

## ANALISA PERBANDINGAN PENGELASAN SMAW DENGAN VARIASI AMPERE TERHADAP SIFAT MEKANIS

**M. Shochib, Muhammad Afif**

Program Studi Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gresik

### ABSTRAK

*Penelitian ini merupakan studi eksperimen dengan judul “ Analisa Perbandingan Pengelasan SMAW Dengan Variasi Ampere Terhadap Sifat Mekanis”. Proses pengelasan SMAW sangat erat hubungannya dengan defect yang mempengaruhi sifat mekanisnya. Pada proses pengelasan kualitas hasilnya dipengaruhi oleh energi panas yang masuk (Heat Input) yang dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las, dan kecepatan pengelasan. Maka untuk hasil yang optimal perlu memperhatikan sifat-sifat bahan dan Heat Input. Pada penelitian ini dilakukan proses pengelasan pada material A 36 tebal 10 mm dengan elektroda las E 7018 diameter 3.2 mm posisi 1G dengan variasi Heat Input. Variasi Heat Input dilakukan dengan cara merubah arus dari 100 A, 120 A, dan 130 A. Proses pengelasan ini berdasarkan standart ASME IX dan pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik dan kekerasan. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin besar perubahan Heat Input semakin besar pula nilai kekuatan tarik dan kekerasan.*

**Kata Kunci : Heat input pengelasan kekuatan tarik Hardness**

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Proses pengelasan SMAW. Hal ini sangat erat hubungannya dengan defect yang mempengaruhi *mechanical properties*. Pada proses pengelasan ini kualitas hasil pengelasan dipengaruhi energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las, dan kecepatan pengelasan.

Maka dari itu untuk mengusahakan terhadap hasil pengelasan yang baik dan berkualitas maka perlu memperhatikan sifat-sifat bahan yang akan dilas dan juga memperhatikan perubahan energi panas (*heat input*) pada amper pengelasan yang digunakan. Untuk itu penelitian tentang pengelasan sangat mendukung dalam rangka memperoleh hasil pengelasan yang terbaik. Untuk dapat mengetahui pengaruh hasil pengelasan SMAW

pada pelat baja karbon terhadap sifat mekanis. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbedaan sifat mekanis terhadap perubahan *heat input* dengan variasi amper.

## KAJIAN PUSTAKA

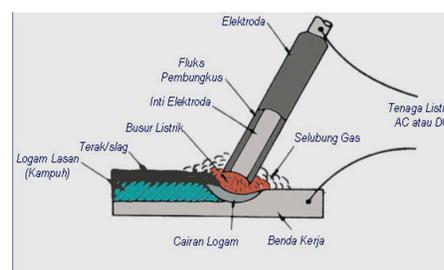
### Definisi pengelasan

Menurut Hery Sonawan 2006 Definisi las adalah Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses manufaktur. Proses manufaktur yang telah dikenal antara lain proses-proses pengecoran (*metal casting*), pembentukan (*metal forming*), pemesinan (*machining*), dan metalurgi serbuk (*powder metallurgy*). Produk dengan bentuk-bentuk yang rumit dan berukuran besar dapat dibuat dengan teknik pengecoran. Produk-produk seperti pipa, plat dan lembaran. Baja-baja konstruksi dibuat dengan proses pembentukan. Produk-produk dengan dimensi yang ketat dan teliti dapat dibuat dengan pemesinan. Bagaimana dengan proses pengelasan?. Proses pengelasan yang pada prinsipnya adalah menyambungkan dua atau lebih komponen. Lebih tepat ditunjukkan untuk merakit (*assembly*) beberapa komponen menjadi suatu bentuk mesin. Komponen yang dirakit mungkin saja berasal dari produk hasil pengecoran, pembentukan atau pemesinan, baik dari logam yang sama maupun berbeda-beda.

Pengelasan (*WELDING*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu. Dari definisi tersebut terdapat 4 kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan sebagian logam, logam pengisi, tekanan dan sambungan kontinu.

## Las SMAW

Menurut Sri Widharto 2006 Las SMAW adalah SMAW (*shielded metal arc welding*) = las busur nyala listrik terlindung adalah pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Jenis las ini yang lazim dipakai di mana-mana untuk hampir semua pengelasan. Untuk keselamatan kerja, maka tegangan yang dipakai hanya 23 – 45 volt saja, sedang untuk pencairan pengelasan dipakai arus hingga 500 amper. Secara umum berkisar antara 80 – 200 Am. Untuk mencegah oksidasi (reaksi dengan zat asam O<sub>2</sub>), bahan penambah las (elektroda) dilindungi dengan selapis zat pelindung (*flux* atau *slag*) yang sewaktu pengelasan ikut mencair. Tetapi berhubungan berat jenisnya lebih ringan dari bahan metal yang dicairkan, maka cairan flux tersebut mengapung diatas cairan metal tersebut, sekaligus mengisolasi metal tersebut untuk beroksidasi dengan udara luar, dan sewaktu mendingin atau membeku, flux tersebut juga ikut membeku dan tetap melindungi metal dari reaksi oksidasi. Oksidasi perlu dicegah karena oksidasi metal merupakan senyawa yang tidak mempunyai kekuatan mekanis.



Gambar 2.1. Proses Las SMAW

### Elektroda

Menurut Sri Widharto 2006 Elektroda dibagi menjadi elektroda baja karbon, elektroda baja panduan dan elektroda baja (*non ferrous*). Namun elektroda berdasar fungsinya dalam kaitan

dengan hubungan listrik pengelasan sebagai elektroda listrik yang habis terpakai (*consumable*) karena adanya loncatan busur nyalah listrik akibat adanya jarak yang sengaja dan dijaga ketetapan ukurannya antara elektroda tersebut dengan benda. Elektroda ini ada yang langsung habis terpakai dan ada yang secara tidak langsung, misalnya *tungsten electrode* dari *gas tungsten arc welding* (GTAW). Elektroda langsung habis terpakai digunakan pada pengelasan busur nyala terlindung (*shielded metal arc welding* – SMAW) sedang perlingkungannya dapat berupa gas yang berasal dari terbakarnya lapis pelindung kimia (*coating*) elektroda tersebut atau berupa buti-butir zat pelindung oksidasi (*submerged arc welding* – SAW).

Elektroda tidak langsung habis terpakai, biasa terbuat dari logam *tungsten* yang tahan terhadap panas yang sangat tinggi. Elektroda jenis ini dipakai hanya untuk menghasilkan busur nyala listrik yang nanti meleburkan logam penambah lainnya yang lazim berupa batang las (*welding rod*). Sebagai alat pelindung oksidasi dipakai berbagai jenis gas lindung seperti : argon, CO<sub>2</sub> plasma dan lain-lain.

Untuk maksud pengelasan suatu bahan tertentu, bahan penambah yang berupa elektroda atau batang las haruslah terbuat dari logam las yang sama dengan atau yang cocok/sesuai dengan logam dasar yang akan disambung las.

### Klasifikasi Elektroda

Memurut Maman Suratman 2007 Elektroda baja lunak dan baja panduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut.

E : menyatakan elektroda busur listrik

- XX : (dua angka) sesudah E menyatakan kekuatan tarik
- X : (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan. Angka 1 untuk pengelasan segala posisi. Angka 2 untuk pengelasan posisi datar dibawah tangan.
- X : (angka keempat) menyatakan jenis selaput dan arus  
Contoh elektroda E7018 menurut Maman Suratman 2007 adalah:
- E : Elektroda
- 70 : Tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan (70.000 Psi) atau sama dengan 492 Mpa
- I : Posisi pengelasan (angka 1 berarti dapat dipakai dalam semua posisi pengelasan)
- 8 : Menunjukkan jenis selaput serbuk besi hidrogen rendah dan arus las yang cocok untuk pengelasan.

### Jenis-Jenis dan Pemilihan Sambungan

Menurut Rochim Suratman 2006 Penyambungan dalam pengelasan diperlukan untuk meneruskan beban atau tegangan diantara bagian-bagian yang disambung. Karena meneruskan beban, maka bagian sambungan juga akan menerima beban. Oleh karenanya, bagian sambungan paling tidak memiliki kekuatan yang sama dengan bagian yang disambung.

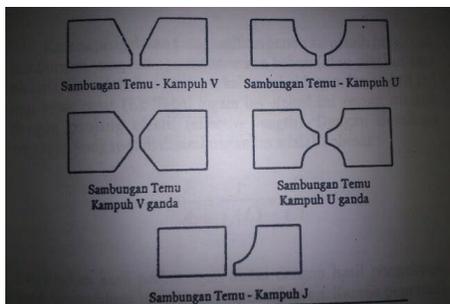
Untuk dapat menyambung dua komponen logam diperlukan berbagai jenis sambungan. Pada sambungan inilah nantinya logam tambahan diberikan, sehingga terdapat kesatuan antara komponen-komponen yang disambung. Berbagai jenis sambungan yang dimaksud adalah :

1. Sambungan Temu (*Butt Joint*)
2. Sambungan T (*Tee Joint*)
3. Sambungan Sudut (*Corner Joint*)
4. Sambungan Saling Tumpang (*Lap Joint*)

## 5. Sambungan Sisi (*Edge Joint*)

Untuk setiap jenis sambungan, mungkin terdiri dari banyak jenis kampuh/alur yang biasanya tergantung pada ketebalan logam induk yang dilas. Sebagai contoh untuk jenis sambungan temu, jenis-jenis kampuh yang mungkin ada adalah :

- a. V-butt joint (sambungan temu kampuh V)
- b. Double V-butt joint (sambungan temu kampuh V ganda)
- c. U-butt joint (sambungan temu kampuh U)
- d. Double U-butt joint (sambungan temu kampuh U-ganda)



**Gambar 2.2. Jenis Kampuh. (Rochim suratman 2006)**

### Pengelasan Baja Karbon

Menurut Hery Sonawan 2006 Baja karbon merupakan material yang masih banyak digunakan di industri konstruksi, perkapalan, otomotif, dll. Karena penggunaannya yang luas maka berbagai perlakuan mungkin akan dialami baja tersebut. Baja-baja yang pada pemakaiannya mengalami perlakuan seperti pengelasan harus dibuat ramuan khusus agar dihasilkan produk lasan yang memenuhi persyaratan keamanan.

Pada umumnya baja karbon dapat dilas dengan seluruh proses pengelasan baik pengelasan busur listrik atau jenis pengelasan lainnya. Akan tetapi kualitas yang dihasilkan dari masing-masing

proses pengelasan tidak sama. Karena kualitas berbeda maka setiap proses pengelasan hanya cocok diterapkan untuk tujuan-tujuan tertentu. misalnya untuk mengelas pelat yang relatif tebal., proses SMAW lebih efisien dibandingkan proses gas.

Baja karbon merupakan panduan besi dan karbon sebagai panduan utama dengan kandungan karbon kurang dari 1,7% dan sangat sedikit mengandung unsur-unsur lainnya. Baja karbon terdiri dari 3 jenis yaitu :

1. Baja karbon rendah ( $C < 0,2\%$ )
2. Baja karbon medium ( $0,2\% < C < 0,5\%$ )
3. Baja karbon tinggi ( $0,5 < C < 1,7\%$ )

### Pengaruh Parameter Pengelasan dalam Pengelasan Busur Listrik

Menurut Hery Sonawan 2006 Dalam pengelasan, untuk mencairkan logam induk dan logam pengisi diperlukan energi yang cukup. Energi yang dihasilkan dalam operasi pengelasan berasal dari bermacam-macam sumber yang tergantung pada proses pengelasannya. Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari parameter arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan karena proses pemanasannya tidak diam ditempat akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi juga oleh arus las, tegangan dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang dikenal dengan *HEAT INPUT* (masukan panas).

Menurut R. Scott funderburk 1999 : Input panas adalah ukuran relative

energi yang ditransfer per satuan panjang las. Ini merupakan ciri penting karena, seperti panaskan dan interpass temperatur, hal itu mempengaruhi pendinginan *rate*, yang dapat mempengaruhi mekanik sifat dan struktur metalurgi las dan HAZ *Input* panas biasanya dihitung sebagai rasio dari daya ( yaitu , tegangan x arus ) dengan kecepatan panas Sumber ( yaitu , busur ) sebagai berikut :

$$H = \frac{EI}{1000 S}$$

Dimana :

H = panas masukan (kj / mm)

E = busur tegangan (volt)

I = arus (amp)

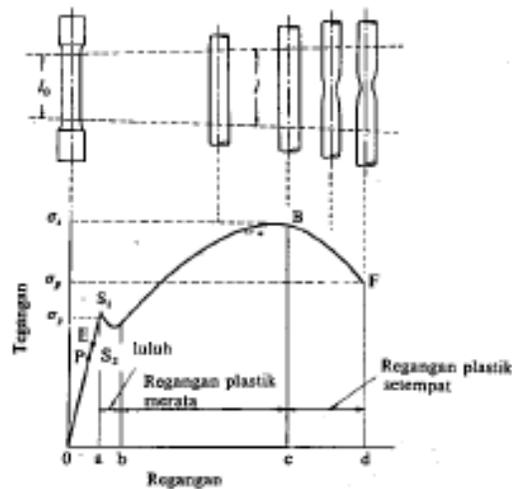
S = kecepatan perjalanan (mm / s)

### Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.



Gambar 2.4. Kurva tegangan regangan

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

Dimana:

$\sigma_u$  = Tegangan nominal (kg/mm<sup>2</sup>)

$F_u$  = Beban maksimal (kg)

$A_o$  = Luas penampang mula dari penampang batang (mm<sup>2</sup>)

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur ( $\Delta L$ ) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% = \frac{L - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Dimana:

$\epsilon$  = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

$L_o$  = Panjang awal (mm)

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

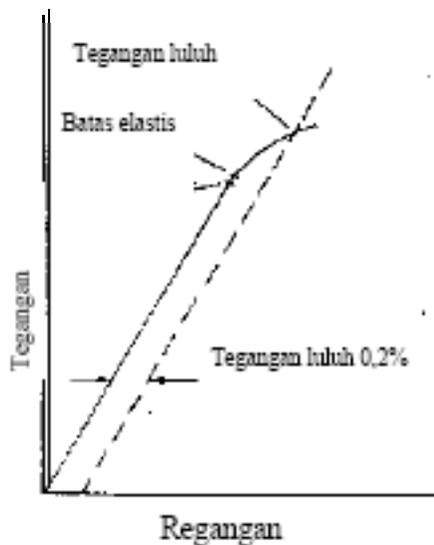
$$q = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

Dimana:

q = Reduksi penampang (%)

A<sub>0</sub> = Luas penampang mula (mm<sup>2</sup>)

A<sub>1</sub> = Luas penampang akhir (mm<sup>2</sup>)



Gambar 2.5. Batas elastic dan tegangan luluh 0,2% (Smith, 1984).

### Pengujian kekerasan *Vickers*

Prinsip dasar pengujian ini sama dengan pengujian *Brinell*, hanya saja disini digunakan indenter intan yang berbentuk piramid ber alas bujur sangkar dan sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan 136°. tapak tekanya tentu akan berbentuk bujur sangkar dan yang akan diukur adalah panjang kedua diagonalnya. lalu diambil rata-ratanya. Angka kekerasan *Vickers* dihitung dengan :

$$HV = \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 = 1,854 P/d^2$$

Dimana :

P = gaya tekan (kg)

d = diagonal tapak tekan rata-rata (mm)

α = sudut puncak diameter = 135°

Hasil pengujian *Vickers* ini tidak tergantung pada besarnya gaya tekan (tidak seperti pada *brinell*), dengan gaya tekan yang berbeda akan menunjukkan hasil yang sama pada bahan yang sama. Dengan demikian juga *Vickers* dapat mengukur kekerasan bahan yang mulai dari yang sangat lunak (5 HV) sampai yang amat keras (1500 HV) tanpa perlu mengganti gaya tekan. Besarnya gaya tekan yang digunakan dapat dipilih antara 1 sampai dengan 120 kg, tergantung pada kekerasan/ketebalan bahan yang diuji agar diperoleh tapak tekan yang mudah diukur dan tidak ada *anvil effect* (pada benda yang tipis).

## METODE PENELITIAN

### Sumber dan Data Penelitian

Sumber dan Jenis data penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

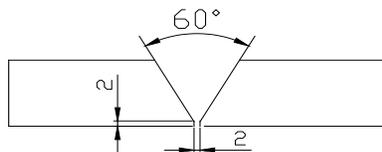
1. Material yang digunakan baja karbon A 36 dengan tebal 10 mm.
2. Proses las yang digunakan las SMAW.
3. Arus pengelasan yang digunakan adalah 100 A, 120 A, 130A.
4. Pengelasan menggunakan posisi 1G bawah tangan
5. Elektroda yang digunakan adalah tipe E7018 diameter 3,2 mm.
6. Bentuk sambungan yang digunakan jenis kampuh V, lebar celah 2 mm, dan sudut kampuh 60°.
7. Bentuk specimen benda uji mengacu standart ASME IX.
8. Pengujian tarik dan kekerasan (*Hardness Vickers*).

## Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

### 1. Pembuatan Kampuh V

Pembuatan kampuh V dengan menggunakan mesin frais. Bahan yang telah dipersiapkan dipotong dengan mesin gergaji, dengan ukuran panjang 300 mm lebar 150 mm sebanyak enam buah. setelah bahan dipotong kemudian permukaan digambar, tepi permukaan diukur sedalam dua mm dan di ukur sudut  $30^{\circ}$ . Setelah bahan digambar bahan dicekam dan dilakukan pengefraisan dengan sudut  $30^{\circ}$ .



**Kampuh V**

### 2. Proses Pengelasan Benda

Langkah-langkah yang digunakan dalam proses pengelasan adalah :

- Mempersiapkan mesin las SMAW.
- Mempersiapkan benda kerja yang dilas, sebelum dilas benda kerja dibersihkan dulu dengan menggunakan sikat baja untuk menghilangkan kotoran.
- Menyetel amper yang digunakan untuk mengelas.
- Setelah itu benda kerja dilas dengan menggunakan elektroda E7018 diameter 3.2 mm, posisi pengelasan 1G.
- Setelah selesai pengelasan terak hasil pengelasan dibersihkan dengan cara dipukul-pukul menggunakan palu terak, kemudian dibersihkan dengan sikat baja.

### 3. Pembuatan Spesimen

Mengacu standar ASME IX untuk pengujian kualitas kekuatan tarik bahan. Setelah proses pengelasan selesai maka dilanjutkan pembuatan spesimen sesuai ASME IX, yang nantinya akan diuji tarik, langkah-langkahnya sebagai berikut:

- Meratakan alur hasil pengelasan dengan mesin frais.
- Bahan dipotong-potong dengan ukuran panjang 200 mm dan lebar 22 mm.
- Permukaan potongan dihaluskan dan diberi tanda untuk pengujian kekerasan, setelah pengukuran kekerasan dilanjutkan pembuatan uji tarik
- Membuat specimen mengacu ukuran standart ASME IX, seperti pada gambar 3.2. sebanyak 3 spesimen tiap amper tertentu.
- Bahan yang sudah terbentuk tersebut dirapikan permukaannya dengan frais dan skrap.

### 4. Pengujian Tarik

Prosedur dan pembacaan hasil pada pengujian tarik adalah sebagai berikut. Benda uji dijepit pada ragum uji tarik, setelah sebelumnya diketahui penampangnya, panjang awalnya dan ketebalannya.

Langkah pengujian sebagai berikut :

- Menyiapkan kertas milimeter *block* dan letakkan kertas tersebut pada *plotter*.
- Benda uji mulai mendapat beban tarik dengan menggunakan tenaga hidrolik diawali 0 kg hingga benda putus pada beban maksimum yang dapat ditahan benda tersebut.
- Benda uji yang sudah putus lalu diukur berapa besar penampang dan panjang benda uji setelah putus.

- d. Gaya atau beban yang maksimum ditandai dengan putusnya benda uji terdapat pada layar digital dan dicatat sebagai data.
- e. Hasil diagram terdapat pada kertas milimeter *block* yang ada pada meja *plotter*.
- f. Hal terakhir yaitu menghitung kekuatan tarik, kekuatan luluh, perpanjangan, reduksi penampang dari data yang telah didapat dengan menggunakan persamaan :  
Kekuatan tarik maksimum merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan. Nilai kekuatan tarik maksimum  $\sigma_{uts}$  ditentukan dari beban maksimum  $F_{maks}$  dibagi luas penampang awal  $A_o$ .

$$UTS = \frac{F_{maks}}{A_o}$$

### Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini memiliki tujuan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada logam las (*weld metal*), HAZ dan logam dasar. Pada pengujian kekerasan ini menggunakan metode *Vickers*. disini digunakan indentor intan yang berbentuk piramid beralas bujur sangkar dan sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan  $136^\circ$ . tapak tekanya tentu akan berbentuk bujur sangkar dan yang diukur adalah panjang kedua diagonalnya. lalu diambil rata-ratanya. Angka kekerasan *Vickers* dihitung dengan :

$$HV = \{2P \sin(\alpha/2)\} / d^2 = 1,854 P/d^2$$

Dimana :

P = gaya tekan (kg)

d = diagonal tapak tekan rata-rata (mm)

$\alpha$  = sudut puncak diameter =  $135^\circ$

Standart yang digunakan adalah ASME IX. Tahapannya yaitu menyiapkan

specimen dengan ukuran 5 mm lalu diratakan dengan gerinda dan diampas sampai rata, selanjutnya bisa dilakukan pengujian kekerasan *Vickers* seperti pada gambar 3.5.

### Analisa dan Pembahasan

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul. Data dari hasil pengujian dimasukkan kedalam persamaan-persamaan yang ada sehingga diperoleh data yang bersifat kuantitatif, yaitu data yang berupa angka-angka. Analisa dan pembahasan ini dapat berpengaruh pada arus pengelasan, tegangan las, dan kecepatan pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan las SMAW, berupa perbandingan rata-rata antara data-data yang mengalami variasi arus pengelasan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil *Heat Input*

Untuk hasil *Heat Input* dalam proses pengelasan SMAW yang menggunakan arus 100 A, 120 A, 130 A adalah sebagai berikut:

1. Perubahan *Heat Input* arus 100 A

Untuk hasil perubahan *Heat Input* pada proses pengelasan SMAW yang menggunakan arus 100 A adalah sebagai berikut:

$$H = \frac{EI}{1000 S}$$

E = 13 volt

I = 108 amp

S = 1.05 mm/s

Penyelesaian:

$$= \frac{13 \times 108}{1000 \times 1.05}$$

$$= \frac{1404}{1050}$$

$$= 1.33 \text{ kJ/mm}$$

2. Perubahan *Heat Input* arus 120 A  
Untuk hasil perubahan *Heat Input* pada proses pengelasan SMAW yang menggunakan arus 120 A adalah sebagai berikut:

$$H = \frac{E I}{1000 S}$$

$$E = 12.5 \text{ volt}$$

$$I = 120 \text{ amp}$$

$$S = 1.15 \text{ mm/s}$$

Penyelesaian :

$$= \frac{12.5 \times 120}{1000 \times 1.15}$$

$$= \frac{1500}{1150}$$

$$= 1.30 \text{ kJ/mm}$$

3. Perubahan *Heat Input* arus 130 A  
Untuk hasil perubahan *Heat Input* pada proses pengelasan SMAW yang menggunakan arus 130 A adalah sebagai berikut:

$$H = \frac{E I}{1000 S}$$

$$E = 13 \text{ volt}$$

$$I = 130 \text{ amp}$$

$$S = 1.17 \text{ mm/s}$$

Penyelesaian :

$$= \frac{13 \times 130}{1000 \times 1.17}$$

$$= \frac{1690}{1170}$$

$$= 1.44 \text{ kJ/mm}$$

### Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja karbon A 36 sebagai material uji dalam penelitian ini yang menggunakan proses pengelasan SMAW yang memakai elektroda E 7018 dengan variasi arus 100 A, 120 A, 130 A.

**Tabel 4.4. Hasil uji tarik pengelasan arus 100 A**

No	Tensile Test Results			
	Kgf/mm <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	MPa	Putus di
1.	40.78	399993.64	399.99	Base Metal
2.	42.39	415782.34	415.78	Base Metal
Rata-rata	41.59	407887.99	407.88	Base Metal

**Tabel 4.5. Hasil uji tarik pengelasan arus 120 A**

No	Tensile Test Results			
	Kgf/mm <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	MPa	Putus di
3.	41.05	402621.82	402.62	HAZ
4.	42.12	413144.35	413.14	HAZ
Rata-rata	41.59	407883.09	407.88	HAZ

**Tabel 4.6. Hasil uji tarik pengelasan arus 130 A**

No	Tensile Test Results			
	Kgf/mm <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	MPa	Putus di
5.	41.86	410516.17	410.51	Base Metal
6.	42.39	415782.34	415.78	Base Metal
Rata-rata	42.12	413139.26	413.14	Base Metal

### Hasil Uji Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan ini memiliki tujuan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada logam las (*weld metal*), HAZ dan logam dasar. Pada pengujian kekerasan untuk material baja karbon A 36 yang menggunakan proses pengelasan SMAW dengan arus 100 A, 120 A, 130 A ini menggunakan metode *Vickers*. Adapun untuk hasilnya adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.7. Hasil uji kekerasan pengelasan arus 100 A**

No	Material Stamp	Location Point	HVN			Average HVN	Total Rata-rata
			1	2	3		
1.	100 A	WM	165.1	156.9	156.4	159.466667	154.94
2.	100 A	HAZ	157.6	156.9	156.3	156.933333	
3.	100 A	BM	147.3	142.3	155.7	148.433333	

**Tabel 4.8. Hasil uji kekerasan pengelasan arus 120 A**

No	Material Stamp	Location Point	HVN			Average HVN	Total Rata-rata
			1	2	3		
4.	120 A	WM	166.3	167.4	162.8	165.5	155.1
5.	120 A	HAZ	151.5	151.7	151.2	151.466667	
6.	120 A	BM	147.1	148.9	149	148.333333	

**Tabel 4.9. Hasil uji kekerasan pengelasan arus 130 A**

No	Material Stamp	Location Point	HVN			Average HVN	Total Rata-rata
			1	2	3		
7.	130 A	WM	175.5	173.7	176	175.066667	160.17
8.	130 A	HAZ	154.6	155.7	156.4	155.566667	
9.	130 A	BM	146.9	157.1	145.7	149.9	

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengelasan baja karbon A 36 tebal 10 mm dengan menggunakan proses las SMAW yang memakai elektroda E 7018 diameter 3.2 mm posisi pengelasan 1G bentuk sambungan kampuh V 60° dengan variasi arus 100 A, 120 A, 130 A adalah semakin besar heat input maka semakin besar nilai kekuatan tarik dan semakin besar pula heat inputnya maka semakin besar juga nilai kekerasannya.

**Saran**

Pada proses pengelasan SMAW baja karbon A 36 tebal 10 mm yang memakai elektroda E 7018 diameter 3.2 mm dengan posisi pengelasan 1G dan bentuk sambungan kampuh V 60°, sebaiknya memakai arus 100 A.

**DAFTAR PUSTAKA**

Sonawan, H., Suratman, R., 2006, *Pengantar untuk memahami pengelasan logam*, Alfabeta, Bandung.

Widharto, S., 2006, *Petunjuk kerja las*, Pradnya Paramita, Jakarta.

Daryanto, 2011, *Teknik mengelas logam*, Satu nusa, Bandung.

Workshop, T., 2007, *Teknik dasar pengelasan listrik (las asetilin las busur dan brazing)*, M2S, Bandung.

Suratman, M., 2007, *Teknik mengelas Asetilin Brazing dan Las busur listrik*, Pustaka grafika, Bandung

ASME, 2013, *Asme boiler & pressure vessel code*, Two park avenue, New York.

Suherman, W, 1987, *Pengetahuan bahan*, Teknik mesin its, Surabaya.

Wiryosumarto, H., 2000, *Teknologi pengelasan logam*, Erlangga, Jakarta.

Smith, D., 1984, *Welding skills and technology*, McGraw-Hill, New York.

Funderburk, S., R., 1999, *A look at heat input*, welding engineering.

ASME IX, 2013, *Qualification standart for welding, brazing, and fusing procedures*, Two park avenue, New York.