

Variasi Arus Pengelasan Pada Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Untuk Sambungan Baja Ss400

Danar Ramdan S.D¹, Mohammad Bayu A.R², Giegas Ragabaena P³, Sutrisno⁴, Muhammad Hasan Basri⁵, Doni Dwi Susilo⁶

^{1,2,3,4,5,6} Fakultas Teknik, Prodi Teknik Mesin, Universitas Merdeka Madiun, Jl. Serayu No. 79, Pandean, Kec. Taman, Kota Madiun, Jawa Timur 63133

E-mail: danarramdan95@gmail.com¹, mzbayyalphee@gmail.com², giegas2432002@gmail.com³, sutrisno@unmer-madiun.ac.id⁴, hasanbasri@unmer-madiun.ac.id⁵, donidwisusilo3@gmail.com⁶

Abstract— Pengelasan ini merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa, konstruksi dan reparasi produksi logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) terhadap kekerasan dan kekuatan tarik pada sambungan baja SS400 menggunakan elektroda E6013 berdiameter 3,2 mm. Variasi arus menggunakan arus 80 A, 100 A, 120 A. Setelah proses pengelasan, dilanjutkan dengan pengujian tarik dan pengujian kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi besar arus pengelasan berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekerasan, di mana semakin tinggi arus pengelasan, kekuatan tarik dan kekerasan semakin meningkat. Kekuatan tarik meningkat antara 20%–25%, sedangkan kekerasan meningkat 14,4% dibandingkan dengan raw material. Untuk semua spesimen yang mengalami putus pada daerah HAZ, kekuatan tarik tertinggi didapat pada arus 100 A dengan kenaikan 25,21% dibandingkan dengan raw material. Pada daerah HAZ, kekerasan tertinggi didapat pada arus 120 A sebesar 88 HRB.

Keywords: arus listrik, las SMAW, SS400, kekuatan tarik, kekerasan.

I. PENDAHULUAN

Teknologi di bidang konstruksi terus berkembang pesat, terutama dalam perancangan dan desain produk. Dalam konstruksi las, secara teknis diperlukan keterampilan tinggi dari pengelas agar diperoleh sambungan las yang berkualitas baik. Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran, dan lain sebagainya [1].

Pengelasan merupakan proses penyambungan dua bagian material logam menjadi satu kesatuan atau ikatan metalurgi dengan memanfaatkan energi panas dari peralatan las (mesin las). Dalam proses pengelasan, logam yang dipanaskan akan mengalami perubahan sifat, seperti peningkatan kekuatan tarik dan angka kekerasan yang cukup tinggi. Namun, di sisi lain, logam mengalami penurunan keuletan sehingga menjadi sangat rapuh. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah dislokasi pada bidang kristal yang mengakibatkan logam menjadi metastabil [2].

Proses pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) atau las busur listrik manual dilakukan dengan memanfaatkan panas hasil lompatan arus listrik antara ujung elektroda terbungkus fluks dan permukaan material induk. Panas ekstrem yang tercipta akan mencairkan ujung elektroda sekaligus area sambungan logam untuk membentuk kawah lasan yang menyatu secara metalurgi setelah mendingin. Selama proses ini berlangsung, lapisan fluks pada elektroda ikut terbakar dan menghasilkan gas pelindung serta terak (slag) yang berfungsi menyelimuti cairan logam dari kontaminasi udara luar, sehingga mencegah terjadinya oksidasi atau cacat las. Metode ini dinilai sangat efisien dan fleksibel karena peralatan lasnya yang portabel serta mampu diaplikasikan pada berbagai posisi pengelasan di lapangan [3].

Energi panas yang diberikan pada logam, yang dilanjutkan dengan pendinginan di udara luar seperti pada proses pengelasan, menyebabkan logam mengalami perubahan struktur. Faktor yang memengaruhi kekuatan las antara lain besar-kecilnya arus, tegangan busur, kecepatan pengelasan, besarnya penetrasi, jarak pengelasan, dan polaritas listrik. Jika arus yang

digunakan terlalu tinggi, elektroda akan mencair terlalu cepat. Sebaliknya, jika arus terlalu rendah, akan menyebabkan penyalaan busur listrik sulit dan tidak stabil [6].

Pengaruh panas atau HAZ (Heat-Affected Zone) berubah secara berangsur dari struktur logam induk ke struktur logam las. Pada daerah HAZ yang dekat dengan garis lebur, kristal tumbuh dengan cepat dan membentuk butir-butir kasar. Daerah ini disebut batas las atau daerah pengaruh panas. Struktur butir berubah sesuai dengan siklus termal yang terjadi selama pengelasan. Hal ini disebabkan oleh logam las yang bercampur dengan logam induk memiliki kekerasan tinggi, sedangkan pada HAZ kekerasannya lebih rendah karena mengalami perubahan struktur [4].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang dengan kondisi dan peralatan yang disesuaikan guna memperoleh data tentang pengaruh variasi arus terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada daerah HAZ sambungan las baja SS400.

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan proses, antara lain: Proses pembentukan spesimen benda uji dan pengelasan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Merdeka Madiun. Pengujian tarik dan pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang.

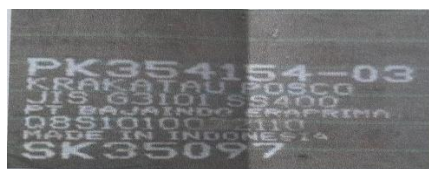
B. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan dan alat yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bahan Penelitian

Spesifikasi material benda uji yang digunakan adalah baja SS400 dengan karakteristik sebagai berikut:

Baja SS400 merupakan baja karbon rendah yang banyak digunakan pada konstruksi karena memiliki sifat mampu las yang baik dan harga relatif ekonomis. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik baja SS400 perlu dilakukan untuk memperoleh parameter pengelasan yang optimal.



Gambar 1. Spesifikasi Baja SS400

- Densidades: 7860 kg/m³
- Modulus Young: 190.000 – 210.000 N/mm²
- Kekuatan tarik : 400 – 510 N/mm²
- Kekuatan luluh (yield) : 205 – 245 N/mm²
- Rasio Poisson: 0,26
- Kekerasan : 160 HB
- Titik lebur: 1430 °C

2. Komposisi Material Baja

Pada praktikum ini menggunakan bahan baja yang terspesifikasi dari beberapa bahan campuran sebagai penyeimbang agar praktikum berjalan dengan mudah.

Tabel 1. Komposisi Material Baja

C	Si	Mn	P	S
0,20	0,35	1,4	0,35	0,35

Data spesifikasi dan tabel komposisi pada gambar, baja SS400 merupakan baja karbon rendah yang memiliki sifat mekanis seimbang dengan kekuatan tarik sebesar 400 – 510 N/mm² serta titik lebur mencapai 1430°C. Karakteristik fisik dan mekanis yang tangguh ini didukung oleh komposisi kimianya yang terdiri dari unsur Karbon (C) sebesar 0,20%, Silikon (Si) 0,35%, Mangan (Mn) 1,4%, serta kandungan Fosfor (P) dan Sulfur (S) masing-masing sebesar 0,35%. Perpaduan komposisi dan sifat mekanis tersebut menjadikan material ini sangat ideal digunakan untuk struktur konstruksi maupun komponen umum yang membutuhkan keandalan tinggi.

3. Elektroda Las

Elektroda atau kawat las adalah suatu benda yang dipergunakan untuk melakukan pengelasan listrik dan mengisi sambungan las yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala.

- Spesifikasi elektroda (filler metal)
- Jenis elektroda : E6013
- Diameter kawat elektroda : 3,2 mm
- Komposisi kimia elektroda (%)

C. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat Untuk Pembuatan Specimen

Alat pembuatan specimen terdiri dari beberapa alat yang digunakan untuk menunjang praktikum ini antara lain.

Tabel 2. Alat Untuk Pembuatan Specimen

NO	Alat	Pengertian	Manfaat/ Kegunaan
1	Geraji Tangan(Hacksaw)	Pengertian: Alat potong manual yang terdiri dari bingkai logam dan mata gergaji tipis bergerigi.	Manfaat: Memudahkan pemotongan material secara manual tanpa memerlukan daya listrik. Kegunaan: Digunakan untuk memotong bahan baku specimen (seperti besi plat atau batang logam) menjadi ukuran yang lebih kecil atau mendekati bentuk kasar yang diinginkan.
2	Ragum (Vice)	Pengertian: Alat penjepit mekanik yang biasanya dipasang pada meja kerja (bench).	Manfaat: Menjaga benda kerja agar tetap stabil, diam, dan tidak bergeser saat dikerjakan.

			Kegunaan: Menjepit spesimen saat kita sedang menggergaji, mengikir, atau melakukan pengukuran agar hasilnya presisi dan aman bagi tangan kita.
3	Jangka Sorong (Vernier Caliper)	Pengertian: Alat ukur presisi yang memiliki tingkat ketelitian hingga 0,01 mm atau 0,05 mm.	Manfaat: Memberikan akurasi tinggi dalam pengukuran dimensi benda. Kegunaan: Mengukur diameter luar, diameter dalam, ketebalan, serta kedalaman spesimen agar sesuai dengan standar atau gambar kerja yang diminta.
4	Mesin Sekrap (Shaping Machine)	Pengertian: Mesin perkakas dengan gerakan utama lurus bolak-balik (horizontal) untuk menyayat material	Manfaat: Mampu meratakan permukaan benda yang kasar dengan efisien. Kegunaan: Digunakan untuk meratakan bidang permukaan spesimen, membuat alur, atau membentuk bidang bertingkat secara mekanis.
5	Mesin Gerinda (Grinding Machine)	Pengertian: Mesin yang menggunakan batu gerinda berputar sebagai alat potong/pengikisnya.	Manfaat: Menghaluskan permukaan dan mencapai toleransi ukuran yang sangat tipis. Kegunaan: Gerinda Tangan: Memotong atau merapikan bekas potongan yang tajam. Gerinda Duduk/Datar: Menghaluskan permukaan spesimen (finishing) agar rata dan mengkilap sebelum diuji.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik material hasil pengelasan dengan variasi arus, yaitu raw material, 80 A, 100 A, dan 120 A. Berdasarkan data pada Tabel, diperoleh nilai tegangan tarik dari masing-masing spesimen menggunakan rumus:

1. Hasil Pengujian Tarik

Dapat diketahui bahwa variasi arus pengelasan berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik material, dimana setelah dilakukan proses pengelasan terjadi peningkatan kekuatan tarik dibandingkan dengan raw material.

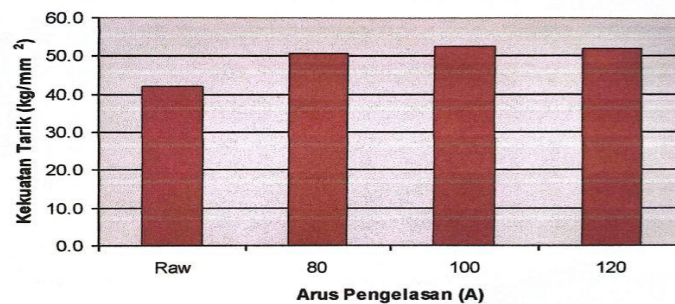
Tabel 3. Hasil Pengujian Tarik

NO	L _o	t _o	b _o	L _f	t _f	b _f	A _o	A _f	p _{max} (kgf)	arus	Tegangan
1	65	5.1	14	75.3	2.2	9.6	71.4	12.12	3000	RAW	42.0
2	65.1	4.4	13.6	72	2	9.6	59.84	19.2	2650	80A	44.3
3	58.3	4.3	13	66.9	2.4	10	55.9	24	3125	80A	55.9
4	60.5	4	13.6	68.6	2.3	9.7	54.4	22.31	2812	80A	51.7
5	69	4	13.9	78	2.5	10.2	55.6	25.5	2987	100A	53.7
6	59.7	4.2	13.6	68	2.2	9.9	57.12	21.78	2850	100A	49.9
7	59.6	3.9	13.6	68.8	2.2	9.8	53.04	21.56	2875	100A	54.2
8	64.3	4	13.6	74.8	2.5	9.4	54.4	23.5	2962	120A	54.5
9	66.6	4	13.9	74.5	2.5	10.2	55.6	25.5	2962	120A	53.3
10	62.1	3.9	13.2	71	2.7	9.6	51.48	25.92	2487	120A	48.3

Proses pengelasan terbukti meningkatkan kekuatan tarik material karena seluruh spesimen las memiliki nilai tegangan yang lebih tinggi dibandingkan raw material (42.0), yang dipengaruhi oleh perubahan struktur mikro pada daerah HAZ (Heat Affected Zone) atau kekuatan logam pengisi. Kekuatan tarik tertinggi berhasil dicapai pada arus 80A (nilai 55.9) dan 120A (nilai 54.5), meskipun variasi arus 100A memberikan nilai kekuatan yang paling konsisten dan stabil. Namun, penggunaan arus yang terlalu tinggi seperti pada sebagian spesimen 120A justru menurunkan kekuatan mekanis material akibat masukan panas (heat input) berlebih yang memicu pengasaran butir logam atau cacat las.

2. Hasil Pengujian Tarik

Dapat diketahui bahwa variasi arus pengelasan berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik material, dimana setelah dilakukan proses pengelasan terjadi peningkatan kekuatan tarik dibandingkan dengan raw material.



Gambar 2. Diagram Hubungan Variasi Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Material

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa:

- Raw material memiliki nilai tegangan tarik sebesar 42,0 kg/mm²
- Arus 80 A memiliki rata-rata tegangan tarik sebesar 50,6 kg/mm²
- Arus 100 A memiliki rata-rata tegangan tarik sebesar 52,6 kg/mm²
- Arus 120 A memiliki rata-rata tegangan tarik sebesar 52,0 kg/mm²

Dari data tersebut terlihat adanya peningkatan kekuatan tarik setelah dilakukan proses pengelasan dibandingkan dengan raw material.



Gambar 3. Hasil Pengujian Tarik

Dari hasil pengujian dan Gambar 3 menunjukkan bahwa pemberian input panas terutama akibat pengelasan akan meningkatkan kekuatan material. Peningkatan kekuatan juga terjadi pada daerah HAZ. Selain itu, kekuatan deposit las sendiri memang sudah cukup tinggi (400–650 N/mm²), hampir seimbang dengan kekuatan raw material.

B. Data Pengujian Kekerasan

Dapat diketahui bahwa variasi arus pengelasan berpengaruh terhadap nilai kekerasan material, dimana setelah dilakukan proses pengelasan terjadi peningkatan kekuatan tarik dibandingkan dengan raw material.

Tabel 4. Pengujian Kekerasan

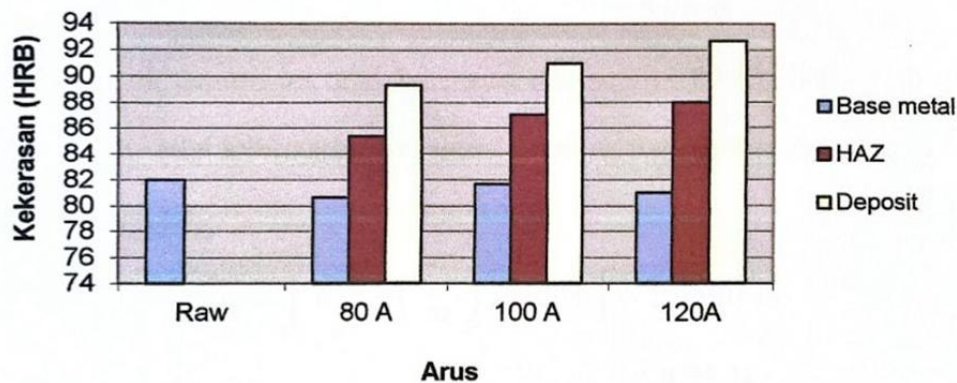
NO	Arus	Daerah	Beban Mayor (KG)	Beban Minor (kg)	Waktu (det)	Jenis Indentor	Warna Skala	Harga Kekerasan (HRB)	Rata-Rata Kekerasan (HRB)
1	80 A	Daerah las	100	10	5	Bola Baja 1/16"	Merah	91 88 89	89,33
2	80 A	Base metal	100	10	5	Bola Baja 1/16"	Merah	81 80 81	80,67
3	100 A	Daerah las	100	10	5	Bola Baja 1/16"	Merah	90 92 91	91
4	100 A	Base metal	100	10	5	Bola Baja 1/16"	Merah	83 82 80	81,67
5	120 A	Daerah las	100	10	5	Bola Baja 1/16"	Merah	93 92 93	92,67
6	120 A	Base metal	100	10	5	Bola Baja 1/16"	Merah	80 82 81	81

7	RAW	-	100	10	5	Bola Baja 1/16''	Merah	83 81 82	82
---	-----	---	-----	----	---	------------------------	-------	----------------	----

Dari hasil pengujian pada arus yang sama baik 80 A, 100 A dan 120 A distribusi kekerasan pada masing-masing daerah adalah sebagai berikut :

Kekerasan tertinggi didapatkan pada daerah deposit las dengan harga kekerasan tertinggi pada arus 120 A, yaitu 92,67 HRB. Disusul kekerasan pada daerah HAZ dengan harga kekerasan tertinggi pada arus 120 A, yaitu 88 HRB. Kekerasan terendah didapatkan pada daerah base metal dengan harga kekerasan tertinggi pada arus 100 A, yaitu 81,67 HRB.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan, maka kekerasan semakin naik pada semua daerah, baik base metal, daerah HAZ maupun daerah las. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya arus, yang semakin besar input panas yang diberikan. Dan dengan laju pendinginan yang cukup besar (pada udara luar), kecenderungan terbentuknya struktur/butiran-butiran kristal martensite yang keras dan getas menjadi semakin tinggi.



Gambatr 4. Diagram Hasil Uji Kekerasan

Dari semua spesimen uji kekerasan, didapatkan nilai kekerasan lebih tinggi jika dibandingkan dengan raw material yang tidak mengalami proses pengelasan. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian kekerasan: semua spesimen yang dititik.



Gambar 5. Hasil Pengujian Kekerasan

Kekerasan tertinggi didapatkan pada daerah deposit las dengan harga kekerasan tertinggi pada arus 120 A, yaitu 92,67 HRB. Disusul kekerasan pada daerah HAZ dengan harga kekerasan tertinggi pada arus 120 A, yaitu 88 HRB. Kekerasan terendah didapatkan pada daerah

base metal dengan harga kekerasan tertinggi pada arus 100 A, yaitu 81,67 HRB. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan, maka kekerasan semakin naik pada semua daerah, baik base metal, daerah HAZ maupun daerah las. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya arus, yang menyebabkan semakin besarnya input panas yang diberikan. Dan dengan laju pendinginan yang cukup besar (pada udara luar), kecenderungan terbentuknya struktur/butiran-butiran kristal martensite yang keras dan getas menjadi semakin tinggi. Dari hasil pengujian pada daerah yang sama, baik pada raw material, daerah HAZ, maupun daerah las, distribusi kekerasan pada spesimen akibat variasi arus pengelasan pada raw material didapatkan bahwa kekerasan naik pada pemakaian arus 100 A, tetapi sedikit menurun pada arus 120 A.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: Pada pengelasan baja SS400, variasi besar arus pengelasan berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik dan kekerasan, yaitu nilai kekuatan tarik dan kekerasan meningkat seiring dengan naiknya arus pengelasan. Nilai kekuatan tarik material meningkat antara 20% dan 25%, sedangkan kekerasan meningkat 14,4% dibandingkan dengan raw material.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada tim penelitian dan dosen pembimbing atas bimbingan serta dukungan yang diberikan dalam penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan baik secara teknis maupun material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Azwinur, A. S. (2020). Journal of Welding Technology. *Pengaruh Arus Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Sambungan Las Double Lap Joint pada Material AISI 1050.*
- [2]Bagus Prasetyo Anggoro, N. S. (2021). Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Tungsten Ingot Gas (TIG) Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Pada Stainless Steel SS304. *Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Tungsten Ingot Gas (TIG) Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Pada Stainless Steel SS304.*
- [3]Bayu Nida Ardiansyah, I. N. (2025). Proses pengelasan pada bak scrup menggunakan pengelasan GTAW di PT. Raika Trinity Indonesia. *Blend Sains Jurnal Teknik.*
- [4]Graciadiana Irena Huka, L. S. (2023). Journal of Mechanical Engineering. *Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GWAM) Terhadap Sifat Mekanis Pada Pipa Seamless.*
- [5]Hidayat, M. (2021). Analisis Kekuatan Uji Bending Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Material SS400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai variasi arus listrik. *Hexagon Journal Technic and Sains.*
- [6]Iqbal Hamdy, H. O. (2020). Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Baja SS400 Menggunakan Metode GMAW. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.*