

Optimasi Parameter Pengelasan Baja AISI 1040 Menggunakan Metode Taguchi terhadap Kekuatan Sambungan Las Berdasarkan Uji Impak

Muh Thohirin, Ambar Pambudi, Wisnu Wardana

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai
Politeknik Negeri Lampung, Bandar Lampung, Indonesia
Muhtohirin21@gmail.com
agungfebriantoro54@gmail.com

Abstrak. Proses pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan logam yang paling umum digunakan dalam industri manufaktur dan konstruksi. Kualitas sambungan las sangat dipengaruhi oleh parameter proses seperti arus pengelasan, jenis elektroda, serta celah akar lasan. Penelitian ini bertujuan untuk men-optimalkan parameter-parameter tersebut terhadap kekuatan sambungan las baja AISI 1040 menggunakan metode Taguchi dengan pengujian impak Charpy. Tiga faktor utama digunakan dalam rancangan eksperimen, yaitu arus pengelasan (85 A, 90 A, dan 100 A), jenis elektroda (E7016, E7018, dan E6013), serta celah akar lasan (1,5 mm, 2,6 mm, dan 3,2 mm). Proses pengelasan dilakukan menggunakan metode SMAW (Shielded Metal Arc Welding), dan hasil sambungan diuji dengan alat uji impak untuk menentukan energi serap akibat tumbukan. Analisis hasil menggunakan rasio signal-to-noise (S/N) pada metode Taguchi menunjukkan bahwa arus pengelasan merupakan faktor paling dominan terhadap ketangguhan sambungan las. Kombinasi parameter optimal diperoleh pada arus 90 A, elektroda E6013, dan celah akar 3,2 mm dengan nilai energi impak tertinggi. Hasil ini membuktikan bahwa penerapan metode Taguchi efektif untuk menentukan kombinasi parameter pengelasan yang menghasilkan sambungan dengan ketangguhan maksimal pada baja karbon menengah AISI 1040.

Kata kunci: Pengelasan, Baja AISI 1040, Taguchi, Ketangguhan, Uji Impak.

1 Pendahuluan

Pengelasan (welding) merupakan salah satu metode penyambungan logam yang paling luas digunakan dalam berbagai industri, seperti manufaktur, otomotif, dan konstruksi. Teknik ini berfungsi untuk menggabungkan dua atau lebih logam melalui proses pencairan lokal dengan atau tanpa logam pengisi. Kualitas hasil pengelasan sangat bergantung pada pengendalian parameter proses, antara lain arus listrik, jenis elektroda, dan celah akar lasan. Variasi kecil pada parameter tersebut dapat memengaruhi sifat mekanik sambungan, seperti kekuatan tarik, kekerasan, dan ketangguhan terhadap

beban dinamis. Oleh karena itu, pemilihan kombinasi parameter pengelasan yang tepat menjadi faktor penting untuk menghasilkan sambungan yang optimal.

Baja AISI 1040 termasuk dalam kategori baja karbon menengah yang banyak digunakan pada komponen mesin, struktur rangka, dan peralatan teknik karena memiliki kekuatan dan keuletan yang seimbang. Namun, proses pengelasan pada baja ini memerlukan pengendalian panas yang cermat, sebab pendinginan yang terlalu cepat dapat menimbulkan perubahan struktur mikro pada zona terpengaruh panas (Heat Affected Zone/HAZ) yang berdampak pada penurunan ketangguhan material. Dengan demikian, diperlukan suatu metode sistematis untuk menentukan parameter pengelasan yang optimal guna meminimalkan cacat las dan memaksimalkan kekuatan sambungan.

Metode Taguchi dikenal sebagai pendekatan eksperimental yang efisien untuk optimasi proses manufaktur. Teknik ini memungkinkan analisis pengaruh beberapa faktor secara simultan menggunakan jumlah percobaan yang lebih sedikit dibandingkan metode konvensional. Melalui perhitungan rasio signal-to-noise (S/N), metode ini dapat mengidentifikasi faktor dominan dan kombinasi parameter yang memberikan performa paling stabil terhadap variasi proses.

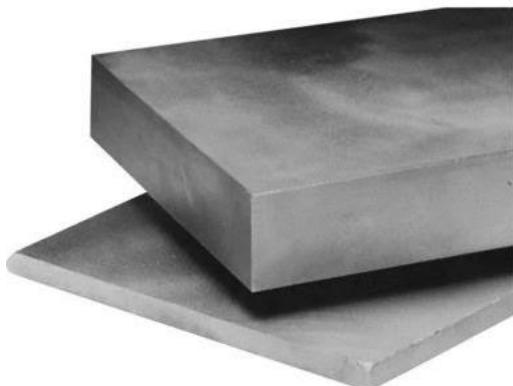
Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter pengelasan baja AISI 1040 menggunakan metode Taguchi dengan uji impak Charpy untuk menentukan ketangguhan sambungan. Fokus utama penelitian adalah menganalisis pengaruh arus pengelasan, jenis elektroda, dan celah akar lasan terhadap energi serap hasil tumbukan. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi dalam bentuk rekomendasi parameter pengelasan yang efektif untuk meningkatkan performa sambungan las baja karbon menengah, serta menjadi acuan bagi penelitian lanjutan di bidang pengelasan material teknik.

2 Material dan Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan berikut ini. Mesin Las SMAW, Gerinda Tangan, Jangka Sorong, Elektroda, Mesin Uji Impak Charpy, Mesin Uji Kekerasan Brinell,

Bahan yang digunakan sebagai berikut: Material utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon menengah AISI 1040, yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,37–0,44%, mangan 0,60–0,90%, fosfor $\leq 0,04\%$, dan sulfur $\leq 0,05\%$. Baja ini dipilih karena banyak digunakan dalam komponen teknik yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan tinggi..



Gambar 1. Baja AISI 1040

2.2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan Taguchi L9 (^{3³}) untuk menentukan kombinasi parameter pengelasan terbaik terhadap kekuatan sambungan las baja AISI 1040. Tiga faktor utama yang divariasikan yaitu arus pengelasan (85 A, 90 A, 100 A), jenis elektroda (E7016, E7018, E6013), dan celah akar lasan (1,5 mm, 2,6 mm, 3,2 mm).

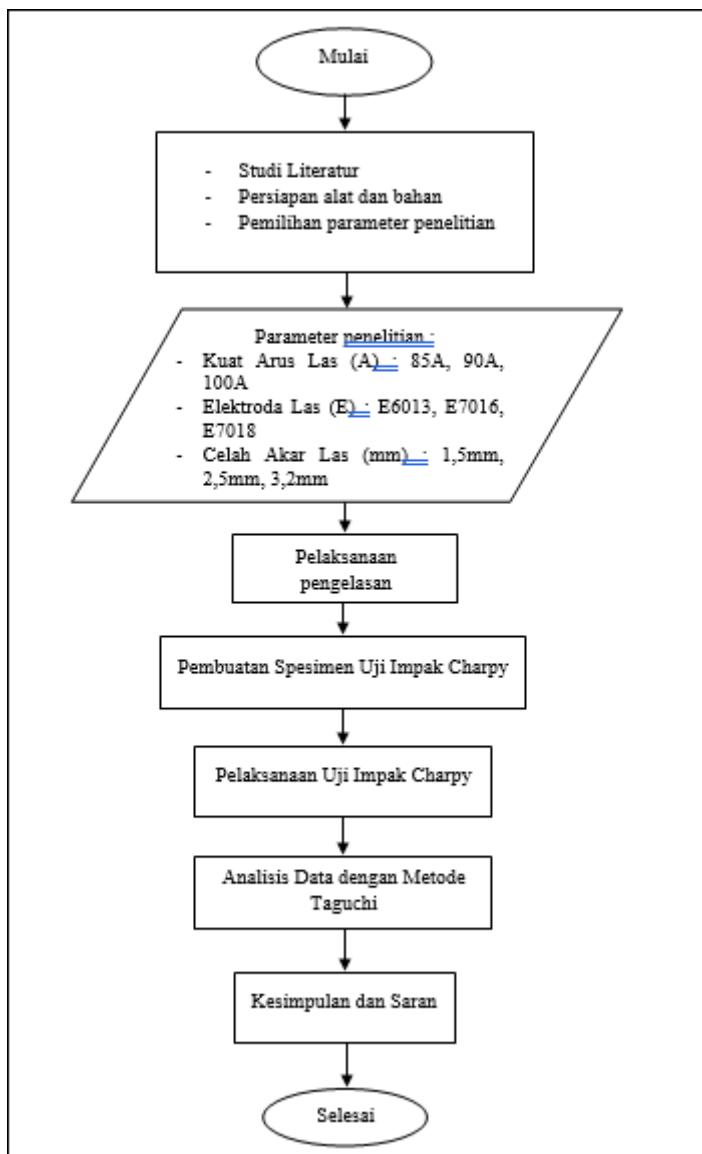
Desain ortogonal Taguchi digunakan karena mampu mengevaluasi pengaruh beberapa variabel secara simultan dengan jumlah percobaan minimum namun tetap menghasilkan data yang representatif.

Tabel 1. Kombinasi eksperimen

No	Arus (A)	Elektroda	Celah Akar (mm)
1	85	E7016	1.5
2	85	E7018	2.6
3	85	E6013	3.2
4	90	E7016	2.6
5	90	E7018	3.2
6	90	E6013	1.5
7	100	E7016	3.2
8	100	E7018	1.5
9	100	E6013	2.6

2.3. Rencana Desain

Rancangan penelitian menggunakan **metode Taguchi** dengan **desain ortogonal L9** (^{3³}), yang memungkinkan analisis tiga faktor dengan tiga level masing-masing.



Gambar 2. Diagram Alir

2.5. Metoda Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan **Metode Brinell**, dengan bola baja ber-diameter **10 mm** dan beban **500 kgf** selama **10 detik**. Nilai kekerasan (HB) dihitung menggunakan rumus:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

(1)

Keterangan:

- P = beban uji (kgf),
- D = diameter bola penekan (mm),
- d = diameter jejak penekanan (mm).

Hasil kekerasan dibandingkan antar spesimen untuk melihat pengaruh variasi arus dan elektroda terhadap sifat mekanik sambungan las.

2.6. Metode Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan menggunakan alat uji Charpy, dengan spesimen berukuran $55 \times 10 \times 10$ mm yang diberi takik V 2 mm di bagian tengah. Pendulum dijatuhkan dari ketinggian tertentu untuk menumbuk spesimen, dan energi yang diserap dihitung berdasarkan perbedaan energi potensial sebelum dan sesudah tumbukan.

$$E = m \cdot g \cdot L \cdot (h1 - h2) \quad (2)$$

Dimana :

- **E**: Energi impak yang diserap (Joule)
- **m**: Massa pendulum (kg)
- **g**: Percepatan gravitasi (9.81 m/s^2)
- **L** : panjang lengan pendulum (m)
- **h1**: Ketinggian awal pendulum sebelum tumbukan (m) kemudian dikonversikan menjadi derajat ($^\circ$)
- **h2**: Ketinggian akhir pendulum setelah tumbukan (m) kemudian dikonversikan menjadi derajat ($^\circ$)

3 Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian Impak

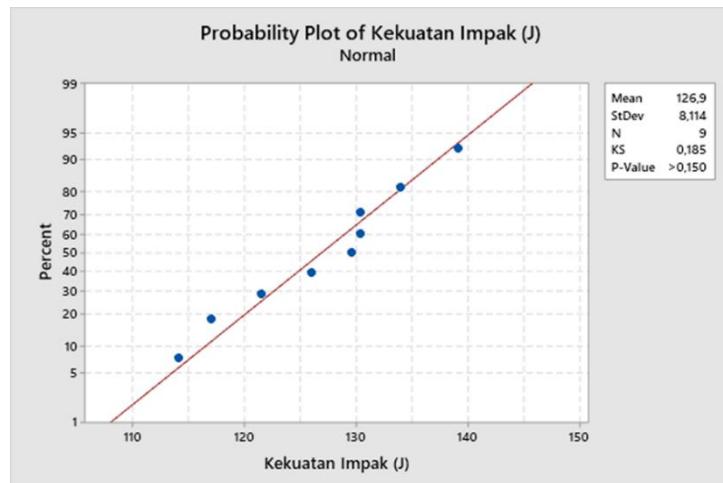
Pengujian impak dilakukan menggunakan metode Charpy V-Notch untuk menentukan ketangguhan sambungan las baja AISI 1040. Nilai energi serap hasil uji ditunjukkan pada table berikut ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Impak dimasukkan kedalam tabel taguchi

No	Arus (A)	Elektroda	Celah (mm)	Energi Impak (J)
1	85	E7016	1.5	21.3
2	85	E7018	2.6	23.7
3	85	E6013	3.2	25.5
4	90	E7016	2.6	27.4
5	90	E7018	3.2	29.1
6	90	E6013	1.5	31.8
7	100	E7016	3.2	26.3
8	100	E7018	1.5	24.7
9	100	E6013	2.6	28.2

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai energi impak tertinggi diperoleh pada kombinasi arus 90 A, elektroda E6013, dan celah akar 1,5 mm, yaitu sebesar 31,8 J. Nilai ini menunjukkan ketangguhan sambungan terbaik, sedangkan nilai terendah sebesar 21,3 J pada arus 85 A, elektroda E7016, dan celah 1,5 mm.

Langkah ini merupakan awal untuk melakukan analisa lebih lanjut, apabila data dikatakan normal dan memenuhi kaidah keabsahan data maka layak untuk dilanjutkan padatapan selanjutnya, berikut merupakan hasil dari uji normalitas data pada kekuatan impak baja AISI 1040.



Gambar 3. Plot Probability uji impak

3.2. Analisis Rasio Signal-to-Noise (S/N)

Analisis ini tidak hanya memberikan gambaran mengenai pengaruh relatif dari tiap parameter proses, tetapi juga menekankan pentingnya kestabilan dan konsistensi hasil pengelasan terhadap variabilitas yang mungkin terjadi. Oleh karena itu, interpretasi

terhadap nilai S/N ratio menjadi esensial dalam menentukan tingkat dominasi faktor terhadap respon, yakni kekuatan impak sambungan las baja AISI 1040. Nilai S/Nratio dapat dilihat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3. Nilai rasio Signal-to-Noise (S/N) hasil analisis metode Taguchi.

No	Arus (A)	Elektroda	Celah (mm)	Nilai S/N (dB)
1	85	E7016	1.5	26.57
2	85	E7018	2.6	27.49
3	85	E6013	3.2	28.14
4	90	E7016	2.6	28.76
5	90	E7018	3.2	29.28
6	90	E6013	1.5	30.05
7	100	E7016	3.2	28.40
8	100	E7018	1.5	27.85
9	100	E6013	2.6	28.99

Hasil menunjukkan bahwa **arus 90 A** menghasilkan nilai S/N tertinggi, menunjukkan ketabilan dan ketangguhan sambungan yang paling baik. **Elektroda E6013** memberikan nilai S/N tertinggi dibanding E7016 dan E7018, menunjukkan fusi logam yang lebih merata dan penetrasi stabil. Sedangkan **celah akar 3,2 mm** juga cenderung memberikan hasil energi serap tinggi karena memungkinkan penetrasi penuh pada sambungan.

3.2. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode **Brinell (HB)** pada tiga titik: logam induk, daerah HAZ (Heat Affected Zone), dan logam las. Hasil rata-rata kekerasan disajikan pada **Tabel 4** berikut.

Tabel 4. Nilai rata-rata kekerasan hasil las baja AISI 1040.

Lokasi Pengujian	Rata-rata Kekerasan (HB)
Logam Induk	142
Daerah HAZ	157
Logam Las	165

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa **daerah logam las memiliki nilai kekerasan tertinggi (165 HB)**. Hal ini disebabkan oleh pendinginan cepat yang menyebabkan pembentukan struktur mikro yang lebih keras seperti martensit pada area lasan. Sebaliknya, daerah HAZ memiliki kekerasan menengah akibat perubahan struktur mikro sebagian, sementara logam induk tetap pada kekerasan terendah.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa parameter arus pengelasan memiliki pengaruh paling dominan terhadap ketangguhan sambungan las baja AISI 1040. Variasi arus, jenis elektroda, dan celah akar lasan yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi arus 90 A, elektroda E6013, dan

celah akar 1,5 mm memberikan hasil terbaik dengan nilai energi impak tertinggi sebesar 31,8 joule. Kondisi ini menghasilkan sambungan las yang memiliki ketangguhan optimal dan struktur mikro yang lebih homogen. Hasil pengujian kekerasan juga menunjukkan bahwa daerah logam las memiliki nilai kekerasan tertinggi (165 HB) dibandingkan daerah HAZ dan logam induk, yang masing-masing memiliki nilai 157 HB dan 142 HB. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pendinginan cepat pada daerah las menyebabkan terbentuknya struktur yang lebih keras dan kuat. Analisis metode Taguchi membuktikan efektivitasnya dalam menentukan kombinasi parameter optimal dengan jumlah percobaan minimal, sehingga metode ini dapat dijadikan acuan dalam proses pengelasan baja karbon menengah untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas sambungan. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mengidentifikasi hubungan antara parameter pengelasan dan sifat mekanik sambungan, serta memberikan dasar ilmiah untuk perancangan sambungan las yang memiliki ketangguhan tinggi dan performa optimal.

References

1. P. S. Deshmukh and M. Sorte, "Optimization of welding parameters using Taguchi method," *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 3, no. 6, pp. 1391–1396, 2013.
2. A. Abriansyah, A. T. Lestari, and H. Wibowo, "Pengaruh parameter pengelasan terhadap kekuatan impak sambungan las baja karbon sedang AISI 1040," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 25, no. 2, pp. 67–74, 2023.
3. J. Tayier, H. Akbari, and S. Hosseini, "Application of Taguchi design in welding process optimization," *Procedia Manufacturing*, vol. 54, pp. 35–42, 2021.
4. M. Bodude and E. Momohjimoh, "Effect of welding parameters on mechanical properties of mild steel welded joint," *American Journal of Engineering Research*, vol. 4, no. 5, pp. 91–101, 2015.
5. J. Afzal, R. N. Sheikh, and M. A. Khan, "Influence of electrode type on microstructure and toughness of welded joints," *Materials Science Forum*, vol. 1079, pp. 78–86, 2024.
6. M. Jatikusuma and R. Al Huda, "Optimization of medium carbon steel welding parameters using Taguchi method," *Jurnal Rekayasa Material dan Manufaktur*, vol. 4, no. 1, pp. 25–33, 2022.
7. S. H. Mohan, K. V. Reddy, and S. Kumar, "Effect of current and arc length on tensile strength of SMAW joints," *Welding Jurnal*, vol. 94, pp. 122–129, 2015.
8. A. Nugroho, D. Prasetyo, and M. Yulianto, "Analisis pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan baja karbon sedang," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 14–20, 2021.
9. K. A. Al-Jarrah and M. H. Mahdi, "Experimental investigation and optimization of SMAW welding parameters using Taguchi method," *Engineering and Technology Journal*, vol. 40, no. 1, pp. 101–110, 2022.
10. W. R. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 10th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2020.