

## EVALUASI KEKUATAN UJI TARIK PADA PROSES PENGELASAN BUSUR LISTRIK BEDA MATERIAL SPHC DAN S30-C

Abdurahman<sup>1</sup>, Sukarman<sup>2</sup>, Apang Djafar Shieddieque<sup>3</sup>, Safril<sup>4</sup>, Diby Setiawan<sup>5</sup>  
Nana Rahdiana<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana, Jl. Cikopak No. 53, Purwakarta, 41151

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Industri Otomotif, Politeknik STMI Jakarta Jl Letjen Suprpto no.26, Jakarta Pusat, 10510

<sup>5</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mpu Tantular, Jl. Cipinang Besar No.2. 68 Jakarta Timur 13410

<sup>6</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Buana Perjuangan, Jl. Ronggo Waluyo Sirnabaya No.2 Karawang, 41361

Email: [bobby.arn81@gmail.com](mailto:bobby.arn81@gmail.com)<sup>1</sup>, [sukarman@stt-wastukencana.ac.id](mailto:sukarman@stt-wastukencana.ac.id)<sup>2\*</sup>, [apang@stt-wastukencana.ac.id](mailto:apang@stt-wastukencana.ac.id)<sup>3</sup>,  
[safril@kemenperin.go.id](mailto:sufril@kemenperin.go.id)<sup>4</sup>, [dibyosetiawan@mputantular.ac.id](mailto:dibyosetiawan@mputantular.ac.id)<sup>5</sup>, [nana.rahdiana@ubpkarawang.ac.id](mailto:nana.rahdiana@ubpkarawang.ac.id)<sup>6</sup>

### ABSTRAK

*Paper ini membahas tentang pengaruh pengaruh parameter pengelasan busur listrik (shielded metal arc welding-SMAW) terhadap kekuatan pengujian tensile strength. Proses pengelasan shielded metal arc welding merupakan salah satu teknik penyambungan logam yang banyak digunakan. Pada proses pengelasan, beberapa variable yang harus diperhatikan adalah penggunaan kuat arus pengelasan, voltase/tegangan dan diameter filler yang digunakan. Penelitian ini menggunakan metode ekperimental dengan menggunakan material baja carbon rendah SPHC dengan ketebalan 3.0 mm yang digabungkan dengan matrial S30-C. Peneitian dilakukan dengan menggunakan mesin las dengan input power 4.6 kVA. Hasil pengujian mengkonfirmasi bahwa nilai tensile strength tertinggi dicapai pada penyetingan parameter pengelasan kuat arus 135 A, tegangan/ voltase 8 volt dan diameter filler 3.2 mm didapatkan nilai tensile strength tertinggi yaitu 481.74 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk nilai tensile strength terendah dicapai pada penyetingan pengelasan kuat arus 110 A, tegangan/ voltase 9 volt dan diameter filler 3.2 mm dengan nilai 232.21 N/mm<sup>2</sup>.*

**Kata kunci:** Pengelasan busur listrik, Uji tensile strength, Baja karbon rendah, Parameter pengelasan, Diameter filler.

### ABSTRACT

*This paper presented the effect of shielded metal arc welding (SMAW) parameters on the tensile strength test. The welding process of shielded metal arc welding is one of the most widely used metal joining techniques. In the welding process, the variables that must be considered are the use of welding current, voltage and filler diameter. This study used an experimental method using SPHC low carbon steel with a thickness of 3.0 mm joined with the S30-C material. The research was carried out using a welding machine with an input power of 4.6 kVA. The experiment test results showed that the highest tensile strength value in 481.7 N / mm<sup>2</sup>. It was achieved at the setting of the welding current parameter of 135 A, 10 volts of voltage and a filler of diameter of 3.2 mm. Meanwhile, the lowest tensile strength value can be achieved at the welding setting of 110 A, the voltage is 9 volts and the filler diameter is 2.6 mm with a value of 301.55 N / mm<sup>2</sup>.*

**Keywords:** Shielded metal arc welding, Tensile strength test, low-carbon steel, Welding parameter, Filler diameter

### PENDAHULUAN

Pengelasan busur listrik, *shielded metal arc welding* (SMAW) pada penelitian ini digunakan untuk menggabungkan dua material berbeda yaitu material SPHC dan S30-C. Pengelasan SMAW merupakan salah satu proses penggabungan/penyambungan logam yang menggunakan energi panas untuk mencairkan benda kerja dan elektroda (*filler*). Energi panas pada proses pengelasan SMAW dihasilkan karena adanya lompatan ion listrik (katoda dan anoda) yang terjadi pada ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Jenis pelindung yang digunakan pada proses pengelasan SMAW adalah selaput *flux* yang

terdapat pada elektroda. *Flux* pada elektroda SMAW digunakan untuk melindungi logam las dari oksigen pada saat pencairan logam selama proses pengelasan berlangsung. *Flux* ini akan menjadi *slag* ketika sudah padat [1].

Proses pengelasan dan penggabungan material sangat penting untuk pengembangan hampir setiap produk manufaktur. Namun, proses ini sering kali memakan sebagian besar biaya produk dan menciptakan banyak kesulitan produksi daripada yang diharapkan. Ada sejumlah alasan yang menjelaskan situasi ini. Pertama, pengelasan dan penyambungan memiliki banyak segi, baik dalam hal variasi proses (seperti pengikatan, pengikatan perekat, penyolderan, mematri, pengelasan busur, pengikatan difusi, dan pengelasan resistansi [2][3]) dan dalam disiplin ilmu yang diperlukan untuk penyelesaian masalah (seperti mekanik, material sains, fisika, kimia, dan elektronik). Kedua, kesulitan pengelasan/penyambungan biasanya terjadi jauh ke dalam proses pembuatan, di mana nilai relatif dari bagian yang dibuang tinggi. Ketiga, persentase yang sangat besar dari kegagalan produk terjadi pada sambungan karena biasanya terletak pada titik tegangan tertinggi dari suatu rakitan dan oleh karena itu merupakan bagian terlemah dari rakitan itu [4].

Karbon dan baja paduan lebih sering dilas daripada bahan lain karena aplikasinya yang luas dan kemampuan las yang baik. Kesenambungan ini pada prinsipnya disebabkan oleh karakteristik metalurgi dari kemampuan untuk menjalani transformasi *allotropic* (yaitu, mikrostruktur) yang memungkinkan peluang untuk pengerasan dan penguatan melalui transformasi martensitik dan bainitik atau mekanisme presipitasi selain kemampuan untuk mudah dipadukan dengan mekanisme pengendapan yang luas. berbagai elemen.

Baja paling sering diklasifikasikan menurut karbon dan / atau kandungan paduannya. Berbagai klasifikasi telah dikenal dengan berbagai macam jenis, seperti baja karbon biasa, baja karbon-mangan, baja karbon sedang, baja paduan rendah, baja paduan rendah kekuatan tinggi, dan baja paduan mikro. Baru-baru ini, klasifikasi baja baru telah memperkenalkan teknik pemrosesan baja sebagai faktor kategorisasi. Baja ini, yang dikenal dengan berbagai sebutan, paling sering digambarkan sebagai baja *thermal mechanical- controlled processing* (TMCP). Klasifikasi baja karbon menurut kadar carbon dari beberapa referensi terjasi pada tabel 1.

Beberapa penelitian mengenai pengelasan telah banyak dilakukan. *Datta et al.*, melakukan penelitian SMAW dengan menggabungkan material *high strength quenched and tempered plates (Q & T material)* pada proses pembuatan *impeller*. Baja paduan Q & T yang memiliki *tensile strength* minimum 670 MPa memenuhi spesifikasi material SA 517. Penelitian dilakukan untuk menilai ketahanan baja Q&T berkekuatan tinggi yang dikembangkan secara lokal terhadap retakan dingin menggunakan proses pengelasan busur logam terlindung (SMAW). Selain itu juga dievaluasi ketahanan sobek pipih baja dalam kondisi pengelasan yang berbeda. Pengelasan yang sesuai diidentifikasi dan parameter dioptimalkan untuk memastikan sambungan las yang baik. Uji *implant* dan *elastic restraint cracking* (ERC) dilakukan untuk menilai ketahanan retak dingin sambungan las dalam kondisi pengelasan yang berbeda. Pemanasan awal 100° C, rebake sebagian atau penuh, dan masukan panas 14,9 hingga 15,4 KJ / cm menghasilkan nilai batas kelelahan statis/ *static fatigue limit* (SFL) yang jauh melebihi kekuatan minimum luluh yang ditentukan / *minimum specified yield strength* (MSYS) sebesar 670 MPa dan intensitas pengendalian kritis/ *critical restraint intensity* (Kcr) 34.650 MPa, menunjukkan ketahanan retak dingin yang memadai. Uji *lamellar tear* yang dilakukan menggunakan pelat ketebalan penuh pada tingkat masukan panas mulai dari 9,7 hingga 14,4 kJ / cm [5].

Hasil uji *weld restraint loads* (WRL) didapatkan pada rentang 510-685 MPa dan tidak menunjukkan adanya kejadian robekan pipih secara *visual*, ultrasonik, dan makro pada empat bagian pemeriksaan. Sambungan las, berdasarkan parameter pengelasan yang dioptimalkan, menunjukkan kekuatan tarik yang memadai (812,4 MPa) dan ketangguhan impak pada suhu -40°C adalah 88,3 dan 63,4 J (9,2 dan 6,6 kg-m) pada area *weld metal* (WM), dan *heat-affected zone* (HAZ) [5].

Penelitian lanjutan dilakukan oleh *Kah et al.*, dengan melakukan penelitian pengelasan SMAW terkait dengan pengaruh pengaturan parameter proses pengelasan pada deposisi bentuk gelombang. Diketahui bahwa kemampuan las yang baik, sifat sambungan mekanis yang baik, dan efisiensi proses yang dapat diterima dapat diperoleh untuk lembaran tipis melalui regulasi sumber daya tingkat lanjut, terutama pada sirkuit pendek, polaritas terkontrol, dan gerakan kawat elektroda. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi masukan panas, menekan fenomena percikan berbahaya, dan meningkatkan fleksibilitas proses pengelasan. Proses pengelasan SMAW yang dimodifikasi cocok untuk lembaran logam yang lebih tipis, penghubung celah, jalur akar, dan bahan seperti baja tahan karat, serta lembaran logam yang sensitif terhadap panas dan berlapis. Beberapa proses SMAW yang dimodifikasi memiliki kemampuan penyambungan material yang berbeda [6].

Tabel 1. Klasifikasi baja karbon menurut kandungan karbon [4][7]

Ref.	Baja carbon rendah (Low-carbon steel)	Baja lunak (Mill- steel)	Baja carbon medium (Medium-carbon steel)	Baja carbon tinggi (High-carbon steel)
[8]	$\leq 0.15$	0.15-0.30	0.30-0.50	0.50-1.00
[9]	$\leq 0.15$	0.15-0.35	0.35-0.60	0.60-1.0
[10]	$\leq 0.3$	-	0.30-0.60	$> 0.6$
[11]	$\leq 0.3$	$\leq 0.25$	0.30-0.60	0.60-1.00

*Karuthapandi et al.*, meneliti hubungan antara karakteristik makrostruktural manik las dan parameter pengelasan pada las busur logam gas (GMAW) menggunakan elektroda kawat datar. *Bead-on-plate weld* dibuat dengan elektroda kawat pipih dan kombinasi parameter masukan yang berbeda (yaitu, arus pengelasan, kecepatan pengelasan, dan orientasi elektroda kawat pipih). Karakteristik struktur makro dari manik las, yaitu deposisi, lebar manik, lebar total manik, tinggi tulang, kedalaman penetrasi, dan kedalaman HAZ diselidiki. Teknik pemetaan digunakan untuk mengukur karakteristik ini di berbagai segmen zona pengelasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan elektroda kawat datar meningkatkan rasio kedalaman terhadap lebar (D/W) rata-rata sebesar 16,5% dibandingkan dengan rasio D/W ketika elektroda biasa digunakan di GMAW. Selanjutnya, model logika *fuzzy* dibuat untuk memprediksi pengaruh penggunaan elektroda datar terhadap profil bentuk las dengan parameter masukan yang bervariasi. Prediksi model dibandingkan dengan hasil eksperimen.

Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan teknik pengelasan SMAW untuk menggabungkan material SPHC dan S30-C. Metode penelitian menggunakan matrik tiga parameter dan dengan dua replikasi/pengulangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter pengelasan dengan kekuatan tarik (*tensile strength*) tertinggi dari kombinasi parameter yang digunakan.

## METODE PENELITIAN

### Material

Penelitian pengelasan SMAW ini menggunakan material pelat SPHC 3.0 mm dan besi as (*round bar*) S30-C diameter 12.0 mm. Mengacu klasifikasi baja dan kadar karbon pada tabel 1, maka material S30C termasuk pada baja karbon medium karena kandungan karbonnya sekitar 0.323%. Sedangkan untuk pelat SPHC termasuk baja karbon rendah karena kadar karbon didalamnya sekitar 0.0268%.

Komposisi kimia sangat penting untuk menentukan jenis *filler* yang digunakan. Penentuan *filler* bertujuan untuk memastikan bahwa *melting point* sesuai dengan based metal yang akan digabungkan. Untuk mengetahui *melting point* maka penting untuk dilihat dari kandungan carbon material *based metal*

yang akan digabung. Komposisi kimia dan sifat-sifat mekanik material pelat SPHC dan round bar S30-C berturut-turut tersaji pada tabel 2 dan 3.

Banyak hal yang harus diperhatikan ketika memilih *filler* untuk proses welding. Beberapa parameter mendasar adalah dengan menyesuaikan sifat mekanik logam dasar dan menentukan komposisi kimia *filler* dengan logam dasar sedekat mungkin. Parameter lainnya adalah dengan menyesuaikan *filler*/elektroda dengan ketersediaan catu daya yang tersedia, posisi pengelasan, desain sambungan yang digunakan. Dengan memperhatikan komposisi kimia dan sifat-sifat mekanik yang digunakan maka dipertimbangkan untuk memilih *filler* dengan spesifikasi yang memenuhi AWS E6013. Sifat sifat mekanik dari *filler* dengan spesifikasi AWS E6013 tersaji pada tabel 4.

Tabel 2 Komposisi kimia material spesimen

Unsur- unsur	SPHC (%)		S30-C (%)	
	JIS G 3131 [12]	Spesimen	JIS G 4051 [13]	Spesimen
C	≤ 0,15	0,0268	0,27 - 0,33	0,323
Si	≤ 0,05	0,0192	0,15 - 0,35	0,268
Mn	≤ 0,60	0,198	> 0,6 - 0,9	1,13
P	≤ 0,035	0,0125	< 0,03	0,008
S	≤ 0,035	0,0141	< 0,035	0,009

Tabel 3. Sifat-sifat mekanik material

Karakteristik material	SPHC (%)		S30-C (%)	
	JIS G 3131 [12]	Spesimen	JIS G 4051 [13]	Spesimen
Tensile strength	≤ 0,15	0,0268	0,27 - 0,33	0,323
Yield strength	≤ 0,05	0,0192	0,15 - 0,35	0,268
Hardness	≤ 0,60	0,198	> 0,6 - 0,9	0.710

Material yang digunakan tersaji pada gambar berikut:



Gambar 1. Material SPHC dan S30-C

Tabel 4. Sifat-sifat mekanik filler AWS E6013

Mechanical properties	Standard [14]	Actual (Mil Certificate)
UTS (MPa)	≥ 270	316
YS (MPa)	≤ 240	179
Elongation (%)	≥ 46	46
Harness (HRB), max.	≤ 57.	44.1

Sementara itu komposisi kimia *filler* yang digunakan tersaji pada tabel 5.

### Desain Pengelasan

Tipe pengelasan pada poros traktor digabung dengan tipe pengelasan *t-joint*. Tipe pengelasan pada poros traktor yang tersaji pada gambar 2. Pada gambar terlihat poros traktor dilas pada pelat 5 mm dengan dimensi sekitar 100 x 100 mm. Untuk mempermudah pengujian uji tarik, maka pengelasan pada sample uji disesuaikan dengan kondisi pengelasan poros yang digunakan pada *tractor*. Sample uji tarik diproses pengelasan dengan tipe sambungan *t-joint* dan dibuat sesuai dengan gambar 3.

Tabel 5. Komposisi kimia filler AWS E6013

Unsur	Standard [2]	Aktual
C	$\leq 0.12$	0.0343
Mn	$\leq 0.5$	0.205
S	$\leq 0.45$	0.0032
P	$\leq 0.40$	0.0077
Si	-	0.002



Gambar 2. Poros roda traktor

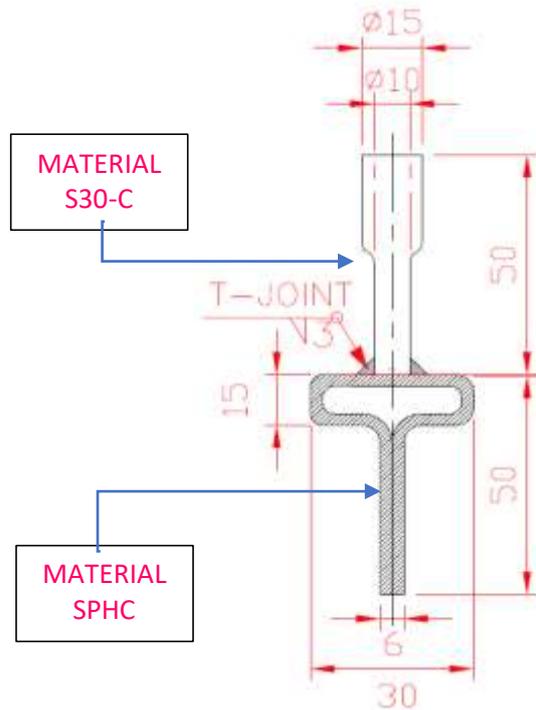
Proses penelasan *t-joint* dilakukan dengan metode sebagai berikut:

- Material SPHC dilakukan proses bending mengikuti dimensi gambar 3.
- Material S30-C dilakukan proses machining mengikuti dimensi pada gambar 3. Proses *finishing* dilakukan dengan proses buffing dengan menggunakan amplas dengan grade 200, 400, 600, 800, dan 1000.
- Selanjutnya dilakukan proses pengelasan dengan type *t-joint* dengan besaran kampuh las sekitar 3 mm. Proses pengelasan ini dilakukan oleh operator *welder* yang memenuhi kualifikasi kelas I.
- Proses pengelasan tersaji pada gambar 4.

### Paremater Pengelasan dan Pengujian

- Parameter pengelasan untuk sampla uji tarik tersaji pada tabel 6. Setiap parameter pada sample uji dibuat 2 buah untuk dilakukan uji tarik.
- Pengujian uji tarik tegangan geser dilakukan di Laboratorium Balai Besar Bahan dan Bahan Teknik Bandung. Uji tarik las bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik tertinggi dari kombinasi

parameter yang digunakan. Pengujian mengacu pada standard ASTM E8, *Method for Tensile Test for Metallic Materials* [15]. Pengujian dilakukan dengan menarik spesimen uji dengan besaran gaya dan kecepatan tertentu [16][17]. Proses dan skema pengujian ditunjukkan pada gambar 5.



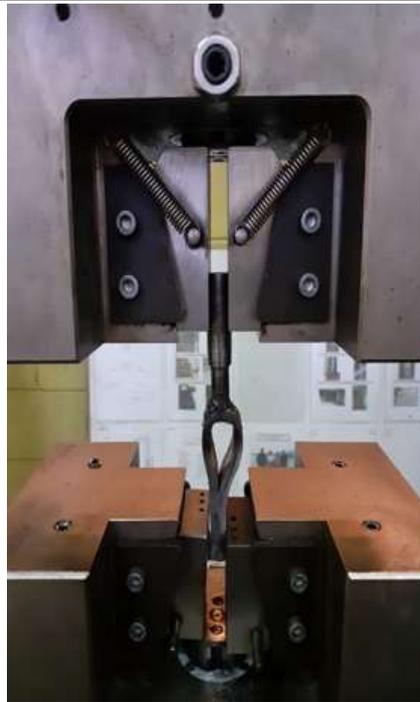
Gambar 3. Sambunagn *t-joint* pada sample uji tarik



Gambar 4. Proses pengelasan SMAW

Tabel 6. Parameter pengelasan SMAW

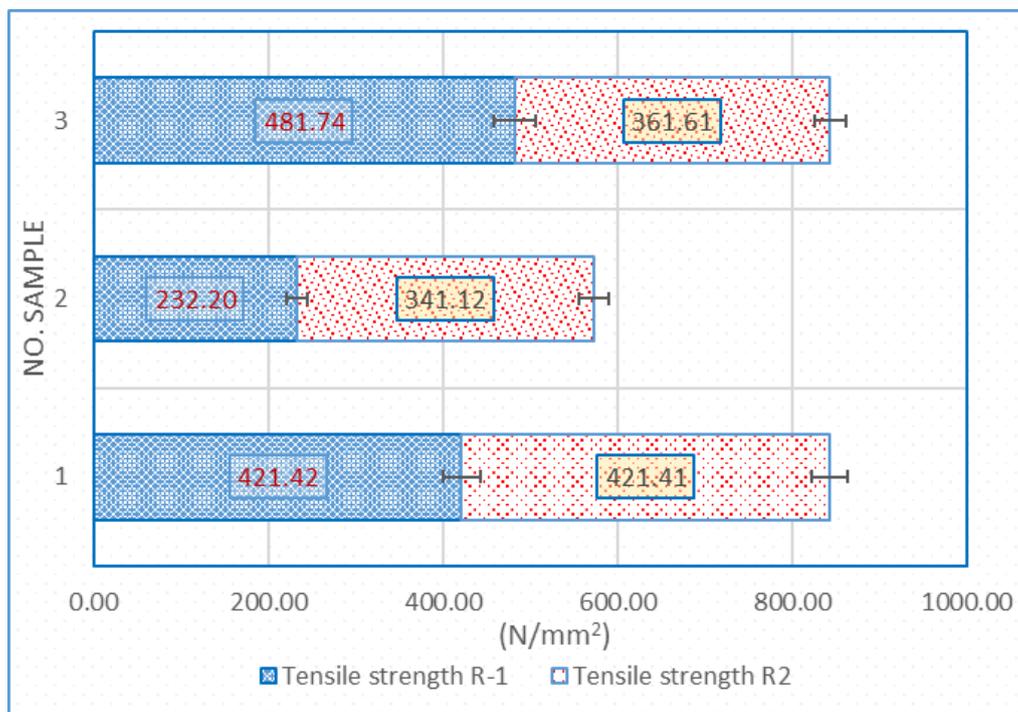
No Sample	Parameter		
	Ampere (A)	Voltase (V)	Diameter <i>Filler</i> (mm)
1	90	8	2.0
2	110	9	3,2
3	135	8	3,2



Gambar 5. Pengujian *tensile strength*

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sample-sample pengelasan dilakukan pengujian *tensile strength*. Hasil pengujian *tensile strength* untuk ketiga sample tersaji pada gambar 6. Hasil pengujian *tensile strength* pada replica R-1 dan R-2 pada sample ke-1 berturut-turut didapatkan nilai 421.42 N/mm<sup>2</sup> dan 421.41 N/mm<sup>2</sup>, pada sample ke-2 berturut-turut didapatkan nilai 232.20 N/mm<sup>2</sup> dan 341.12 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan pada sample ke-3 berturut-turut didapatkan nilai 481.74 N/mm<sup>2</sup> dan 361.61 N/mm<sup>2</sup>. Data pengujian *tensile strength* tersaji pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil uji *tensile strength*

Dari data pengujian di atas diketahui bahwa hasil pengujian *tensile strength* tertinggi didapatkan pada sample ke-3 pada replikasi ke-1 dengan nilai sebesar 481.74 N/mm<sup>2</sup>. Kondisi ini dicapai pada penyetingan pengelasan kuat arus 135 A, tegangan/ voltase 8 volt dan diameter *filler* 3.2 mm. Sedangkan hasil pengujian *tensile strength* terendah didapatkan pada sample ke-2 pada replikasi ke-1 dengan nilai sebesar 232.20 N/mm<sup>2</sup>. Kondisi ini dicapai pada penyetingan pengelasan kuat arus 110 A, tegangan/ voltase 9 volt dan diameter *filler* 3.2 mm. Penelitian ini mengkonfirmasi bahwa parameter kuat arus merupakan variable yang mempengaruhi kekuatan *tensile strength* pada proses pengelasan [18] [19] [20].

## KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, sampel baja SPHC dengan ketebalan 3.0 mm dan S30-C diameter 10 digunakan sebagai objek penelitian untuk menginvestigasi pengaruh penyetingan pengelasan kuat arus, tegangan/ voltase volt dan diameter *filler* terhadap pengujian *tensile strength* radius. Hasil pengujian pada penyetingan pengelasan kuat arus 135 A, tegangan/ voltase 8 volt dan diameter *filler* 3.2 mm didapatkan nilai *tensile strength* tertinggi yaitu 481.74 N/mm<sup>2</sup>, Sedangkan untuk nilai *tensile strength* terendah dicapai pada penyetingan pengelasan kuat arus 110 A, tegangan/ voltase 9 volt dan diameter *filler* 3.2 mm dengan nilai 232.21 N/mm<sup>2</sup>. Pada penelitian ini mengkonfirmasi bahwa kuat arus dan diameter *filler* secara proporsional mempengaruhi *tensile strength*, sedangkan parameter voltase tidak secara konsisten mempengaruhi *tensile strength* secara linear. Penelitian lanjutan akan dilakukan untuk optimasi parameter pengelasan dengan menggunakan metode Taguchi.

## REFERENSI

- [1] H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, 8th ed. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2000.
- [2] Sukarman, A. Abdulah, D. A. Rajab, and C. Anwar, "Optimization of Tensile-Shear Strength in the Dissimilar Joint of Zn-Coated Steel and Low Carbon Steel," *Automot. Exp.*, vol. 3, no. 3, pp. 115–125, 2020.
- [3] A. Abdulah and S. Sukarman, "OPTIMASI SINGLE RESPONSE PROSES RESISTANCE SPOT WELDING," *Multitek Indones. J. Ilm.*, vol. 6223, no. 2, pp. 69–79, 2020.
- [4] D. L. Olson, S. Thomas A., S. Liu, and G. R. Edwards, *Welding, brazing, and soldering*, vol. 6. ASM International, 1990.
- [5] R. Datta, D. Mukerjee, S. Jha, K. Narasimhan, and R. Veeraraghavan, "Weldability characteristics of shielded metal arc welded high strength quenched and tempered plates," *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 11, no. 1, pp. 5–10, 2002.
- [6] P. Kah, R. Suoranta, and J. Martikainen, "Advanced gas metal arc welding processes," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 67, no. 1–4, pp. 655–674, 2013.
- [7] R. Nana, dkk, "Analisis Pengaruh Radius Bending Pada Proses Bending Menggunakan Pelat Spcc-Sd Terhadap Perubahan," vol. 01, no. 01, pp. 1–10, 2020.
- [8] AWS, *WELDING HANDBOOK*, vol. 4, no. 7th. 1982.
- [9] G. E. LINNEERT, *WELDING METALLURGY*, 4th ed. American Welding Society, 1994.
- [10] S. Kalpakjian and S. Schmid, *MANUFACTURING PROCESSES FOR ENGINEERING MATERIALS*. 1984.
- [11] ASM HANDBOOK, *PROPERTIES AND SELECTION: IRONS, STEELS, AND HIGH-PERFORMANCE ALLOYS*. ASM International, 1990.

- 
- [12] Japanese Industrial Standard, *JIS G 3131 Hot-rolled mild steel plates, sheet and strip Title*. 2010.
- [13] Japanese Industrial Standard, *JIS G 4051 Carbon steels for machine structural use*. 2016.
- [14] S. Sukarman *et al.*, “Optimization of Tensile-Shear Strength in the Dissimilar Joint of Zn-Coated Steel and Low Carbon Steel,” vol. 3, no. 3, pp. 115–125, 2020.
- [15] ASTM International, *ASTM E8/E8M Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. 2013.
- [16] E. Gunawan, S. Sukarman, A. D. Shieddieque, and C. Anwar, “Optimasi Parameter Proses Resistance Spot Welding pada Pengabungan Material SECC-AF,” no. September, 2019.
- [17] S. T. Pasaribu, S. Sukarman, A. D. Shieddieque, and A. Abdulah, “Optimasi Parameter Proses Resistance Spot Welding pada Pengabungan Beda Material SPCC,” 2019, no. September.
- [18] L. Pérez Pozo, Z. Fernando Olivares, and A. Orlando Durán, “Optimization of welding parameters using a genetic algorithm: A robotic arm-assisted implementation for recovery of Pelton turbine blades,” *Adv. Mech. Eng.*, vol. 7, no. 11, pp. 1–17, 2015.
- [19] K. Vignesh, A. E. Perumal, and P. Velmurugan, “Optimization of resistance spot welding process parameters and microstructural examination for dissimilar welding of AISI 316L austenitic stainless steel and 2205 duplex stainless steel,” pp. 455–465, 2017.
- [20] A. G. Thakur and V. M. Nandedkar, “Optimization of the Resistance Spot Welding Process of Galvanized Steel Sheet Using the Taguchi Method,” pp. 1171–1176, 2014.