



# Peningkatan Kualitas Sambungan Las Baja Karbon Rendah Dengan Metode Taguchi

Amir Arifin<sup>1\*</sup>, Tommy Sulistyawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Indonesia

\*Email Penulis: [amir@unsri.ac.id](mailto:amir@unsri.ac.id)

## INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 28/11/2017  
Naskah Direvisi 08/12/2017  
Naskah Disetujui 08/12/2017  
Naskah Online 08/12/2017

## ABSTRAK

Teknik pengelasan telah digunakan secara umum dalam penyambungan logam pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Jenis pengelasan yang sering digunakan adalah pengelasan SMAW (*Shielded Metal arc Welding*). Dalam penelitian ini akan dilihat parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik dari hasil pengelasan menggunakan Metode Taguchi pada sambungan las baja karbon rendah. Pengelasan yang dilakukan dengan Metode Taguchi memvariasikan parameter pengelasan berupa kampuh las, gap pengelasan, dan besarnya arus pengelasan. Melalui pengujian tarik diketahui bahwa hasil pengelasan dengan Metode Taguchi didapatkan parameter optimum pada faktor A yaitu kampuh las berbentuk I, faktor B yaitu gap pengelasan sebesar 3 mm, dan faktor C yaitu arus pengelasan sebesar 100 A. Selain melakukan pengujian tarik dilakukan juga pengujian kekerasan dan pengujian metalografi pada penelitian ini. Dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa tingkat kekerasan pada tiap daerah berbeda-beda dan menjadi daerah dengan permukaan paling keras ialah pada daerah las. Hal ini dikarenakan terjadi perubahan struktur mikro karena adanya siklus termal berupa pemanasan yang diikuti oleh pendinginan cepat akibat pengelasan. Sedangkan hasil pengujian metalografi menunjukkan perubahan struktur mikro terutama pada daerah terpengaruh panas (HAZ). Namun demikian, saat dilakukan pengelasan, daerah HAZ mengalami pemanasan dan pendinginan yang lambat sehingga terjadi pertumbuhan butir yang kasar. Hal ini juga yang menyebabkan daerah HAZ memiliki kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah las.

**Kata kunci:** Metode taguchi, kekerasan, SMAW

## 1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan dan kemajuan teknologi pengelasan dewasa ini, teknik pengelasan banyak digunakan dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi baja dan konstruksi mesin. Aplikasi teknologi pengelasan sebagai metode utama penyambungan logam yang umum dipakai untuk menyambung atau menggabungkan (Jeffus, 2016).

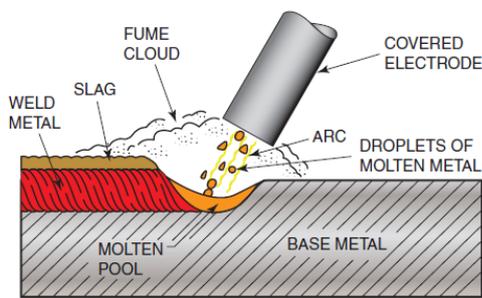
Pengelasan dengan elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada industri baja. Las busur listrik ini menggunakan kawat elektroda logam yang di bungkus fluks. Elektroda yang dipakai

untuk menyambung bagian logam yang akan dilas tergantung dari banyak faktor, seperti bahan logam itu sendiri, penggunaan konstruksi las, bahan fluks dan sebagainya (Kou, 2003).

Logam dan paduannya adalah salah satu material teknik yang porsinya paling banyak diperlukan dalam kegunaan teknik. Jika diperhatikan komponen mesin, maka sebagian besar sekitar 80% dan bahkan lebih terbuat dari logam. Selebihnya digunakan material non logam seperti keramik, glass, polimer dan bahkan material maju seperti komposit. Material logam dikelompokkan menjadi 2, yaitu Logam Non Besi (*Non*

*Ferrous*) dan Logam Besi (*Ferrous*) (Callister & Rethwisch, 2013).

Las adalah salah satu teknik menyambungkan benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan. Akibat proses ini, maka logam disekitar daerah lasan mengalami siklus termal yang cepat yang menyebabkan perubahan sifat-sifat mekanis dan struktur mikro. Pengelasan busur dengan elektroda terbungkus atau *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) adalah suatu proses pengelasan busur listrik yang mana penggabungan atau perpaduan logam yang dihasilkan oleh panas dari busur listrik yang dikeluarkan diantara ujung elektroda terbungkus dan permukaan logam dasar yang dilas (Groover, 2010). Pengelasan SMAW adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada saat ini dan dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Las busur dengan elektroda terbungkus (Jeffus, 2016)

Pada las busur listrik dengan elektroda terbungkus fluks mempunyai peranan penting yang bertindak memperlancar perpindahan butir-butir cairan logam. Sebagai sumber terak atau gas yang melindungi logam cair terhadap udara sekitar. Selain itu berfungsi untuk menstabilkan busur pada pengelasan dan juga sebagai sumber unsur paduan (Kou, 2003).

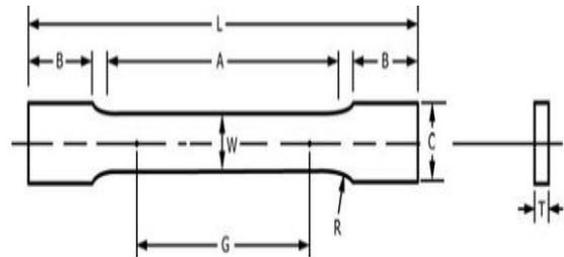
Metode Taguchi adalah metode yang sudah banyak dikenal dalam mengoptimasi parameter-parameter proses dalam dunia manufaktur (Cesarone, 2001; Oktem, Erzurumlu, & Uzman, 2007; Sadi, Malau, Wildan, & Suyitno, 2015; Sullivan, 1987). Selain itu Metode Taguchi mampu mengurangi jumlah experiment secara signifikan. Dalam penelitian ini sifat mekanik sambungan las akan ditingkatkan maka digunakan *larger the better* (Roy, 2010).

Tujuan utama eksperimen ini adalah meningkatkan kualitas sambungan las dengan menggunakan metode Taguchi. Sedangkan metode pengelasan yang digunakan menggunakan metode *Shield Metal Arc Welding* (SMAW). Selain itu dilakukan juga analisa uji kekerasan untuk melihat profil kekerasan sambungan las.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pengelasan dalam eksperimen ini dilakukan dengan metode SMAW. Pengelasan dilakukan menggunakan kawat elektroda yang dibungkus dengan fluks. Panas dari busur akan membuat logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus listrik yang terjadi selama proses pengelasan. Arus listrik sangat berpengaruh pada butir hasil pengelasan, jika arus listrik tinggi maka butir yang dihasilkan akan halus, sedangkan jika arus listrik rendah maka butir yang dihasilkan dalam pengelasan akan lebih kasar. Untuk mengamati struktur mikro pada sambungan las digunakan mikroskop optik. Metode Vickers digunakan dalam menganalisa kekerasan pada sambungan las.

Pengujian kekuatan tarik sambungan las dalam eksperimen ini menggunakan *Universal Testing machine BH-3CF RAT-30tf*. Standar pengujian yang digunakan dalam pengujian tarik adalah ASTM E8 dengan bentuk bahan logam yang akan diuji biasanya dibuat spesimen dengan dimensi seperti Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Dimensi Benda Uji Tarik Sesuai Standar ASTM E8

- Dimana : G = 50 mm
- W = 12,5 mm
- T = 6 mm
- R = 12,5 mm
- L = 200 mm
- A = 57 mm
- B = 50 mm
- C = 20 mm

Pelat baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pelat Baja karbon Rendah yang mempunyai sifat mampu las yang baik. Sedangkan Elektroda yang digunakan adalah E7018. Parameter pengelasan yang digunakan selama proses pengelasan ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1 Parameter Pengelasan

Parameter	Level		
	Besar Arus (I)	50A	75A
Jarak antar spesimen	2mm	3mm	4mm
Kampuh las	IV	I	V

Desain eksperimen dalam percobaan ini menggunakan Tabel ortogonal  $L_9$  seperti ditunjukkan pada Tabel 2

akan kita naikkan maka diambil nilai maksimum dari setiap faktor dan level dimana nilai optimum merupakan nilai maksimumnya.

**Tabel 2** Tabel Ortogonal L<sub>9</sub> Taguchi (Roy, 2010)

Eksperimen	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Pengujian kekerasan dan metalografi juga dilakukan untuk mengetahui perubahan-perubahan yang terjadi akibat dari proses pengelasan. Spesimen diamati dengan mikroskop optik, agar dapat diketahui struktur mikro logam induk, daerah HAZ, dan daerah lasan.

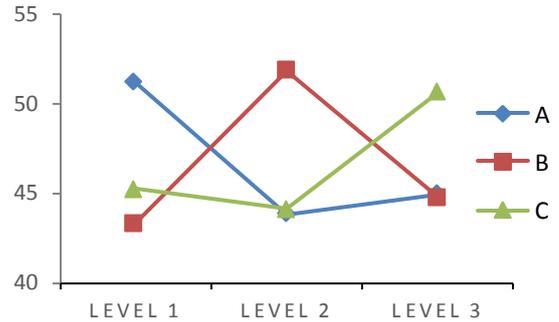
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengujian tarik yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 3. Pengujian tarik dilakukan dengan melakukan tiga pengulangan untuk mendapatkan nilai yang valid. Dalam pengujian ini Kekuatan tarik maksimum dicapai pada pengujian nomor 6 sebesar 57.85 MPa. Sedangkan nilai terendah dicapai pada kondisi nomor 4 dengan kekuatan 34.80 MPa

**Tabel 3** Hasil kekuatan tarik rata-rata sesuai Tabel L<sub>9</sub>

No	Faktor terkontrol			Kekuatan Tarik ( $\sigma$ ) (MPa) Rata-rata	S/N Ratio (Kekuatan tarik)
	A	B	C		
1	1	1	1	51,24	33,12
2	1	2	2	52,22	33,55
3	1	3	3	50,09	33,86
4	2	1	2	34,80	30,79
5	2	2	3	57,85	34,83
6	2	3	1	38,89	31,22
7	3	1	3	43,96	32,84
8	3	2	1	45,51	33,16
9	3	3	2	45,33	33,12

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa hasil pengujian tarik pada setiap level. Ketiga faktor memberikan respon yang signifikan terhadap kekuatan tarik pada setiap perubahan levelnya. Dalam kasus ini kekuatan tarik yang



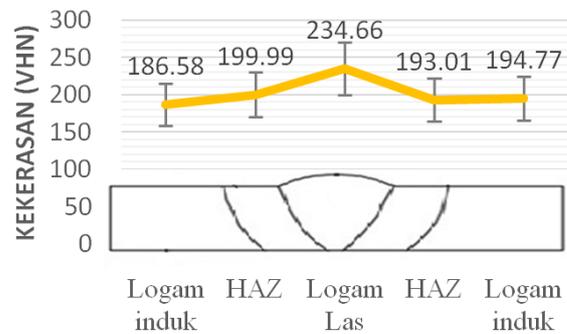
**Gambar 3** Kekuatan tarik rata-rata setiap faktor dan level

Kondisi optimum pada eksperimen ini adalah kondisi dimana nilai mencapai nilai maksimum seperti ditunjukkan pada Tabel 3.3. Dimana kondisi ini merupakan kondisi optimum parameter untuk mencapai nilai kekuatan maksimum sambungan las.

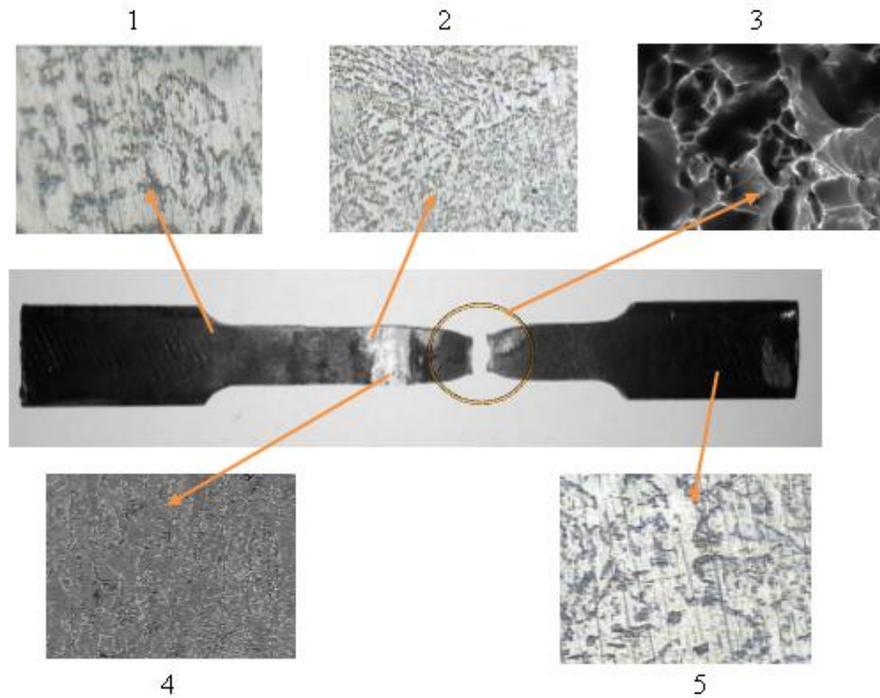
**Tabel 3.3** Parameter optimum untuk pengujian tarik

No.	Faktor	Parameter	Level
1	A	Jenis Kampuh IV	1
2	B	Gap 3 mm	2
3	C	Arus 100A	3

Dalam penelitian ini juga dilakukan analisis profil nilai kekerasan yang ada pada sambungan las.



**Grafik 4** Hasil pengujian kekerasan pada spesimen ketiga dengan parameter kampuh las IV, gap 4 mm, dan arus 100 A.



**Gambar 5:** Hasil pemotretan metalografi spesimen pertama dengan kampuh V, gap 2 mm, dan arus 100 A

Gambar 5 menunjukkan ilustrasi dari hasil pengujian metalografi pada spesimen pertama dengan kampuh V, gap 2 mm, dan arus 100A. Terlihat adanya perbedaan dari tiap hasil pemotretan. Penjelasan dari tiap Gambar adalah sebagai berikut:

1. Logam Induk perbesaran 1000x; didominasi butir-butir ferit yang berwarna putih (terang), sedangkan fasa perlit lebih sedikit (berwarna gelap). Butir ferit cenderung lebih halus jika dibandingkan dengan butir perlit. Butir perlit mempunyai sifat lebih keras karena mengandung karbon, sedangkan butir ferit cenderung lunak.

2. Perbatasan daerah HAZ dan Las perbesaran 200x; menunjukkan struktur yang terbentuk adalah ferit acicular, ferit batas butir dan ferit Widmanstatten. Ferit batas butir yang terbentuk kecil dan memanjang dan ferit acicular berupa bilah-bilah yang menyilang dan berbutir lembut.

3. Patahan Logam Induk dengan perbesaran 10000x menggunakan SEM; terlihat adanya cekungan-cekungan dan muka patahnya berwarna ke abu-abuan. Pada patah ulet dapat terjadi bila bahan melebihi kekuatan seperti yang terjadi pada pengujian tarik. Jadi dari hasil penelitian yang telah dilakukan, patahan dari spesimen pengelasan SMAW adalah patah ulet, hal ini dibuktikan dari hasil foto struktur mikro daerah patahan butir-butir yang mendominasi adalah patah patah ulet seperti pada hasil pemotretan.

4. Permukaan Las perbesaran 1000x menggunakan SEM; menunjukkan struktur mikro ferit acicular, ferit

batas butir dan ferit Widmanstatten. Pada Gambar ini foto struktur ferit batas butir terlihat kecil dan struktur

untuk ferit acicular berbutir lembut dan mendominasi area. Jumlah ferit Widmanstatten pada Gambar ini cukup banyak dan terdapat pada sepanjang garis struktur kolumnar.

5. Logam Induk perbesaran 500x; didominasi butir-butir ferit yang berwarna putih (terang), sedangkan fasa perlit lebih sedikit (berwarna gelap). Butir ferit cenderung lebih halus jika dibandingkan dengan butir perlit. Butir perlit mempunyai sifat lebih keras karena mengandung karbon, sedangkan butir ferit cenderung lunak.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan faktor pengelasan yang dianalisa peningkatan kekuatan tarik pada spesimen pengelasan adalah jarak las antar spesimen, faktor kedua adalah jenis kampuh dan yang ketiga adalah besarnya arus yang digunakan pada saat pengelasan. Hal ini didapatkan berdasarkan perhitungan menggunakan Metode Taguchi. Pada pengujian ini hasil optimum didapatkan dengan jarak las antar spesimen oleh faktor B dengan jarak pengelasan spesimen sebesar 3 mm. Setelah itu faktor kedua yang cukup mempengaruhi peningkatan hasil kekuatan tarik adalah jenis kampuh, pada pengujian ini ditunjukkan oleh faktor A dengan jenis kampuh berbentuk I dan faktor yang terakhir adalah besar arus pengelasan, pada pengujian ditunjukkan oleh faktor C dengan besar arus sebesar 100 A.

Sedangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimum, perlu dicoba penggunaan parameter tambahan seperti variasi tegangan sumber listrik, kecepatan Berdasarkan analisa, arus las yang lebih besar akan menunjukkan ferit batas butir yang lebih jelas sehingga jangan menentukan arus las yang sangat kecil sebagai variasi parameternya. Penekanan titik kekerasan jangan dilakukan pada jarak yang terlalu dekat pada titik penekanan sebelumnya. Hal ini untuk menghindari pengaruh pengerasan regangan (*strain hardening*) dari penekanan sebelumnya..

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2013). *Materials Science and Engineering: An Introduction, 9th Edition: Ninth Edition*: John Wiley and Sons, Incorporated.
- Cesarone, J. (2001). The power of taguchi: You've heard of design of experiments and taguchi methods.; Now understand when it's appropriate to use each method.(QUALITY). *IIE Solutions, November 1*.
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*: John Wiley & Sons.
- Jeffus, L. (2016). *Welding: Principles and Applications*: Cengage Learning.
- Kou, S. (2003). *Welding Metallurgy*: Wiley.
- Oktem, H., Erzurumlu, T., & Uzman, I. (2007). Application of Taguchi optimization technique in determining plastic injection molding process parameters for a thin-shell part. *Materials & Design, 28*(4), 1271-1278. doi: DOI 10.1016/j.matdes.2005.12.013
- Roy, R. K. (2010). *A Primer on the Taguchi Method, Second Edition*: Society of Manufacturing Engineers.
- Sadi, Malau, V., Wildan, M. W., & Suyitno. (2015). Optimization of Stir Casting Process Parameters to Minimize the Specific Wear of Al-SiC Composites by Taguchi Method. *International Journal of Engineering and Technology, Vol 7* (1), 17-26.
- Sullivan, L. P. (1987). The Power Of Taguchi Methods To Impact Change In US Companies. *Target, 3*(2), 18-22.