

# PENGARUH VARIASI KECEPATAN DAN KUAT ARUS TERHADAP KEKERASAN, TEGANGAN TARIK, STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON RENDAH DENGAN ELEKTRODA E6013

A. S. Mohruni<sup>(1)</sup>, B. H. Kembaren<sup>(2)</sup>

<sup>(1,2)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Prabumulih Km.32

Indralaya-30662

E-Mail : <sup>(1)</sup>[mohrunias@unsri.ac.id](mailto:mohrunias@unsri.ac.id)

<sup>(2)</sup>[ucok\\_baren@yahoo.com](mailto:ucok_baren@yahoo.com)

## Ringkasan

Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua jenis pengelasan listrik menggunakan elektroda terbungkus (SMAW), untuk itu diperlukan rancangan las dan cara pengelasan yang harus benar-benar memperhatikan kesesuaian antara sifat-sifat las, material yang akan dilas dan kegunaan konstruksi serta keadaan sekitarnya. Dalam penelitian ini yang dilakukan adalah menginvestigasi pengaruh kecepatan pengelasan dan kuat arus terhadap kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikropada sambungan las. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa VHN rata-rata tertinggi terjadi pada kondisi pengelasan dengan kuat arus 80 A dengan kecepatan pengelasan 0,35 cm/detik dan dengan kuat arus 100 A dengan kecepatan pengelasan 0,37 cm/detik. Sementara pada uji tarik, tegangan tarik tertinggi terdapat pada spesimen dilas dengan kuat arus 80 A dan kecepatan 0,15 cm/detik. Dalam pengambilan gambar struktur mikro pada daerah HAZ (Heat Affected Zone), dapat dilihat jika pada daerah HAZ terdapat unsur ferit dan perlit yang tidak beraturan. Berdasarkan hasil ini dapat dilihat besar kuat arus dan kecepatan pengelasan berpengaruh pada kekerasan dan tegangan tarik. Nilai kekerasan akan cenderung semakin tinggi jika besar kuat arus yang digunakan rendah dan kecepatan las yang digunakan semakin cepat.

**Kata kunci:** Pengelasan SMAW, kuat arus dan kecepatan, kekerasan, tarik, struktur mikro

## Abstract

Low carbon steel can be welded with all kinds of electric welding using shielded metal arc welding (SMAW), therefore it is compulsory that the design and method of welding should match to the behavior of welding, the material properties to be welded, utilizing of the construction and surrounded circumstances. In this research the influence of welding speed and current on hardness, ultimate strength and micro structure of materials will be investigated. The results show that the highest value of average VHN (Vickers Hardness Number) of specimens occurred at currents 80A with a speed of 0.35cm/sec and currents 100A with a speed of 0.37cm/sec. While in the tensile test, the highest ultimate strength was resulted at currents 80A and a speed of 0.15cm/sec. In captured microstructure on HAZ region (Heat Affected Zone), can be seen the irregular elements in the area HAZ ferrite and perlite. Based on these results, it can be concluded that, hardness value tend to be higher if low current and higher welding speed used.

**Keywords:** Welding SMAW, strong currents and speed, hardness, tensile, microstructure

## 1 PENDAHULUAN

Proses pengelasan merupakan proses yang sangat penting dalam teknik produksi, baik yang berkaitan dengan konstruksi mesin maupun bangunan. 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 penambah sehingga menghasilkan sambungan yang utuh[1][2].

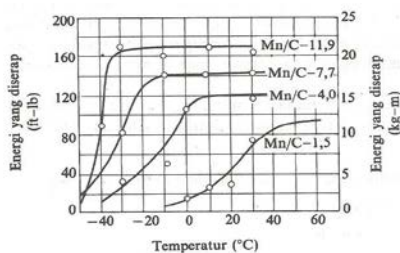
Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur utama besi (Fe) dan karbon (C), serta unsur-unsur lain, seperti: Mn, Si, Ni, Cr, V dan lain sebagainya yang tersusun dalam prosentase yang sangat kecil. Dan unsur-unsur tersebut akan berpengaruh terhadap mutu dari baja tersebut [3].

Pada baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon % C < 0,3 %. Sifat kekerasannya relatif rendah, lunak dan keuletannya tinggi. Baja karbon

rendah biasanya digunakan dalam bentuk pelat, profil, sekrup, ulir dan baut [4].

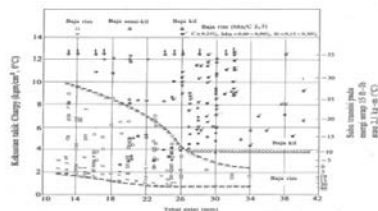
Secara garis besar, pengertian pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom.[5]

Faktor-faktor yang mempengaruhi mampu las dari baja karbon rendah adalah kekuatan takik dan kepekaan terhadap retak. Kekuatan takik pada baja karbon rendah dapat dipertinggi dengan menurunkan kadar karbon C dan menaikkan kadar mangan Mn. Suhu transisi dari kekuatan takik menjadi turun dengan naiknya harga perbandingan kekuatan Mn/C seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut ini [6].



**Gambar 1: Pengaruh perbandingan Mn/C terhadap kurva transisi**

Di dalam baja rim (Gambar 2) terdapat pemisahan antara kulit dan bagian dalam yang menyebabkan kekuatan takik baja ini lebih rendah dibanding dengan baja kil dan baja semi kil [7]

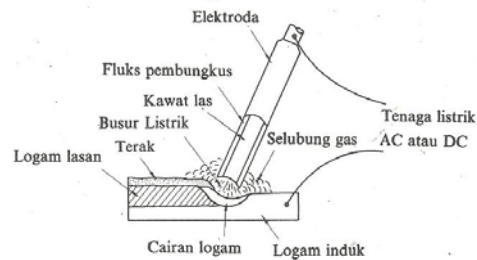


**Gambar 2: Kekuatan takik dari baja rim, baja kil dan baja semi kil.**

Pengelasan busur listrik adalah cara pengelasan menggunakan busur listrik atau percikan bunga api listrik akibat hubungan singkat antara dua kutub listrik yang teionisasi dengan udara melalui penghantar batang elektroda yang sekaligus dapat digunakan pula sebagai bahan tambah atau bahan pengisi dalam pengelasan [7][8].

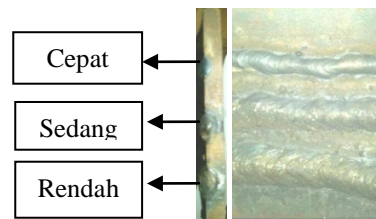
Las busur listrik dengan elektroda berselaput atau SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Proses las busur ini (Gambar 3) menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambah, busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar, selaput elektroda yang turut terbakar akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawah las, busur listrik

dan daerah las sekitar busur listrik terhadap pengaruh udara luar [9].



**Gambar 3: Las busur dengan elektroda terbungkus**

Kecepatan pengelasan sangat bergantung pada besar kuat arus yang digunakan, jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang akan dilas, geometri sambungan dan lain sebagainya. Dalam pengelasan, kecepatan yang tinggi dapat menyebabkan kurangnya penetrasi, berkurangnya kekuatan sambungan dan mengakibatkan masukan panas yang diterima persatuan panjang akan menjadi lebih kecil. Hal ini dapat berdampak pada pendinginan yang cepat sehingga dapat memperkeras daerah terpengaruh panas. Kecepatan las yang terlalu tinggi akan berpengaruh pada bentuk manik las yang menyempit dan penguatan manik yang rendah. Selain itu dapat merubah sifat mekanik daerah lasan yang berupa naiknya kekuatan tarik dan perpanjangan yang rendah. Gambar 4 berikut menunjukkan pengaruh kecepatan las terhadap bentuk manik [10].



**Gambar 4: Pengaruh kecepatan pengelasan terhadap bentuk manik**

Pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu metode goresan (*scratch hardness*), metode pantul (*rebound*), dan metode penekanan (*indentation hardness*). Prinsip dasar yang digunakan pada metode penekanan sebagai ukuran kekerasan adalah ketahanan bahan terhadap deformasi plastis [4].

Metode vickers memiliki ketelitian yang tinggi dalam pengukuran, serta dapat digunakan pada material yang keras. Sebagai indenter digunakan piramida intan yang berbentuk bujur sangkar. Spesimen ditekan selama waktu tertentu dan setelah diangkat, nilai kekerasan dapat diketahui dari diagonal bekas penekanan [4].

Dalam proses uji tarik, benda kerja akan diletakkan secara vertikal untuk kemudian ditarik. Pada proses penarikan akan diberikan tarik beban maksimum, beban tarik maksimum inilah yang akan

menentukan seberapa besara kekuatan tarik dari spesimen tersebut. Dalam proses pengujian, spesimen akan mengalami peregangan sebelum terjadi perpatahan. Perpatahan ini disebabkan oleh deformasi plastik dari benda kerja. Apa bila dalam sebuah benda kerja terjadi deformasi plastik, hal ini dapat disebut dengan perpatahan ulet (*ductile fracture*), dan bila sebaliknya maka disebut patahan getas (*brittle fracture*) [4]

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mendapatkan data mengenai sifat-sifat mekanik dari suatu logam yang dimana benda kerja akan mengalam beban aksial secara besar dan kontinu sehingga benda kerja tersebut patah [4][11][12][13][14]

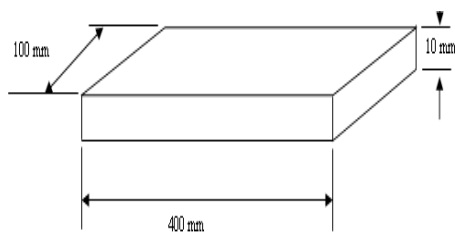
Struktur mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya: mikroskop cahaya, *microscope electron*, *microscope field ion*, *microscope fiel emission*, dan mikroskop sinar-X. Adapun manfaat dari pengamatan struktur mikro adalah [13]:

1. Dapat mengetahui struktru mikro yang terdapat pada spesimen dan mengetahui serta membandingkan perubahan struktur mikro yang terjadi pada pelat yang telah menerima pembentukan.
2. Mengamati perubahan struktur mikro akibat proses yang dilakukan dan ditujukan untuk mengontrol kualitas bahan
3. Memperkirakan sifat bahan jika perbandingannya telah diketahui

## 2 METODE PENELITIAN

### 2.1 Pemotong Baja Karbon Rendah

Material baja karbon rendah berupa pelat dipotong menjadi 12 spesimen dengan dimensi yang sama Gambar 5. Kemudian dilakukan penggerindaan serta pengamplasan seperlunya untuk menghilangkan karat akibat korosi.



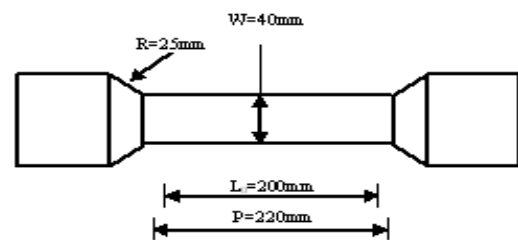
Gambar 5: Potongan awal spesimen

Spesimen dilas dengan menggunakan mesin las busur listrik elektroda terbungkus dan saat proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan arus dan kecepatan yang bervariasi. Variasi arus dan kecepatan yang digunakan dapat dilihat dalam Tabel 1

Tabel 1: Variasi arus dan Kecepatan las dalam pembuatan spesimen

No	Kecepatan Las (cm/dtk)	Kuat Arus (Ampere)
1	0.15	80
2	0.35	80
3	0.15	120
4	0.35	120
5	0.13	100
6	0.37	100
7	0.25	75.80
8	0.25	124.20
9	0.25	100
10	0.25	100
11	0.25	100
12	0.25	100

Baja karbon rendah yang sudah dilas, maka akan dibentuk sesuai dengan standar JIS (*Japan International Standard*) yang disesuaikan untuk uji tarik. Dimana dimensi ukuran dari spesimen ini tertera jelas pada Gambar 6



Gambar 6: Spesimen standar JIS

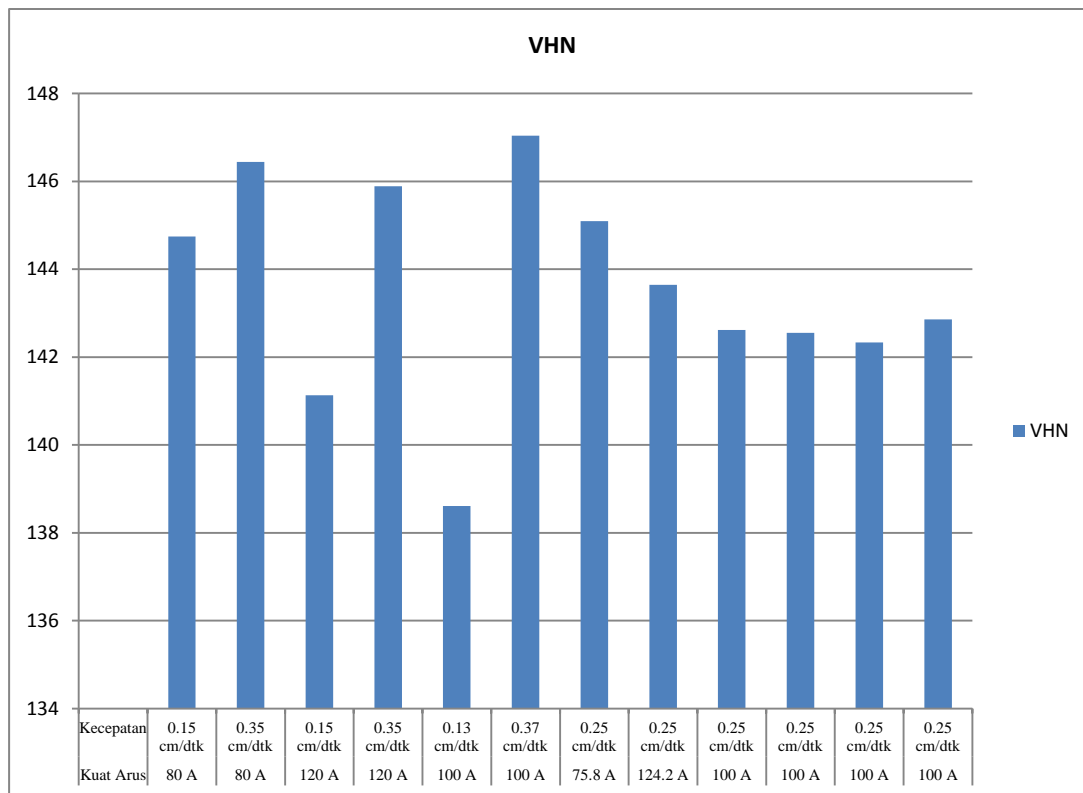
## 3 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan analisa dan pembahasan maka di lakukan pengujian Vickers seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 7

Tabel 2: Kekerasan Vickers yang Dihasilkan oleh Variasi arus dan Kecepatan las dalam pengelasan

No	Spesimen		VHN
	Kuat Arus	Kecepatan	
1	80 A	0.15 cm/dtk	144.7458
2	80 A	0.35 cm/dtk	146.4451
3	120 A	0.15 cm/dtk	141.1296
4	120 A	0.35 cm/dtk	145.8860
5	100 A	0.13 cm/dtk	138.6077
6	100 A	0.37 cm/dtk	147.0371
7	75.8 A	0.25 cm/dtk	145.0968
8	124.2 A	0.25 cm/dtk	143.6481
9	100 A	0.25 cm/dtk	142.6208
10	100 A	0.25 cm/dtk	142.553

No	Spesimen		VHN
	Kuat Arus	Kecepatan	
11	100 A	0.25 cm/dtk	142.3329
12	100 A	0.25 cm/dtk	142.855



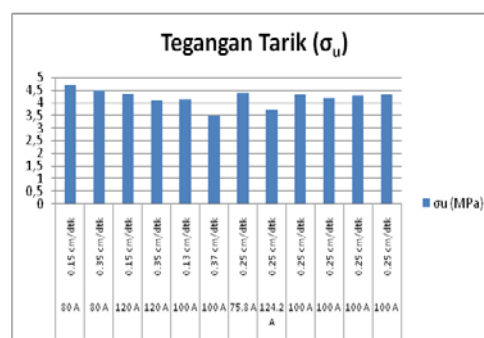
Gambar 7: Grafik Hasil Uji Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan untuk setiap spesimen yang ada, terlihat bahwa nilai kekerasan cenderung semakin bertambah besar ketika titik uji kekerasan vickers berada di daerah HAZ, dan sebaliknya semakin kecil jika mendekati daerah logam induk. Semakin rendah kecepatan pengelasan yang dilakukan, maka akan berakibat semakin melebarnya daerah HAZ pada setiap spesimen. Ini dikarenakan oleh energi masukan panas (*heat input*) yang diterima masing-masing spesimen akan semakin besar jika kecepatan pengelasan semakin rendah. Sehingga energi masukan panas (*heat input*) tersebut akan mengalir ke logam induk dan menyebarkan daerah HAZ semakin besar. Begitu juga VHN akan semakin bertambah besar jika kecepatan pengelasan semakin cepat.

Besarnya nilai kuat arus juga mempengaruhi nilai VHN dari spesimen, dari pengolahan data yang dilakukan semakin kecil kuat arus yang dipakai dalam pengelasan menunjukkan semakin kecil kuat arus yang dipakai, nilai VHN yang didapat akan semakin tinggi. Karena saat kuat arus pengelasan yang dipakai semakin kecil, akan mengakibatkan

suhu lelehan elektroda pengelasan akan semakin kecil juga. Sehingga penyebaran daerah HAZ pada spesimen akan semakin sempit penyebarannya.

Kecepatan pengelasan dan besar kuat arus yang dipakai saat pengelasan sangat berpengaruh. Dalam pengujian tarik, kecepatan pengelasan yang semakin rendah menghasilkan kekuatan tarik yang semakin besar. Sementara disaat kecepatan yang dipakai medium tanpa , kekuatan tariknya juga terlihat semakin besar pada arus yang terendah Gambar 8.



**Gambar 8: Tegangan tarik maksimum (*Ultimate tensile strength*)**

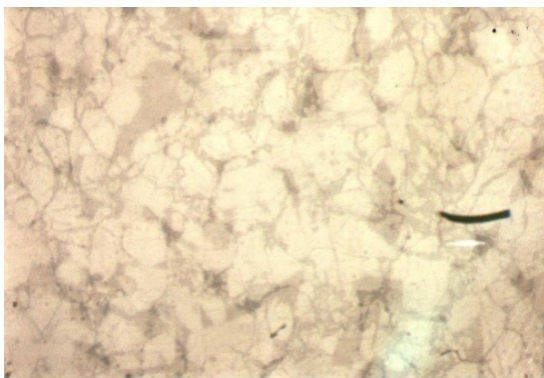
### 3.1 Pengujian Tarik

**Tabel 3: Pengolahan Data Hasil Uji Tarik**

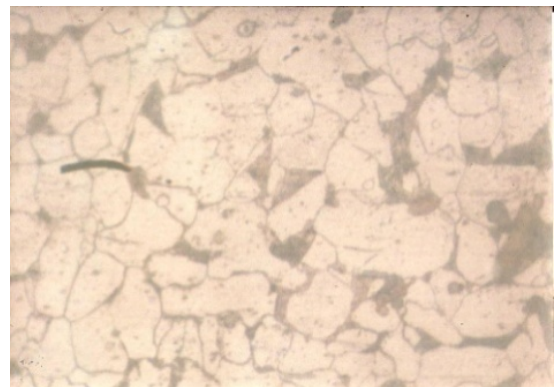
No	Spesimen		L0	L1	$\epsilon$	$\sigma_y$	$\sigma_u$	$\sigma_f$
	Kuat Arus	Kecepatan	(mm)	(mm)	(%)	Mpa	Mpa	Mpa
1	80 A	0.15 cm/dtk	200	245	22.5	2.942	4.707	3.8
2	80 A	0.35 cm/dtk	200	247	23.5	2.905	4.499	3.665
3	120 A	0.15 cm/dtk	200	242	21	2.819	4.352	3.494
4	120 A	0.35 cm/dtk	200	244	22	2.501	4.094	3.199
5	100 A	0.13 cm/dtk	200	239	19.5	2.537	4.119	3.628
6	100 A	0.37 cm/dtk	200	243	21.5	2.415	3.494	2.648
7	75.8 A	0.25 cm/dtk	200	247	23.5	2.734	4.388	3.506
8	124.2 A	0.25 cm/dtk	200	251	25.5	2.403	3.69	2.734
9	100 A	0.25 cm/dtk	200	244	22	2.55	4.327	3.322
10	100 A	0.25 cm/dtk	200	244	22	2.525	4.18	3.297
11	100 A	0.25 cm/dtk	200	246	23	2.599	4.29	3.334
12	100 A	0.25 cm/dtk	200	245	22.5	2.587	4.303	3.322

### 3.2 Uji Struktur Mikro

Hasil dari pengujian struktur mikro dapat dilihat pada gambar-gambar berikut ini (Gambar 8 sampai dengan Gambar 21):

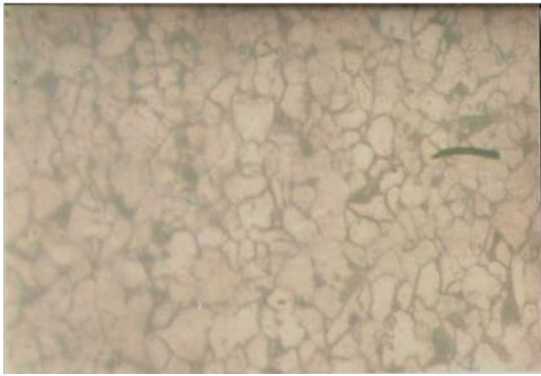


**Gambar 9: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 80 A dan kecepatan 0,15 cm/dtk**



**Gambar 10: Struktur mikro dari logam induk**

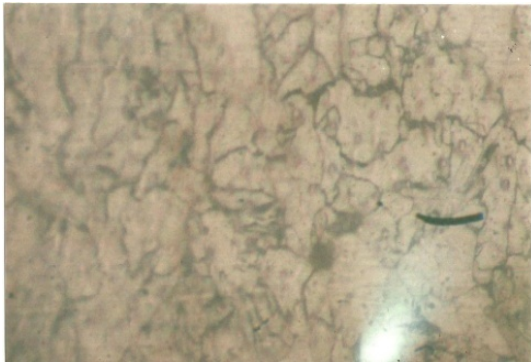




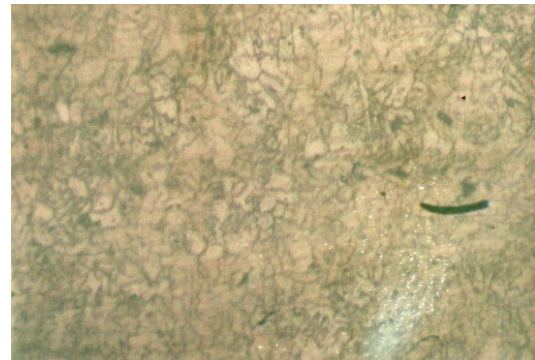
**Gambar 11: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 80 A dan kecepatan 0,35 cm/dtk**



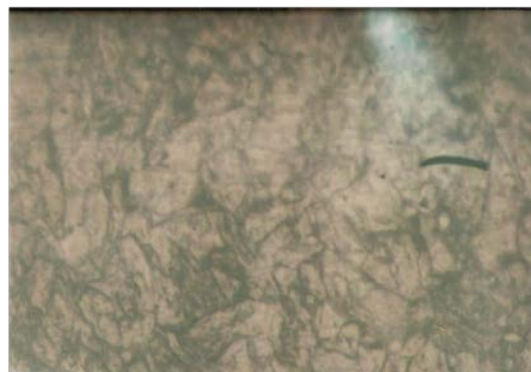
**Gambar 15: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 100 A dan kecepatan 0,37 cm/dtk**



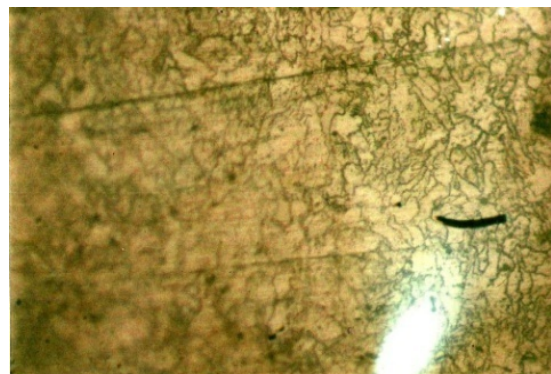
**Gambar 12: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 120 A dan kecepatan 0,15 cm/dtk**



**Gambar 16: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 75,85 A dan kecepatan 0,25 cm/dtk**



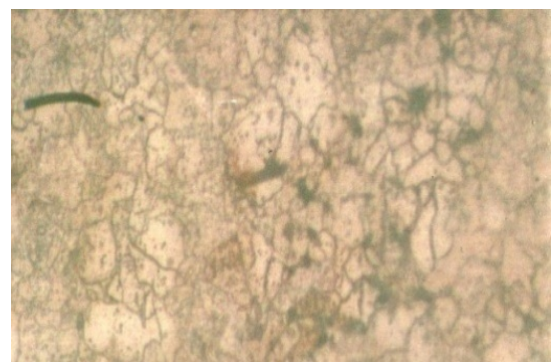
**Gambar 13: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 120 A dan kecepatan 0,35 cm/dtk**



**Gambar 17: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 124,20 A dan kecepatan 0,25 cm/dtk**



**Gambar 14: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 100 A dan kecepatan 0,13 cm/dtk**



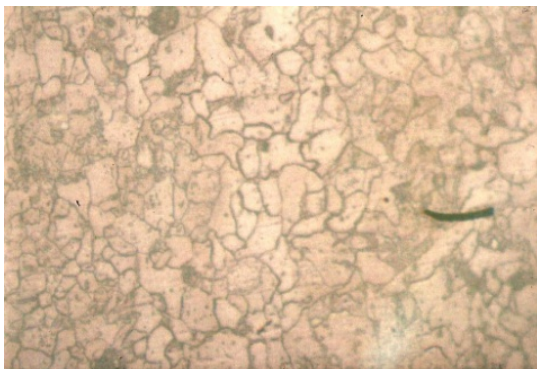
**Gambar 18: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 100 A dan kecepatan 0,25 cm/dtk**



**Gambar 19: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 100 A dan kecepatan 0,25 cm/dtk**



**Gambar 20: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 100 A dan kecepatan 0,25 cm/dtk**



**Gambar 21: Daerah HAZ Spesimen dengan arus 100 A dan kecepatan 0,25 cm/dtk**

Dalam pengujian metallografi ini, gambar yang dilampirkan adalah daerah HAZ. Berdasarkan gambar yang ada, terlihat di daerah HAZ terdapat ferit dan perlit dan kekerasan HAZ lebih tinggi dari pada logam induk. Jika dilihat dari kecepatan las yang dilakukan, susunan ferit dan perlit dari HAZ cenderung lebih banyak jika kecepatan lasnya semakin rendah. Dan jika dilihat dari besar arus yang dipakai dalam pengelasan, susunan ferit dan perlit pada daerah HAZ akan cenderung lebih sedikit pada arus listrik yang dipakai semakin besar

## 4 KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan pada baja karbon rendah disertai dengan proses pengelasan dengan variasi arus dan kecepatan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar kuat arus listrik mempengaruhi kekerasan, tegangan tarik dan susunan struktur mikro dari setiap spesimen. Hal ini disebabkan bila arus listrik yang diberikan semakin besar, maka masukan panas (*Heat Input*) yang diberikan pada spesimen akan semakin besar.
2. Pada arus listrik rendah, nilai kekerasan dari spesimen akan cenderung semakin tinggi dan berbanding terbalik jika arus listrik yang digunakan pada pengelasan semakin besar. Begitu juga dengan tegangan tarik dari setiap spesimen
3. Kecepatan pengelasan sangat mempengaruhi pada nilai kekerasan dan tarik. Nilai kekerasan akan cenderung semakin kecil jika kecepatan las semakin kecil. Namun berbanding terbalik dengan nilai tegangan tariknya, karena tegangan tarik akan semakin membesar jika kecepatan las semakin rendah.
4. Pada daerah HAZ, kecepatan las yang semakin kecil akan menyebabkan semakin luasnya daerah HAZ dibandingkan kecepatan las yang tinggi. Ini dikarenakan penyebaran panas pada logam lebih lama. Hal ini juga akan mengakibatkan nilai kekerasan pada daerah HAZ akan meningkat.

### 4.2 Saran

Dalam proses penelitian yang dilakukan, pengelasan baja karbon rendah yang disertai dengan variasi parameter kecepatan dan arus listrik ini dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Pada saat melakukan pengelasan, sebaiknya prosedur pengelasan sebaiknya benar-benar dilakukan dan alat pelindung digunakan sesuai dengan standard keselamatan kerja.
2. Pada saat pengelasan, jangan melakukan pendinginan cepat. Karena pendinginan cepat akan mempengaruhi sifat mekanis logam.
3. Pada pengelasan baja karbon rendah dengan menggunakan elektroda AWS 6013 sebaiknya jangan menggunakan arus yang terlalu besar dan kecil. Jika menggunakan arus yang besar akan mengalami kesulitan dalam mengelas dan elektroda akan lebih cepat habis. Begitu juga sebaliknya, jika arus listrik yang digunakan terlalu kecil akan merubah sifat mekanik dari induk logam dan akan mengakibatkan tidak sempurnanya pencairan dari elektroda.



## 5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifin, S, *Las Listrik dan Otogen*, Ghalia Indonesia, Jakarta, 1997.
- [2] Amanto, H. dan Daryanto. *Ilmu Bahan*. Jakarta, Bumi Aksara, 1993.
- [3] Bintoto, G, *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*. Kanisius, Yogyakarta, 1999
- [4] Chandra, H dan Pratiwi, D.K. *Panduan Praktikum Material Teknik*. Lab. Metalurgi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, Indralaya, 2007.
- [5] Daryanto, *Proses Pengolahan Besi dan Baja*. Bandung, 2010.
- [6] Daryus. A, *Proses Produksi*. Jakarta, 2008.
- [7] Suharto, *Teknologi Pengelasan Logam*, Rineka Cipta, Jakarta, 1991.
- [8] Supardi, E., *Pengujian Logam*, Angkasa, Bandung, 1996.
- [9] Widharto, S. *Teknologi dan Proses Pengelasan*. Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Bandung
- [10] Wiryosumarto, H dan Okumura, T, *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta, 2008
- [11] <http://blog.unsri.ac.id/amir/material-teknik/uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/mrdetail/5705/>  
(diakses tanggal 30 Desember 2011)
- [12] <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Bab%2002%20Tarik.pdf>  
(diakses tanggal 3 Januari 2012)
- [13] [http://file.upi.edu/Direktori/FPTK/JUR.\\_PEN.\\_D.\\_TEKNIK\\_MESIN/198003132006041-ASEP\\_HADIAN\\_SASMITA/Bahan\\_ajar\\_PP2/Pengelasan.pdf](http://file.upi.edu/Direktori/FPTK/JUR._PEN._D._TEKNIK_MESIN/198003132006041-ASEP_HADIAN_SASMITA/Bahan_ajar_PP2/Pengelasan.pdf)  
(3 Januari 2012)
- [14] <http://ft.unsada.ac.id/wp-content/uploads/2008/04/bab3-pp.pdf>  
(5 Januari 2012)