

## Upaya Peningkatan Sifat Mekanik Baja *Mild Steel* Melalui Perbaikan Kualitas dengan *Heat Treatment Annealing* dan *Holding Time* pada *Heat Treatment* dengan *Taguchi Method*

Febi Rahmadianto, Anindito Purnowidodo, Rudy Soenoko  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan. Mayjend Haryono 167, Malang 65145. Indonesia  
Phone: +62-341-587710, Fax: +62-341-551430  
E-mail : rahmadianto15@gmail.com

### Abstract

The purpose of this study was to determine the ability of the mechanical tensile strength and hardness and microstructure of the steel material *Mild Steel*. The electrodes used were a new electrode, the electrode was added calium compound is then heated to 100 °C, 100 °C and heated electrode. Strong currents are used 75 A, 85 A, and 95 A, for a distance of specimen 3 mm, 4 mm and 5 mm. This study used an experimental methodology and the research conducted in the laboratory. The test results showed that the maximum tensile strength is in the condition of the electrode plus a calium compound and heated at 100 °C, 95 A current and a distance of 5 mm, with *Heat Treatment* 20 minutes is 278 N/mm<sup>2</sup>. Similarly, for the region of weld metal hardness indicates the optimal hardness using electrodes were added and heated calium compounds 100°C, current 95 A and a distance of 5 mm, with *Heat Treatment* 20 minutes, which is 185 VHN. HAZ hardness to areas with the same test conditions with *Weld Metals*, hardness value is 371 VHN.

**Keywords:** SMAW, current, *Taguchi*, optimum treatment.

### PENDAHULUAN

Pengelasan adalah media untuk menyambung dua komponen berbahan logam, juga sebagai alat pemotong. Dengan teknik pengelasan ini, diharapkan kekuatan logam hasil pengelasan hamper sama dengan kekuatan logam induknya.

Penelitian ini menggunakan proses pengelasan SMAW [1] sering juga disebut sebagai pengelasan busur listrik dengan elektroda terbungkus. Las elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada masa kini, karena ada beberapa keuntungan yang diperoleh dari pengelasan tersebut. Tujuan menggunakan pengelasan SMAW ini adalah untuk mengetahui pengaruh kuat arus dan kondisi elektroda terhadap kekuatan tarik dan kekerasan hasil lasan.

Ada beberapa usaha yang telah dilakukan untuk mencari hasil yang maksimal. Pada baja AISI 4147, dilakukan perlakuan *heat treatment* yang dilakukan *normalizing*,

*hardening*, dan *tempering* pada suhu 760-800°C. Proses ini mendapatkan bahwa keuletan baja mengalami peningkatan pada *heat treatment tempering* [2]. Sedangkan dengan baja yang sama dan suhu *heat treatment* yang sama menggunakan *annealing* mendapatkan tingkat kekerasan yang tinggi [3]. Pada baja NST 37-2, dengan suhu *heat treatment* yang sama serta *heat treatment normalizing*, *tempering*, *hardening* dan *annealing*, didapatkan kekerasan tertinggi menggunakan *heat treatment hardening* [4]. Untuk Baja ASSAB 760, diberikan variasi *holding time* dan variasi temperatur dengan media pendingin oli. Proses ini didapatkan nilai kekerasan dengan *holding time* 35 menit dan *heat treatment* 800°C [5].

Ada beberapa faktor untuk meningkatkan kekuatan mekanik suatu material hasil pengelasan. Diantaranya suhu *heat treatment*, material yang digunakan, kuat arus, dan media pendingin. Dengan ini, penelitian dibuat untuk mengoptimalkan faktor-faktor dari pengelasan

dengan menggunakan metode taguchi. Pada Metode taguchi ini diharapkan peningkatan sifat mekanik dengan meminimalkan pengaruh-pengaruh dari penyebab perubahan tanpa menghilangkan penyebab-penyebabnya. Penyebab variasi itu dalam metode Taguchi dikenal dengan faktor tidak terkendali.

Obyek dalam penelitian ini menggunakan baja *mild steel* AISI 1118 dengan kandungan kimia 0,14 - 0,20 % C, 1,30 - 1,60 % Mn, 0,04% P, dan 0,08 - 0,13 S %. Peneliti menggunakan baja ini, dikarenakan baja tersebut mampu las dan sering digunakan pada proses pengelasan yang ada sehari-hari.

Tujuan dari penelitian ini untuk melihat pengaruh berbagai macam kondisi elektroda, kuat arus, *holding time* dalam pemanasan dan jarak antar specimen yang terjadi pada hasil pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik hasil pengelasan dengan memakai *orthogonal array*, maka sejumlah faktor eksperimen yang diamati akan direduksi menjadi lebih sedikit eksperimen dibandingkan dengan desain faktorial sehingga secara biaya relatif lebih kecil.

**METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini, specimen yang digunakan adalah baja karbon sedang dengan diameter 20mm, dan panjang 200 mm dengan data sebagai berikut :

1. Komposisi Kimia

Element	Weight %
C	0.14-0.20
Mn	1.30-1.60
P	0.04 (max)
S	0.08-0.13

2. Sifat mekanik

Tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Elongation (%)
450.2	284.8	34.5

Elektroda yang digunakan adalah RB-26 atau E6013 yang merupakan elektroda terbungkus dengan fluks jenis titania, busur las

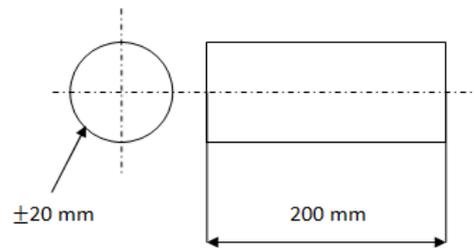
yang cenderung stabil dengan sedikit percikan dan penetrasi yang dangkal sehingga sesuai dengan pengelasan baja struktur ringan dan sedang. Kandungan yang ada pada elektroda ini sebagai berikut :

1. Komposisi Kimia

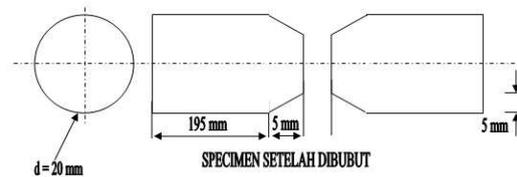
C (%)	Si (%)	Mn (%)
0.08	0.30	0.4

2. Sifat Mekanik

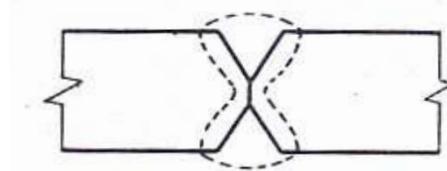
Tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Elongation (%)
510	400	28



SPECIMEN AWAL



SPECIMEN SETELAH DIBUT



Gambar 1. Specimen Hasil Pengelasan

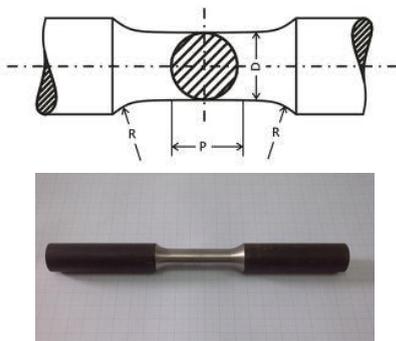
Mesin yang digunakan adalah mesin merk Falcon dengan arus searah DC dengan polaritas lurus (elektroda negatif), kecepatan lasan 3,50 mm/s. Pada penelitian ini logam induk (*base metal*) dilas dengan menggunakan metode *Shielded metal arc welding* (SMAW) dengan kondisi elektroda baru dikeluarkan dari bungkusnya, dilembabkan diudara bebas selama 1 hari, dan dipanaskan

dalam oven sampai suhu 100°C lalu di *Heat Treatment (Annealing)* sampai suhu 850°C. Kemudian hasil pengelasan didinginkan dengan *holding time* 10 menit, 15, menit, dan 20 menit (Proses *Annealing* sampai *Holding* dilakukan didalam dapur *Furnace*).

Pemeriksaan visual gambar 1 mencakup pemeriksaan sambungan las terhadap kemulusan pengerjaan dan keseluruhan dimensi. Lasan diperiksa untuk meyakinkan bahwa lokasi dan ukuran sesuai spesifikasi pada gambar kerja. Pemeriksaan mudah dilakukan, cepat, dan akurat. Pemeriksaan visual dilakukan sebelum pengelasan, pada waktu pengelasan dan setelah pengelasan.

Setelah pengelasan SMAW selesai dilakukan pada masing-masing benda uji, kemudian dilakukan pengujian selanjutnya. Pengujian yang dilakukan dengan standard ASME terdiri dari uji tarik, uji kekerasan, dan uji metalografi, serta *heat treatment* kemudian di uji tarik, kekerasan dan struktur mikro.

Uji tarik gambar 2 terhadap logam las dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik logam las (dari cairan kawat elektroda), uji terhadap sambungan las memanjang yang terdiri dari logam las dan logam pada daerah HAZ, dan Logam dasar. Uji tarik dilakukan sesuai standar JIS. Pengujian ini menggunakan alat *Universal Machine Test*.

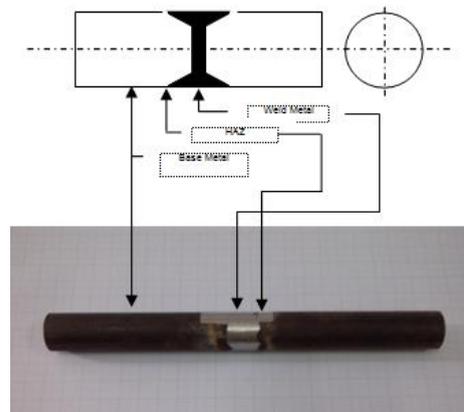


Dimana, R : 4 mm  
D : 120 mm  
P : 100 mm

**Gambar 2.** Specimen Pengujian Tarik

Uji kekerasan gambar 3 bertujuan untuk mengetahui distribusi kekerasan dari logam las, HAZ, dan logam induk untuk berbagai

jenis kampuh, sehingga diperoleh gambaran perubahan kekerasan logam akibat panas las. Pengujian ini menggunakan metode uji kekerasan mikro *Vickers*. Dipilihnya metode ini, karena dapat mengetahui daerah-daerah pengelasan (*base metal*, HAZ, dan *Weld Metal*). Specimen ini di tes dengan 3 kali pengujian pada masing-masing daerah *Weld Metal*, HAZ, dan *Base Metal*. Untuk beban yang diberikan pada pengujian ini adalah 200 gf selama 5 detik.



**Gambar 3.** Specimen Pengujian Kekerasan

**Tabel 1.** Operation Processes Chart

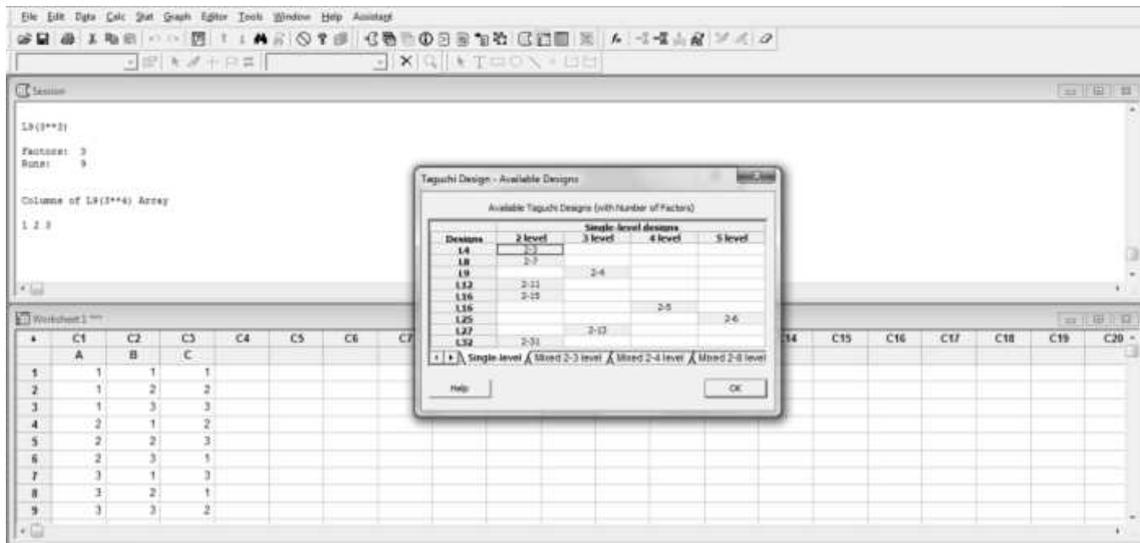
Ringkasan		
Proses	Jumlah	Waktu
○	6	1.31
□	1	30
◻	3	1.05
▽	1	
<b>TOTAL</b>		<b>3.06</b>

Operation Process Chart (OPC)	
Nama Objek	: Pengujian Kekerasan dan Pengujian Tarik Baja
Nomor Peta	: 01
Dipetakan Oleh	: Febi Rahmadianto
Tanggal Dipetakan	: 19 September 2013

Lerutan etsa	
1 MENIT	0-1 Dilas SMAW (manual)
30 MENIT	0-2 Dipanaskan Dapur Pemanas
15 MENIT	03-1 Dibubut Alat Bubut CNC
15 MENIT	0-4 Dimilling Mesin Milling
30 MENIT	05-2 Diuji Kekerasan Vickers
20 MENIT	0-6 Dihaluskan Kertas Gosok (Manual)
20 MENIT	07-3 Dihaluskan Mesin Poles
20 MENIT	0-8 Diuji Tarik Alat Uji
5 MENIT	0-9 Dibersihkan (Manual)
30 MENIT	1-4 Diuji Mikro Mikroskop



Gambar 4. Spesifikasi Taguchi Method

Pengamatan mikrostruktural dilakukan untuk mengetahui perbedaan struktur logam daerah manik-manik las, daerah pengaruh panas (HAZ) dan logam induk, dilakukan pengamatan mikrostruktural dengan urutan : mengamplas, memoles, mengets, dengan larutan natal 2% selama 15 detik, kemudian melakukan pemeriksaan mikrostruktur dengan mikroskop optik dan dilakukan pemotretan. Uji foto struktur mikro dilakukan dengan mikroskop metalurgi yang dilengkapi kamera. Pada pengujian ini dilakukan foto dengan pembesaran 500x. foto yang diambil adalah daerah HAZ, Base Metal dan Weld Metal. Dengan melihat foto mikro dari material dapat dilihat fase yang terbentuk, berpengaruh juga terhadap sifat mekanik material seperti kekerasan material dan kekuatan tarik.

Proses penelitian dimulai dengan proses pengelasan yang berlangsung dengan voltase 220 volt dan kampuh 45°, serta dengan variasi kuat arus. Logam yang digunakan adalah baja karbon sedang berbentuk silinder. Elektroda yang digunakan RB-26/E6013 yang divariasikan.

Jumlah level dan faktor gambar 4 yang ada dapat ditentukan jumlah baris untuk matriks *orthogonal array* yaitu 3, sehingga *orthogonal array* yang sesuai adalah L3 (3<sup>2</sup>), karena *orthogonal array* ini dapat mengakomodasi jumlah faktor dan level yang ada. Jumlah eksperimen yang harus dijalankan sesuai *orthogonal array* L3 (3<sup>2</sup>)

adalah sembilan kali dengan replikasi masing-masing eksperimen tiga kali. Replikasi dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan eksperimen serta meningkatkan ketelitian data percobaan. Sehingga jumlah spesimen yang dibutuhkan untuk eksperimen Taguchi sebanyak 9 eksperimen.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Benda uji Baja Mild Steel kemudian diproses di permesinan pada alat pengelasan, dengan kecepatan pengelasan 3,50 mm/s. Ada beberapa eksperimen yang dilakukan kepada benda uji baja Mild Steel tersebut, dapat di tunjukkan pada tabel dibawah ini.

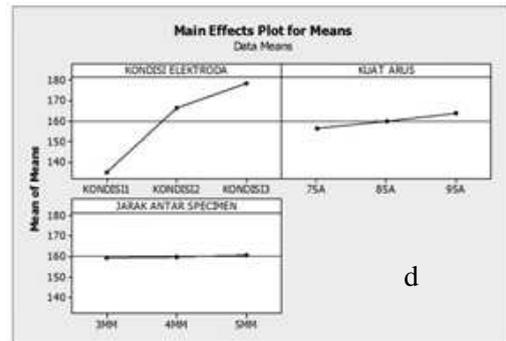
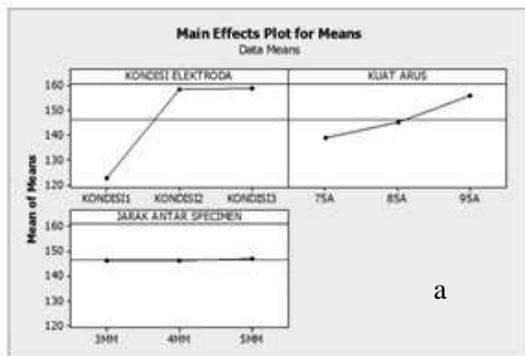
Tabel 3. Hasil uji Kekerasan WELD METAL dengan Variasi kondisi Elektroda, Waktu Pembebanan dan Beban yang diberikan.

UJI KEKERASAN WELD METAL			
FAKTOR / LEVEL	1	2	3
KONDISI ELEKTRODA	1	2	3
KUAT ARUS PENGLASAN	75 A	85 A	95 A
JARAK ANTAR SPECIMEN	3 mm	4 mm	5 mm

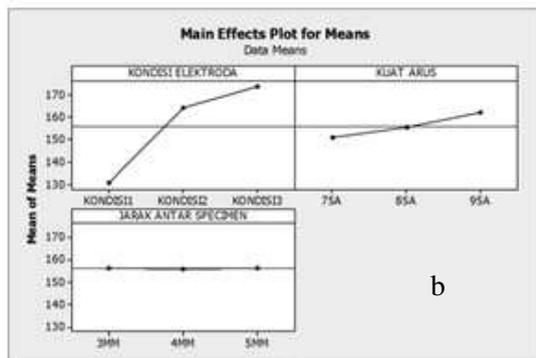
Keterangan:  
 KONDISI 1: Elektroda baru  
 KONDISI 2: Elektroda dipanaskan sampai 100 °C  
 KONDISI 3: Elektroda kondisi 2 ditambahkan senyawa Kalium

**Tabel 4.** Hasil Uji Kekerasan *Weld Metal* dengan Menggunakan *Taguchi Method*

UJI TAGUCHI METHOD				HASIL KEKERASAN TANPA HEAT TREATMENT (VHN)	HASIL KEKERASAN DENGAN HEAT TREATMENT HOLD 5" (VHN)	HASIL KEKERASAN DENGAN HEAT TREATMENT HOLD 15" (VHN)	HASIL KEKERASAN DENGAN HEAT TREATMENT HOLD 20" (VHN)
NO	A	B	C				
1	1	1	1	115	123	131	141
2	1	2	2	121	131	134	145
3	1	3	3	133	140	140	150
4	2	1	2	151	161	162	164
5	2	2	3	163	163	167	172
6	2	3	1	162	167	170	173
7	3	1	2	151	171	176	176
8	3	2	1	152	173	179	180
9	3	3	2	173	177	181	185

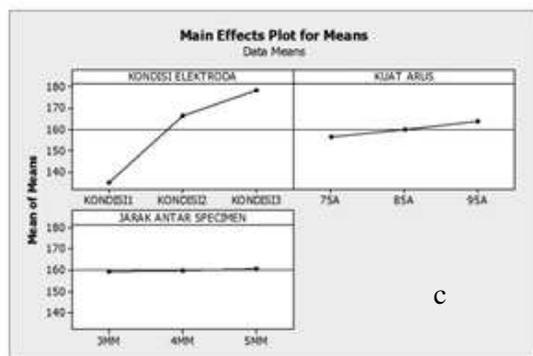


**Gambar 5.** Hasil Uji Kekerasan dengan Metode Taguchi WELD METAL



**Tabel 5.** Hasil uji Kekerasan *HAZ* dengan Variasi kondisi Elektroda, Waktu Pembebanan, dan Beban yang diberikan.

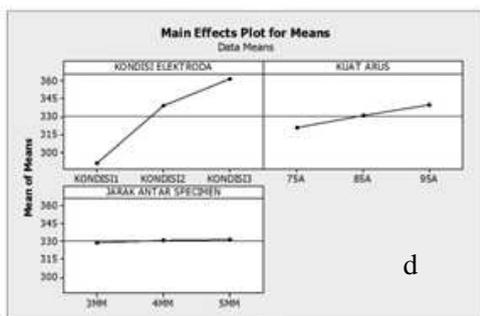
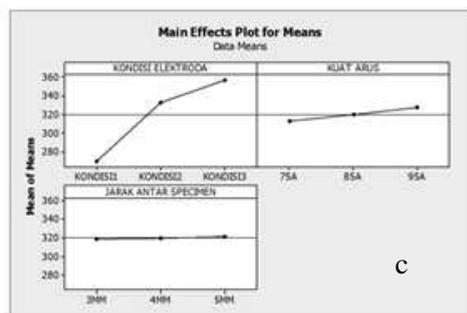
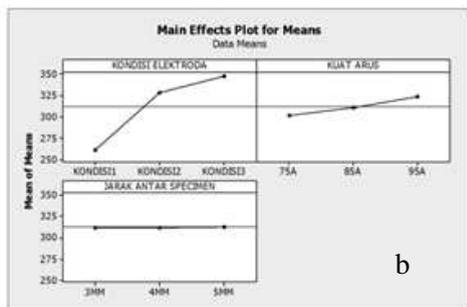
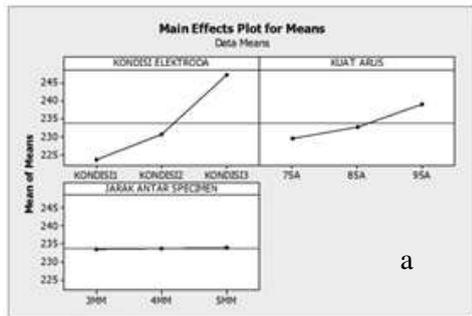
UJI KEKERASAN HAZ			
FAKTOR / LEVEL	1	2	3
KONDISI ELEKTRODA	1	2	3
KUAT ARUS PENGELASAN	75 A	85 A	95 A
JARAK ANTAR SPECIMEN	3 mm	4 mm	5 mm



Keterangan:  
 KONDISI 1: Elektroda baru  
 KONDISI 2: Elektroda dipanaskan sampai 100 °C  
 KONDISI 3: Elektroda kondisi 2 ditambahkan senyawa Kalium

**Tabel 6.** Hasil Uji Kekerasan *HAZ* dengan Menggunakan *Taguchi Method*

UJI TAGUCHI METHOD				HASIL KEKERASAN TANPA HEAT TREATMENT (VHN)	HASIL KEKERASAN DENGAN HEAT TREATMENT HOLD 5" (VHN)	HASIL KEKERASAN DENGAN HEAT TREATMENT HOLD 15" (VHN)	HASIL KEKERASAN DENGAN HEAT TREATMENT HOLD 20" (VHN)
NO	A	B	C				
1	1	1	1	221	245	282	282
2	1	2	2	224	261	267	291
3	1	3	3	226	280	280	301
4	2	1	2	227	322	326	327
5	2	2	3	230	327	336	343
6	2	3	1	235	334	340	347
7	3	1	2	240	341	353	352
8	3	2	1	244	345	357	360
9	3	3	2	257	354	362	371



**Gambar 6.** Hasil Uji Kekerasan dengan Metode Taguchi HAZ

Gambar 6 di bawah menunjukkan bahwa ketiga faktor yaitu kondisi elektroda, kuat arus dan jarak specimen dapat di urutkan berdasarkan nilai rangking. Hasil pengujian

gambar 6.a. kekerasan *weld metal* tanpa *Heat Treatment* maupun gambar 6.b, 6.c, 6.d, dengan perlakuan *Heat Treatment* serta  *Holding*, dimana variasi kondisi elektroda berada pada rangking 1, kuat arus rangking 2, dan jarak specimen 3. Urutan rangking menunjukkan faktor yang memberikan pengaruh besar terhadap hasil pengujian kekerasan *weld metal* tanpa *Heat Treatment* maupun dengan perlakuan *Heat Treatment* serta  *Holding*. Berdasarkan desain Eksperimen Taguchi hasil grafik *main effect plot for means* dengan pendekatan *large is the better*, gambar 6 untuk meningkatkan kekerasan *weld metal* tanpa *Heat Treatment* maupun dengan perlakuan *Heat Treatment* serta  *Holding*, maka kondisi optimal dalam komposisi terpilih material *Mild Steel* yaitu variasi kondisi elektroda pada kondisi 3 (elektroda kondisi 2 ditambahkan senyawa kalium), kuat arus 95 A, dan jarak antar specimen 5 mm, akan memberikan hasil terbaik dalam hasil pengujian kekerasan.

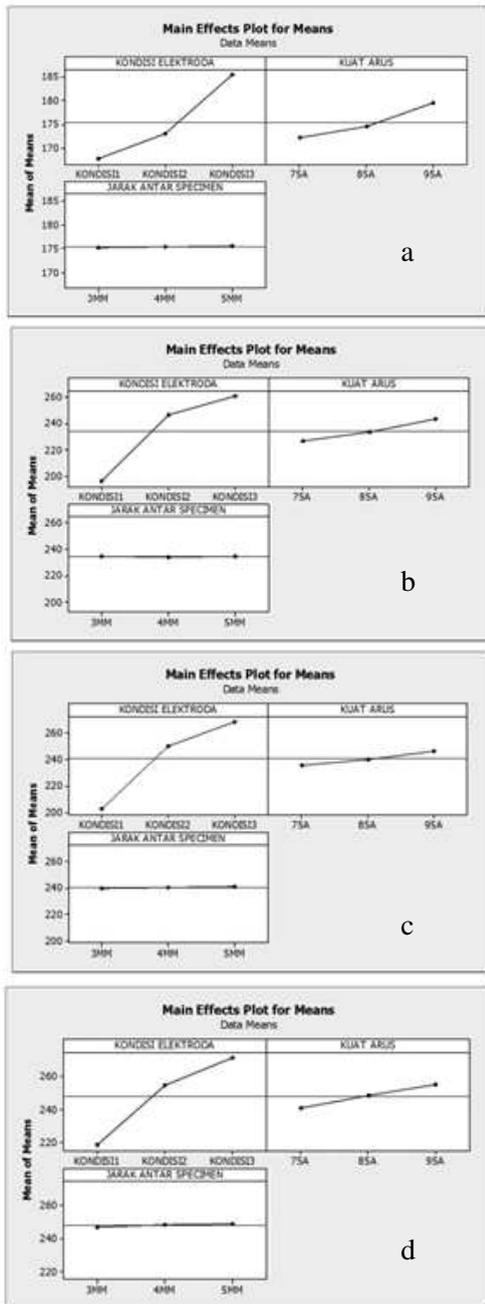
**Tabel 7.** Hasil Uji Tarik dengan Menggunakan Taguchi Method

NO	UJI TAGUCHI METHOD			HASIL TARIK TANPA HEAT TREATMENT (VHN)	HASIL TARIK DENGAN HEAT TREATMENT HOLD 5" (VHN)	HASIL TARIK DENGAN HEAT TREATMENT HOLD 15" (VHN)	HASIL TARIK DENGAN HEAT TREATMENT HOLD 20" (VHN)
	A	B	C				
1	1	1	1	166	184	197	212
2	1	2	2	168	196	201	218
3	1	3	3	169	210	210	226
4	2	1	2	170	242	244	246
5	2	2	3	172	245	251	258
6	2	3	1	177	251	255	260
7	3	1	2	180	256	265	264
8	3	2	1	183	259	268	270
9	3	3	2	193	266	272	278

**Tabel 8.** Hasil Uji Tarik dengan Variasi kondisi Elektroda, Waktu Pembebanan, dan Beban yang diberikan.

UJI TARIK			
FAKTOR / LEVEL	1	2	3
KONDISI ELEKTRODA	1	2	3
KUAT ARUS PENGELASAN	75 A	85 A	95 A
JARAK ANTAR SPECIMEN	3 mm	4 mm	5 mm

Keterangan:  
 KONDISI 1: Elektroda baru  
 KONDISI 2: Elektroda dipanaskan sampai 100 °C  
 KONDISI 3: Elektroda kondisi 2 ditambahkan senyawa Kalium



**Gambar 7.** Hasil Uji Tarik dengan Metode Taguchi

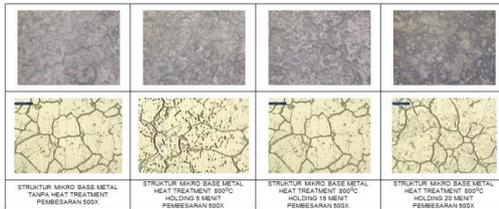
Gambar 7 menunjukkan bahwa ketiga faktor yaitu kondisi elektroda, kuat arus, dan jarak pengelasan antar specimen dapat di urutkan berdasarkan nilai rangking. Hasil pengujian tarik gambar 7.a, tanpa *Heat Treatment* maupun gambar 7.b, 7.c, 7.d, dengan perlakuan *Heat Treatment* serta *Holding*, dimana variasi kondisi elektroda yang

diberikan pada rangking 2, kuat arus rangking 3, dan jarak antar specimen yang dilas rangking 1.

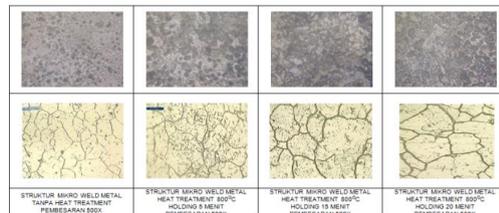
Urutan rangking menunjukkan faktor yang memberikan pengaruh besar terhadap hasil pengujian tarik tanpa *Heat Treatment* maupun dengan perlakuan *Heat Treatment* serta *Holding*. Berdasarkan desain Eksperimen Taguchi hasil grafik *main effect plot for means* dengan pendekatan *large is the better*, gambar 7 untuk meningkatkan nilai uji tarik tanpa *Heat Treatment* maupun dengan perlakuan *Heat Treatment* serta *Holding*, maka kondisi optimal dalam komposisi terpilih material *Mild Steel* yaitu variasi kondisi elektroda pada kondisi 3, kuat arus 95 A, *holding* 20 menit dan jarak antar specimen 4 mm, akan memberikan hasil terbaik dalam hasil pengujian tarik.

Mikrostruktur pada gambar 7 baja karbon rendah dapat dilihat bahwa struktur dasar / *Base Metal* yang terbentuk relatif sama, dimana ferit ditunjukkan pada bagian yang terang, sedangkan perlit pada bagian yang lebih gelap. Setiap pemanasan yang dilakukan membentuk struktur mikro yang baru yaitu martensit berwarna kecoklatan. Struktur ini nantinya akan berperan pada sifat mekanis baja, khususnya kekerasan. Untuk memperoleh martensit yang keras, maka pada saat pemanasan harus dapat terjadi pada struktur austenite (temperatur >700°C), karena hanya austenite yang dapat bertransformasi menjadi martensit. Bila pada saat pemanasan masih ada struktur yang lain, maka setelah didinginkan akan memperoleh struktur yang tidak seluruhnya martensit.

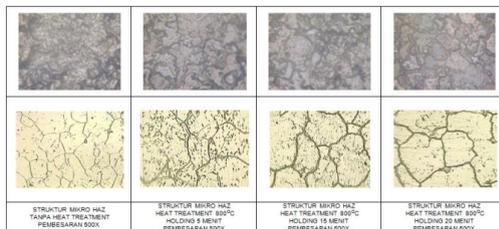
Oleh karena itu penentuan temperatur dan lamanya *holding time* berperan penting dalam pembentukan martensit. Struktur martensit dapat terbentuk pada suhu 760°C, material sudah berada pada suhu austenite tidak stabil yang pada proses pendinginan akan kembali menjadai ferit, struktur karbon tersebut larut kedalam austenite, sedangkan ferit hanya mampu melarutkan 0,025% karbon, maka terbentuklah struktur ferit diperlebar atau karbon dipaksa masuk atau larut dalam ferit. Martensit adalah fase metastabil, terbentuk dengan laju pendinginan cepat, semua unsur paduan mesih larut dalam keadaan padat.



Gambar 8. Struktur Mikro Base Metal



Gambar 9. Struktur Mikro Weld Metal



Gambar 10. Struktur Mikro HAZ

Pemanasan harus dilakukan secara bertahap (*preheating*) dan perlahan-lahan untuk memperkecil deformasi ataupun resiko retak. Setelah temperatur pengerasan tercapai kemudian didinginkan cepat. Hubungan erat antara *preheating*, penetapan temperatur, lama waktu *holding time* dan media pendingin sangat mempengaruhi sifat kekerasan dan struktur martensitnya. Dimana semakin kompleks dan merata penyebaran struktur martensit pada baja karena penentuan temperatur dan lama *holding time* yang tepat akan membiarkan austenite menjadi homogen dan terjadi difusi karbon yang tepat akan memaksimalkan peningkatan sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin dominan jumlah pertumbuhan butir-butir martensit yang terbentuk, maka kekerasan yang dihasilkan semakin meningkatkan pula. Namun ketangguhan baja semakin berkurang, rapuh dan getas.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai

berikut: Perlakuan panas yang diberikan (>760°C), membiarkan austenit menjadi homogen, sehingga dapat meningkatkan kekerasan dan merubah struktur mikro baja *mild steel*. Dengan pemberian Holding Time diharapkan kekerasan akan meningkat.

Hasil pengujian kekerasan pada kelompok specimen dengan *holding time* 20 menit dan kondisi elektroda 3, memiliki perbedaan tingkat kekerasan, namun yang dihasilkan cenderung sama meskipun *holding time* berbeda-beda. Hal ini disebabkan homogenitas austenit dan difusi karbon telah berada di posisi yang ideal untuk pembentukan struktur keras martensit.

Dari pengujian kekerasan, kekerasan tertinggi pada specimen daerah HAZ dengan perlakuan panas 800°C dengan *holding time* 20 menit, kondisi elektroda 3 sebesar 371 VHN. Untuk pengujian tarik yang terbesar pada specimen dengan perlakuan panas 800°C dengan *holding time* 20 menit, kondisi elektroda 3 sebesar 421 N/mm<sup>2</sup>.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Wiryosumarto, Harsono, Okumura dan Toshie, 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2] S. S. Sharma, 2013, Effect of Heat Treatment on Mechanical Properties of AISI 4147 Spring Steel, *3<sup>rd</sup> International Conference on Mechanical, Automotive and Materials Engineering (ICMAME 2013)* 29-30 April, Singapore.
- [3] L.O.Mudashiru, 2013, Study of effects of Heat Treatment on the Hardness and Microstructure of Welded Low Carbon Steel Pipes, *2<sup>nd</sup> International Conference on Engineering and Technology Research*. Vol. 4, No. 9.
- [4] Akanbi, O. Y., Fadara, T. G. & Fadare, D. A., 2011, Effect of Heat Treatment on Mechanical Properties and Microstructures of NST 37-2 Steel. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering.*, Vol. 10, No.3, 299-308.
- [5] Gata Bangsawan, Ihsan, 2011, *Pengaruh Variasi Temperatur dan Holding Time dengan Media Pendingin Quenching OLI MESRAN SAE40 terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Baja ASSAB 760*, Surakarta, Indonesia.