. Hasil Uji Tarik

	Spesimen	20°	30°	45°
Elongation (%)	1	23%	21%	26%
	2	24%	24%	24%
	3	22%	24%	21%
Yield Strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	1	31,5	31,9	29,9
	2	31,1	29,6	31,4
	3	31,1	31,9	29,8
Tensile Strength (kgf/mm <sup>2</sup> )	1	45,1	45,3	45,5
	2	46,02	45,9	46,3
	3	45,7	47,2	45,8

Tabel 4.8. Hasil Uji Tarik

**Rata – rata hasil uji tarik:**

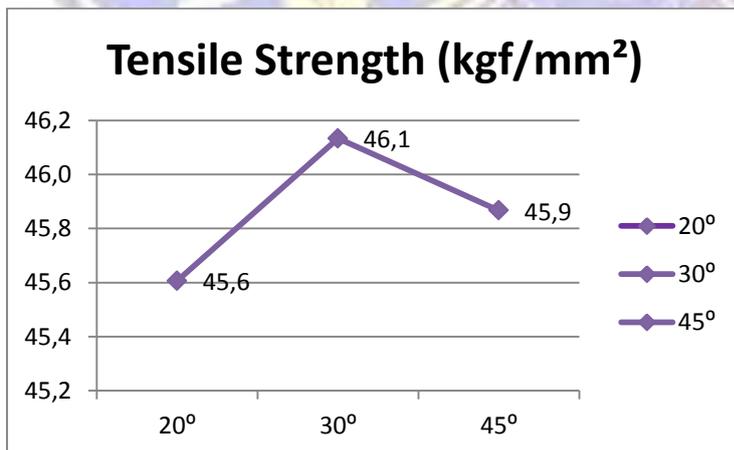
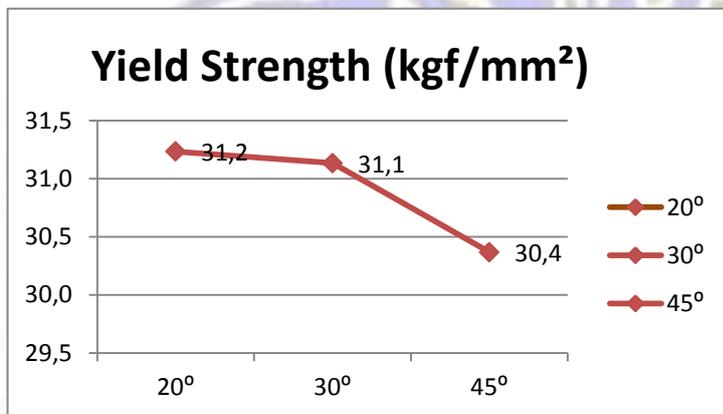
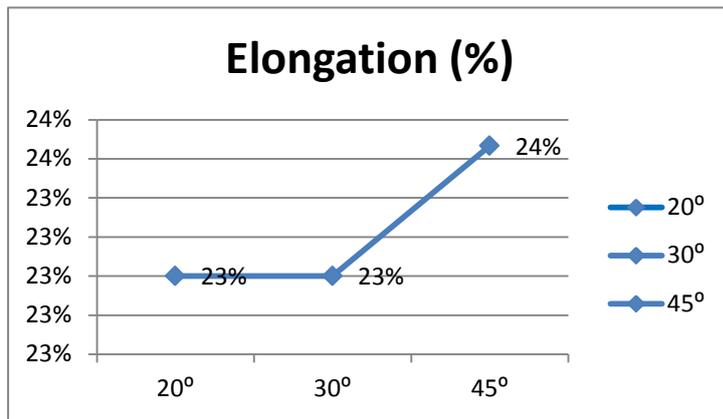
BEVEL	Elongation (%)
20°	23%
30°	23%
45°	24%

BEVEL	Tensile Strength (kgf/mm <sup>2</sup> )
20°	45,6
30°	46,1
45°	45,9

BEVEL	Yield Strength (kgf/mm <sup>2</sup> )
20°	31,2
30°	31,1
45°	30,4

Tabel 4.9. Rata – rata Uji Tarik

Maka akan muncul grafik seperti pada grafik 4.3.



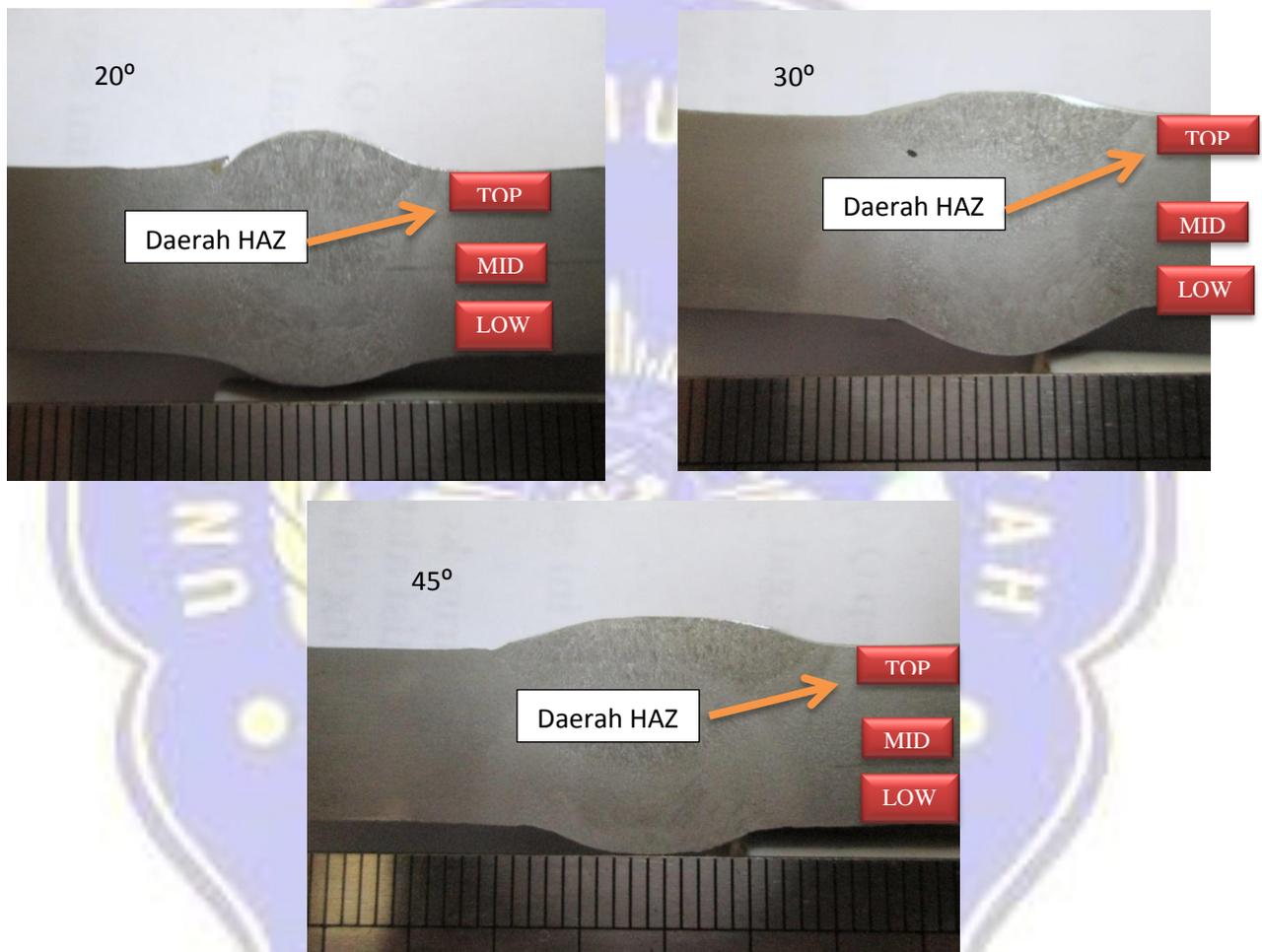
Grafik 4.3. Perbandingan Elongation, Yield Strength, Tensile Strengt

### 4.3.2. Analisa Foto Makro Etsa dan Analisa Lebar HAZ

Untuk mengetahui luas daerah HAZ akibat heat input dari proses pengelasan, maka dilakukan uji foto makro etsa.

Hasil foto makro etsa bisa dilihat pada:

- Gambar 4.17. Foto Makro Etsa



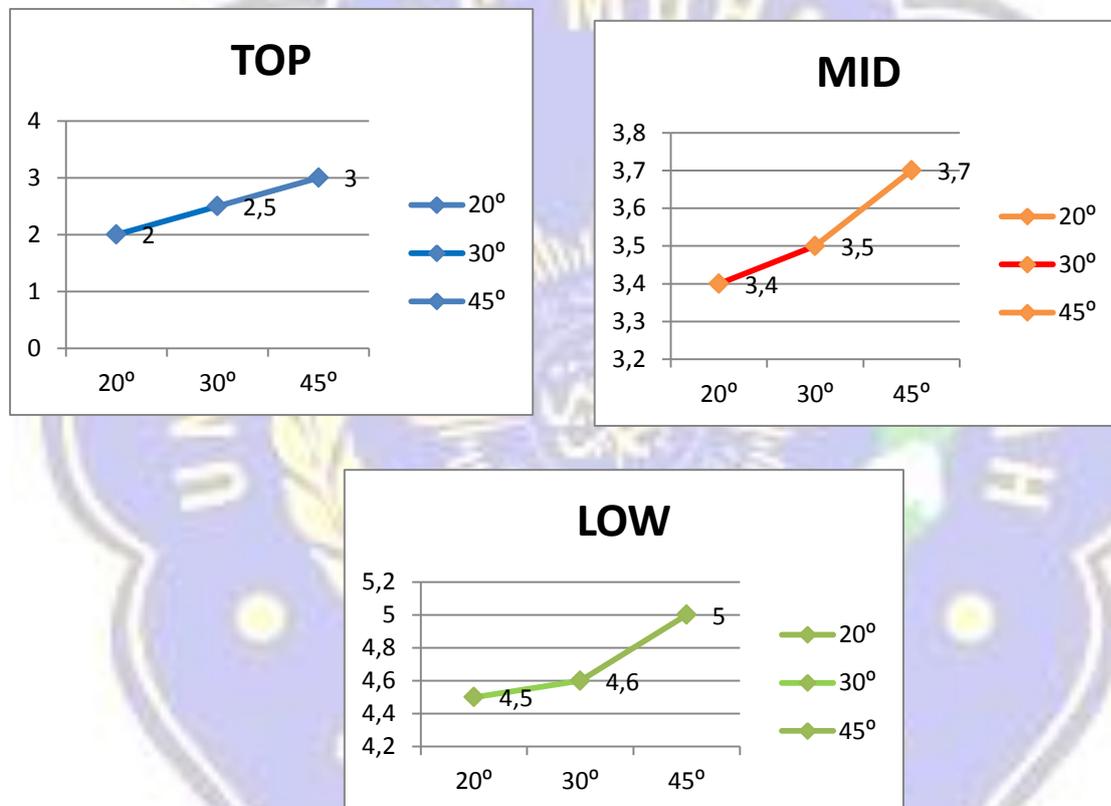
Gambar 4.17. Foto Makro Etsa

Dari foto makro etsa tersebut kita ukur lebar HAZ dengan menggunakan kertas milimeter, dari variasi bevel tersebut ( $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ) didapatkan lebar HAZ sebagai berikut:

BEVEL	LEBAR HAZ (mm)		
	TOP	MID	LOW
$20^\circ$	2	3,4	4,5
$30^\circ$	2,5	3,5	4,6
$45^\circ$	3	3,7	5

Tabel 4.10. Lebar HAZ

Untuk melihat perbandingan lebar HAZ daerah Top, Middle, dan Lower masing – masing bevel kita bisa menarik grafik seperti grafik 4.4.



Grafik 4.4. Perbandingan Lebar HAZ (Top, Mid, Low)

### 4.3.3. Analisa Data Pengujian Kekerasan (Hardness Test)

Untuk mengetahui kekerasan daerah Base Metal, Weld Metal, dan daerah HAZ maka perlu diadakan pengujian kekerasan atau *hardness test*.

Metode yang digunakan pada pengujian ini adalah metode Vickers. Maka akan didapatkan Harga Kekerasan Vickers dimana,

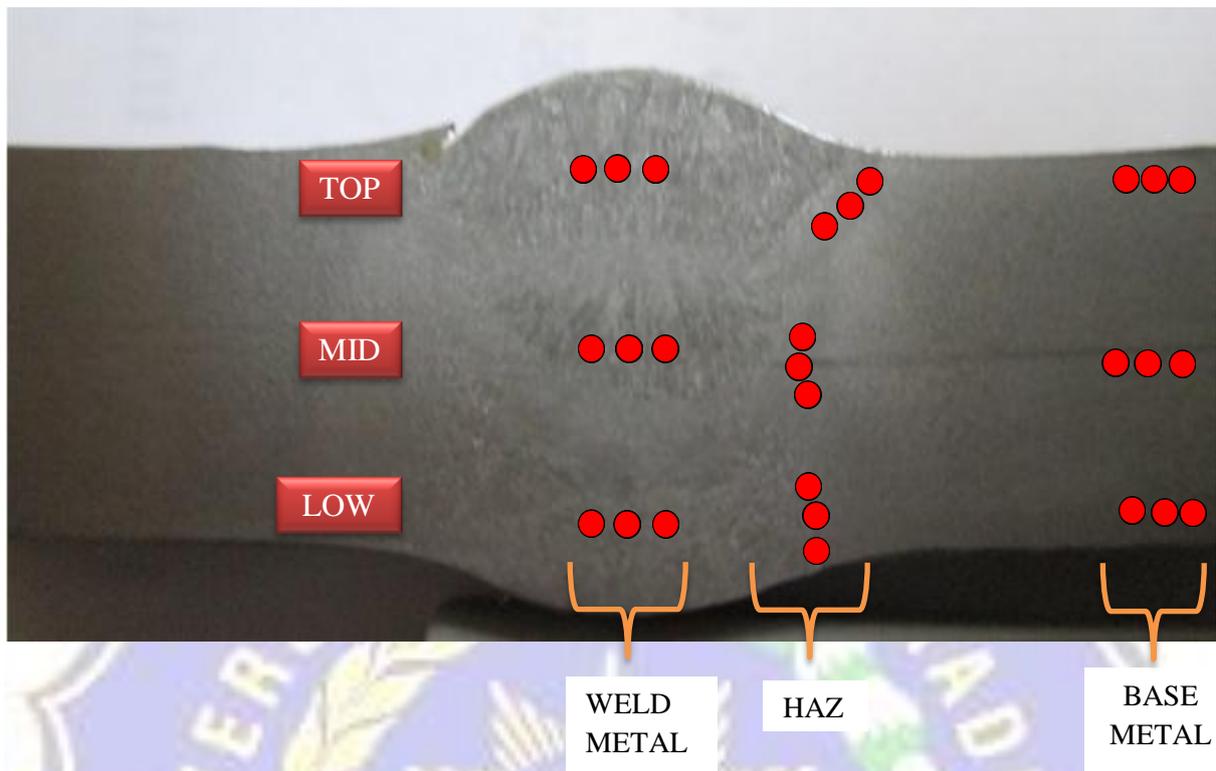
$$\text{VHN} = \frac{1,854 * P}{D^2}$$

Keterangan:

- VHN = Vickers Hardness Number (Nilai kekerasan standar metode Vickers)
- P = Beban yang diberikan (kgf)
- D = Panjang diagonal rata – rata hasil uji kekerasan



### 4.3.3.1. Analisa Data Uji Kekerasan Untuk Bevel 20°



Tabel Uji Kekerasan Bevel 20°

TEST POSITION	WELD METAL			HAZ			BASE METAL		
D.rata2 ( D1 + D2 ) / 2	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,092	0,092	0,094	0,093	0,093	0,092	0,1	0,101	0,1
VHN 1,854 * P / (D*D)	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1
	219	219	209,8	214,4	214,4	219	185,4	181,7	185,4

TOP

TEST POSITION	WELD METAL			HAZ			BASE METAL		
D.rata2 ( D1 + D2 ) / 2	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,092	0,092	0,092	0,098	0,1	0,099	0,101	0,101	0,1
VHN 1.854 * P / (D*D)	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1
	219	219	219	193	185,4	189,2	181,7	181,7	185,4

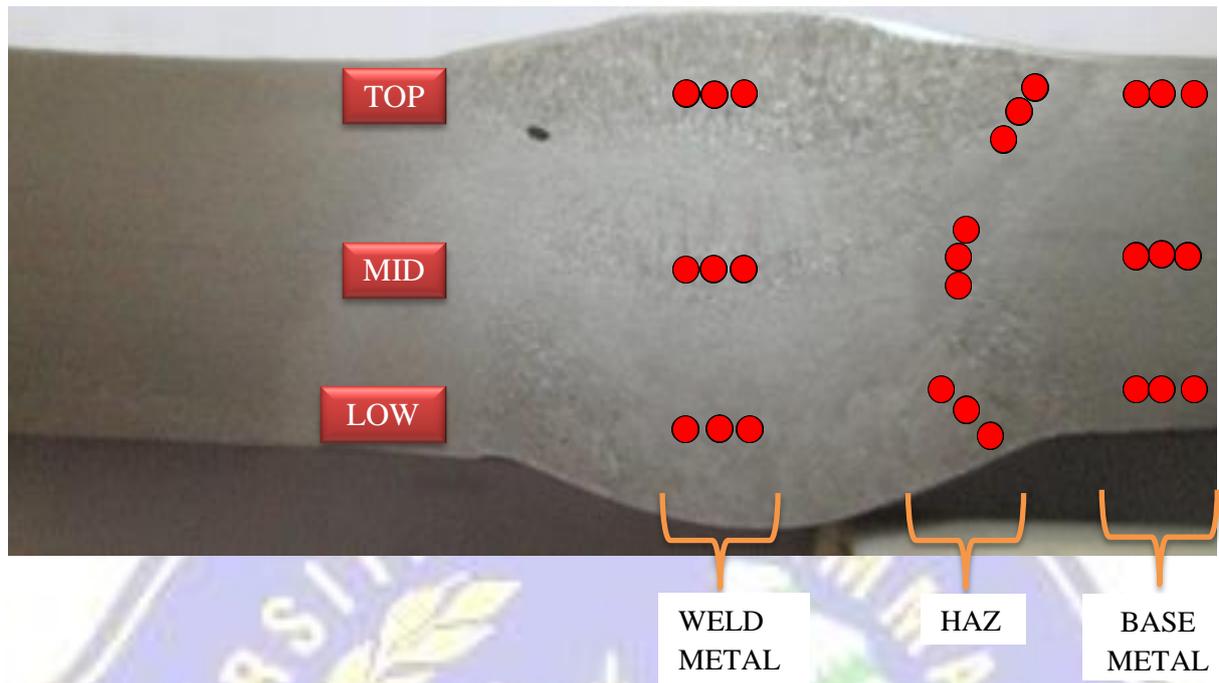
MID

TEST POSITION	WELD METAL			HAZ			BASE METAL		
D.rata2 ( D1 + D2 ) / 2	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,094	0,093	0,092	0,098	0,097	0,097	0,1	0,101	0,101
VHN 1.854 * P / (D*D)	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1
	209,8	214,4	219	193	197	197	185,4	181,7	181,7

LOW

Tabel 4.11. Uji Kekerasan Bevel 20°

### 4.3.3.2. Analisa Data Uji Kekerasan Untuk Bevel 30°



Tabel Uji Kekerasan Bevel 30°

TEST POSITION	WELD METAL			HAZ			BASE METAL		
D.rata2 ( D1 + D2 ) / 2	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,092	0,092	0,094	0,094	0,093	0,094	0,1	0,102	0,101
VHN 1.854 * P / (D*D)	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1
	219	219	209,8	209,8	214,4	209,8	185,4	178,2	181,7

TOP

TEST POSITION	WELD METAL			HAZ			BASE METAL		
D.rata2 ( D1 + D2 ) / 2	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,097	0,096	0,096	0,095	0,096	0,094	0,1	0,101	0,101
VHN 1.854 * P / (D*D)	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1
	197	201,2	201,2	205,4	201,2	209,8	185,4	181,7	181,7

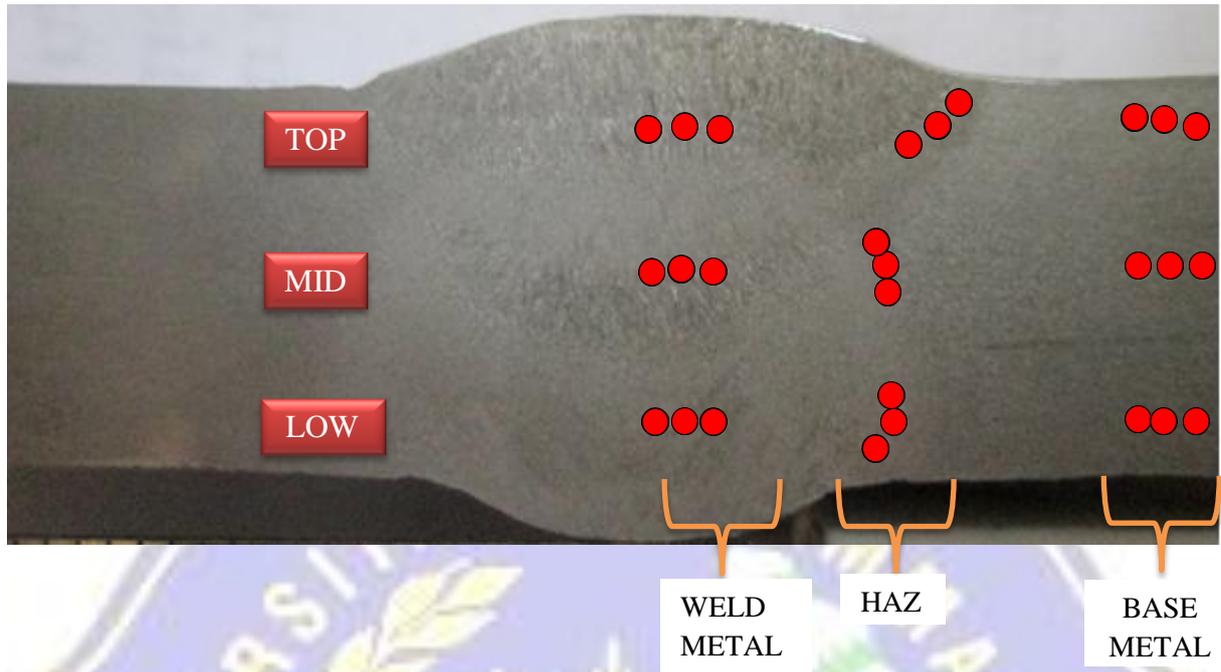
MID

TEST POSITION	WELD METAL			HAZ			BASE METAL		
D.rata2 ( D1 + D2 ) / 2	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,1	0,099	0,097	0,099	0,096	0,095	0,1	0,101	0,102
VHN 1.854 * P / (D*D)	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1
	185,4	189,2	197	189,2	201,2	205,4	185,4	181,7	178,2

LOW

Tabel 4.12. Uji Kekerasan Bevel 30°

### 4.3.3.3. Analisa Data Uji Kekerasan Untuk Bevel 45°



Tabel Uji Kekerasan Bevel 45°

TEST POSITION	WELD METAL			HAZ			BASE METAL		
D.rata2 ( D1 + D2 ) / 2	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,096	0,096	0,096	0,097	0,097	0,096	0,101	0,101	0,1
VHN 1.854 * P / (D*D)	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1
	201,2	201,2	201,2	197	197	201,2	181,7	181,7	185,4

TOP

TEST POSITION	WELD METAL			HAZ			BASE METAL		
D.rata2 ( D1 + D2 ) / 2	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,097	0,097	0,096	0,101	0,1	0,1	0,101	0,1	0,101
VHN 1.854 * P / (D*D)	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1
	197	197	201,2	181,7	185,4	185,4	181,7	185,4	181,7

MID

TEST POSITION	WELD METAL			HAZ			BASE METAL		
D.rata2 ( D1 + D2 ) / 2	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,098	0,097	0,097	0,099	0,099	0,099	0,1	0,1	0,101
VHN 1.854 * P / (D*D)	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1	HV 1
	193	197	197	189,2	189,2	189,2	185,4	185,4	181,7

LOW

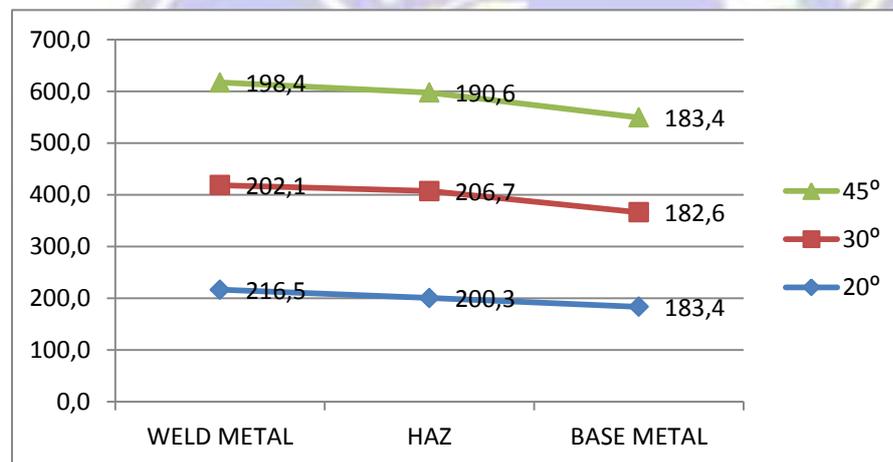
Tabel 4.13. Uji Kekerasan Bevel 45°

Dari tabel uji kekerasan tiap bevel ( $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ) maka akan didapatkan nilai rata – rata seperti pada tabel 4.14.

RATA - RATA HASIL UJI KEKERASAN			
BEVEL	WELD METAL	HAZ	BASE METAL
$20^\circ$	216,5	200,3	183,4
$30^\circ$	202,1	206,7	182,6
$45^\circ$	198,4	190,6	183,4

Tabel 4.14. Rata – rata Hasil Uji Kekerasan

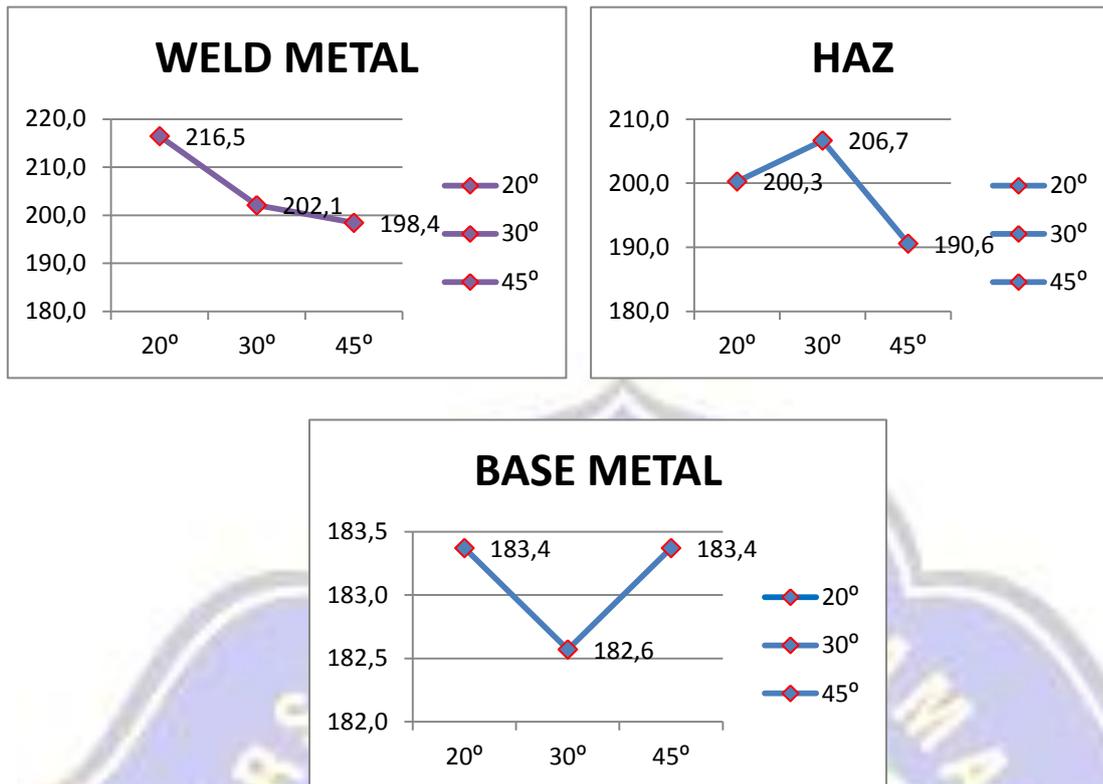
Maka akan didapatkan nilai kekerasan pada daerah WELD METAL, HAZ, BASE METAL dari variasi sudut bevel  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  dalam bentuk grafik.



Grafik 4.5. Nilai Kekerasan tiap Bevel

Pada grafik 4.5. didapatkan untuk bevel  $20^\circ$  (warna biru) nilai kekerasannya pada daerah weld metal. Untuk bevel  $30^\circ$  (warna merah) dan  $45^\circ$  (warna hijau) nilai kekerasannya juga terletak pada daerah weld metal, sedangkan daerah HAZ dan base metal mereka lebih lunak.

Untuk lebih jelas melihat perbandingan daerah weld metal, HAZ, base metal pada masing – masing bevel, kita bisa membuat grafik perbandingannya.



Grafik 4.6. Pebandingan Weld Metal, HAZ, Base Metal

Pada grafik 4.6. dapat dilihat nilai kekerasan yang paling tinggi pada daerah weld metal adalah bevel 20°, untuk daerah HAZ nilai kekerasan paling tinggi pada bevel 30°, sedangkan pada base metal nilai kekerasan bevel 20° dan 45° sama yaitu 183,4.

#### 4.4. Hasil Analisa Data dari Pengujian

##### 4.4.1. Hasil analisa Bobot dan Waktu didapatkan:

- Untuk efisiensi waktu jika memakai bevel 20°, akan mengurangi 13,49% dari bevel 30°.

Kenapa bisa seperti itu, karena pada umumnya galangan kapal di Indonesia memakai bevel 30° untuk pengelasan. Dengan cara perhitungan (data dilihat dari Tabel 4.1.2. Waktu Total (detik) hal. 35)

$$\text{Efisiensi Waktu} = \frac{\text{Bevel } 30^{\circ} - \text{Bevel } 20^{\circ}}{\text{Bevel } 30^{\circ}} \times 100\%$$

Maka hasilnya,

$$\text{Efisiensi Waktu} = \frac{667 - 577}{667} \times 100\%$$

$$= 13,49\%$$

Dengan demikian jika pengelasan menggunakan bevel 20° dia lebih cepat 13,49% dari bevel 30°

- Jika kita menggunakan bevel 45° tentu waktu pengerjaan pengelasan lebih lama, karena bevel yang digunakan lebih lebar.
- Untuk efisiensi bobot pemakaian elektrode jika memakai bevel 20° akan mengurangi pemakaian elektrode sebanyak 22,11% dari bevel 30°.

##### 4.4.2. Hasil analisa dari pengujian tarik didapatkan:

- Untuk hasil uji tarik jika kita menggunakan bevel 20°, maka kekuatan tariknya lebih lemah -0,32% dari bevel 30°. (Cara perhitungan sama seperti menghitung efisiensi waktu).
- Jika kita menggunakan bevel 45° maka kekuatan tariknya lebih tinggi dari bevel 45° yaitu 2,46%.

#### 4.4.3. Hasil analisa lebar HAZ didapatkan:

- Bahwa semakin banyak heat input yang masuk maka lebar HAZ semakin besar, karena sudut  $20^\circ$  heat input yang masuk sedikit maka lebar HAZ semakin kecil.

#### 4.4.4. Hasil analisa dari pengujian kekerasan (Hardness):

- Untuk nilai kekerasan daerah weld metal pada bevel  $20^\circ$  nilai kekerasannya akan lebih lunak -7,11% dari bevel  $30^\circ$ . Sedangkan pada daerah HAZ nilai kekerasan bevel  $20^\circ$  akan lebih keras sebanyak 3,09% dari bevel  $30^\circ$ .

