



Analisis Cacat Permukaan dan Kekerasan pada *Stainless Steel* 304 Hasil Pengelasan TIG dengan dan Tanpa Filler Rod

Analysis of Surface Defects and Hardness in 304 Stainless Steel from TIG Welding With and Without Filler Rod

Ardian Rama¹, Aan Burhanuddin^{1*}, Wardatul Jannah¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang, Indonesia

*Corresponding author

E-mail: aanburhanudin@upgris.ac.id

INFO ARTIKEL

Kata kunci:
Baja tahan karat 304;
Filler Rod;
Dye Penetrant;
Gas Tungsten Arc Welding;
Kekuatan Tarik
Keywords:
Dye Penetrant;
Filler Rod;
Gas Tungsten Arc Welding;
Tensile Strength;
Stainless Steel 304

Received: 10 Mei 2026
Revised: 17 Juni 2026
Online published: 30 Juni 2026

ABSTRAK

Baja tahan karat 304 merupakan material yang sering dijumpai diberbagai macam industry seperti peralatan pada fasilitas Kesehatan. Hasil pengelasan menggunakan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) sering ditemui dalam fasilitas rumah sakit, akan tetapi hasil pengelasan masih memiliki kekurangan seperti kekuatan mekanik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas sambungan las pada material *stainless steel* 304 yang diaplikasikan pada peralatan fasilitas kesehatan dengan membandingkan penggunaan filler rod dan tanpa filler rod melalui proses pengelasan GTAW. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan metode *dye penetrant* untuk mengidentifikasi adanya cacat permukaan seperti diskontinuitas atau porositas, serta pengujian kekuatan tarik untuk menentukan integritas mekanik dari hasil pengelasan tersebut. Hasil pengujian tarik menunjukkan penggunaan filler pada proses pengelasan menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibanding dengan pengelasan tanpa filler serta pengelasan menggunakan ampere 90 A menghasilkan kekuatan tarik tertinggi. Hal tersebut selaras dengan hasil pengujian foto makro yang menunjukkan sambungan las lebih jelas terlihat pada hasil pengelasan.

ABSTRACT

304 stainless steel is a material often found in various industries such as equipment in healthcare facilities. Welding results using *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) are often found in hospital facilities, however, the welding results still have shortcomings such as mechanical strength. This study aims to analyze the quality of welded joints on 304 stainless steel material applied to healthcare facility equipment by comparing the use of filler rods and without filler rods through the GTAW welding process. Evaluation was carried out using the dye penetrant method to identify surface defects such as discontinuities or porosity, as well as tensile strength testing to determine the mechanical integrity of the welding results. The tensile test results showed that the use of filler in the welding process produced a higher tensile strength compared to welding without filler and welding using 90 A ampere produced the highest tensile strength. This is in line with the results of macro photography testing which showed that the welded joints were more clearly visible in the welding results.

1. Pendahuluan

Baja tahan karat austenitik tipe 304 (*stainless steel* 304) adalah material struktural yang secara luas digunakan di berbagai sektor industri, seperti manufaktur, petrokimia, dan pangan, karena perpaduan yang sangat baik antara ketahanan korosi dan sifat mekanik [1]. Pengaplikasian material ini juga sangat digemari di lingkungan yang korosif, seperti media air laut, karena memiliki laju korosi yang sangat rendah dibandingkan baja karbon biasa [2]. Secara fundamental keilmuan material, masukan panas selama fabrikasi maupun perlakuan panas (*heat treatment*) akan sangat menentukan struktur butir akhir yang berdampak langsung pada kualitas mekanik material tersebut [3].

doi

ISSN xxxxxxxx (online), xxxx (print)/© 2026.

Tire is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Proses penyambungan fabrikasi material SS 304 umumnya menggunakan metode *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) atau *Tungsten Inert Gas* (TIG). Metode ini dipilih karena kemampuannya menghasilkan busur yang stabil sehingga dapat menciptakan sambungan las yang presisi, bersih, dan berkualitas tinggi pada material paduan [4]. Dalam proses pengelasan GTAW, kualitas fisik dan mekanik sambungan sangat dipengaruhi oleh besaran masukan panas (*heat input*) yang ditentukan oleh pengaturan arus pengelasan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa variasi arus pada pengelasan GTAW memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai kekuatan tarik material SS 304, di mana arus menentukan tingkat fusi dan peleburan logam induk [5]. Namun, apabila tingkat masukan panas tidak optimal, hal ini akan memicu munculnya cacat permukaan seperti undercut, porositas, maupun retak mikro. Pengujian menggunakan deteksi *dye penetrant test* pada sambungan pipa SS 304 membuktikan bahwa persentase cacat las cenderung meningkat secara signifikan akibat pengaturan arus yang tidak tepat [6].

Selain parameter arus listrik, aplikasi bahan tambah (*filler rod*) menjadi variabel krusial yang mengontrol karakteristik akhir sambungan. Berdasarkan studi literatur mengenai metode pengelasan pada stainless steel, pengelasan yang menggunakan filler rod (*non-autogenous*) secara umum mampu menghasilkan kekuatan mekanik yang lebih tinggi dibandingkan tanpa filler rod (*autogenous*) [7]. Pada penelitian Ali dkk, tahun 2026 menunjukan bahwa peningkatan arus pengelasan TIG mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan AISI 304. Pengelasan dengan arus 125 A menunjukan kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan 100 A [8].

Meskipun banyak literatur telah mengkaji pengaruh kuat arus maupun deteksi cacat secara terpisah, masih sangat terbatas penelitian eksperimental yang membandingkan secara langsung pengaruh pengelasan *autogenous* dan *non-autogenous* yang dikombinasikan dengan variasi arus bertingkat terhadap karakteristik sambungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis cacat permukaan menggunakan metode uji tak merusak (*non-destructive test*) *dye penetrant* serta menguji tingkat kekuatan tarik pada plat *stainless steel* 304 hasil pengelasan GTAW. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan penggunaan bahan tambah (dengan dan tanpa filler rod) pada rentang arus 70 A, 80 A, dan 90 A. Melalui komparasi ini, diharapkan dapat ditemukan parameter pengelasan yang paling optimal guna meminimalisir cacat permukaan sekaligus meningkatkan performa mekanik sambungan las.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian eksperimental ini adalah pelat baja tahan karat (*stainless steel*) tipe AISI 304. AISI 304 memiliki komposisi kimia Kromium 17.5-19.5%, Nikel 8-10.5%, Karbon 0.07%, Mangan 2%, Silikon 0.75%, Fosfor 0.045%, dan sulfur 0.03%. Adapun kekuatan mekanik dari material tersebut sebagai berikut: kekuatan tarik >515 MPa, kekuatan luluh 205 MPa, elongasi >40% dan kekerasan 92HRB. Proses penyambungan material menggunakan mesin las *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Bahan tambah (*filler rod*) yang digunakan pada pengelasan *non-autogenous* adalah kawat las tipe ER308L yang secara metalurgi memiliki kecocokan tinggi untuk penyambungan SS 304. Filler tipe ER308L memiliki spesifikasi Karbon 0.03%, Kromium 19.5-22.0%, Nikel 9-11%, Mangan 1-2.5%, Silikon 0.3-0.65%, Phosphorus 0.03%, Sulfur 0.03%, Molybdenum 0.75% dan Tembaga 0.75%. Adapun spesifikasi kekuatan mekanik dari filler tersebut adalah kekuatan tarik 580-597 MPa, kekuatan luluh sebesar 400-407 MPa dengan elongasi 35-42%. *Elektrode non-consumable* yang digunakan adalah jenis tungsten, dengan gas pelindung berupa argon murni untuk menjaga stabilitas busur dan melindungi kawah las dari kontaminasi atmosfer. Selain itu, digunakan satu set cairan kimia *dye penetrant* yang terdiri dari *cleaner*, penetrant merah, dan *developer* putih untuk keperluan uji tak merusak.

2.2 Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium untuk membandingkan karakteristik sambungan las. Tahapan pengelasan dilakukan dengan mengacu pada prinsip dasar pengelasan busur gas yang mengedepankan kebersihan permukaan dan kontrol parameter yang ketat guna menghindari kontaminasi pada daerah lasan [9]. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi: (1) metode pengelasan, yaitu tanpa bahan tambah (*autogenous*) dan dengan bahan tambah (*non-autogenous*); serta (2) variasi kuat arus pengelasan sebesar 70 A, 80 A, dan 90 A. Prosedur operasional pengelasan mengikuti pedoman teknis yang direkomendasikan dalam standar AWS C5.5/C5.5M [4]. Keseluruhan spesimen disiapkan dengan dimensi yang seragam untuk memastikan data yang diambil bersifat komparatif dan valid.

2.3 Pengujian

Pengujian dilakukan melalui dua tahapan utama untuk mendapatkan data fisik dan mekanik yang komprehensif. Pengujian Cacat Permukaan (*dye penetrant test*): Tahapan pengujian ini dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan diskontinuitas permukaan seperti porositas, *undercut*, atau retak setelah proses pengelasan. Prosedur pengujian dijalankan berdasarkan standar

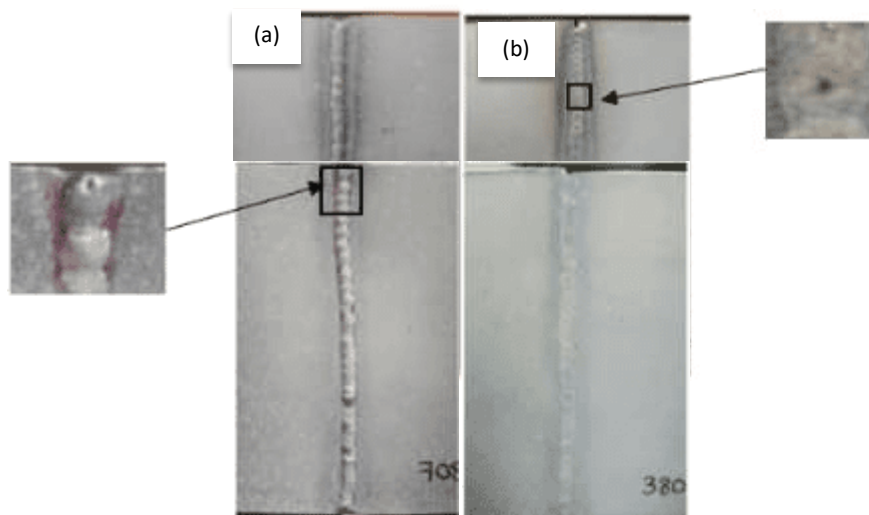
ASTM E165/E165M-18 [10], yang meliputi tahap pembersihan awal, aplikasi penetrant dengan dwell time tertentu, pembersihan sisa penetrant, dan aplikasi developer untuk memunculkan indikasi cacat yang tertinggal di celah permukaan. Pengujian Tarik (*tensile test*): Pengujian merusak ini dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik maksimum spesimen. Bentuk dan dimensi spesimen uji tarik dikerjakan dengan mesin potong mengikuti standar geometris ASTM E8/E8M-21 [11]. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tarik universal dengan mencatat beban maksimum hingga spesimen mengalami kegagalan atau putus. Nilai tegangan tarik kemudian dihitung berdasarkan perbandingan beban maksimum terhadap luas penampang awal spesimen.

3. Hasil dan Pembahasan

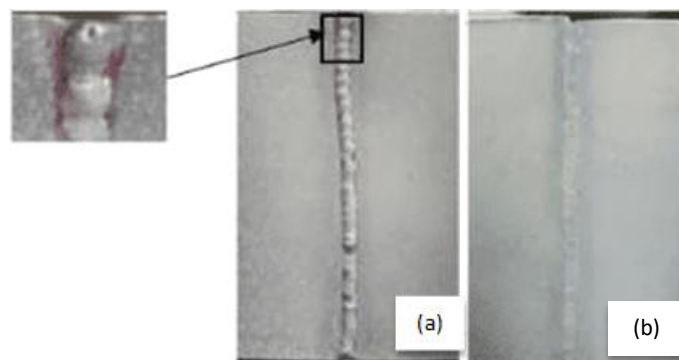
3.1 Hasil Analisis Cacat Permukaan (*Dye Penetrant Test*)

Pengujian *dye penetrant* dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan diskontinuitas atau cacat terbuka pada permukaan sambungan las. Berdasarkan kriteria keberterimaan pada standar *structural welding code AWS D1.6* [12], hasil pengamatan visual menunjukkan adanya variasi kualitas permukaan yang dipengaruhi oleh parameter arus dan keberadaan *filler rod*. Data rekapitulasi pada tabel 1 menunjukkan bahwa spesimen *autogenous* pada arus 70A memiliki tingkat kecacatan tertinggi berupa undercut yang memanjang dan porositas seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Sejalan dengan temuan Simarmata [6], hal ini terjadi karena panas yang tidak mencukupi untuk meleburkan logam induk secara sempurna, sehingga meninggalkan celah pada batas lasan.

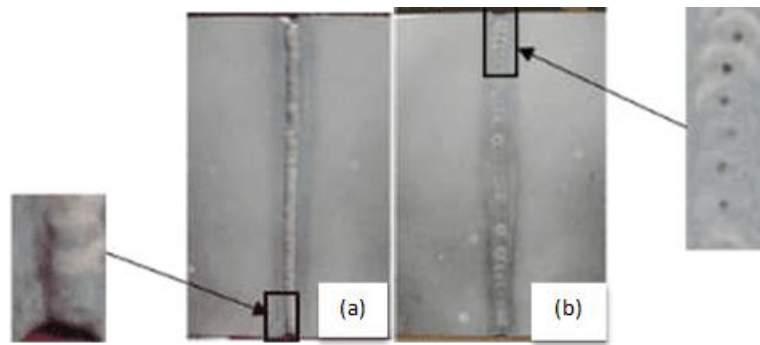
Sebaliknya, pada spesimen dengan filler rod di arus 90A, permukaan lasan tampak jauh lebih bersih dan memenuhi standar kualitas pengelasan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Penggunaan metode uji tak merusak ini sangat krusial dalam memastikan integritas struktur sambungan sebelum dilakukan pembebanan mekanik, sebagaimana ditegaskan dalam studi Nugroho dkk. [13] mengenai pentingnya analisis cacat untuk menjamin keamanan hasil fabrikasi logam. Visualisasi indikasi cacat merah pada permukaan spesimen dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hasil uji penetrant 70A (a) dengan *filler* dan (b) tanpa *filler*.



Gambar 2. Hasil uji penetrant 80A (a) dengan *filler* dan (b) tanpa *filler*.



Gambar 3. Hasil uji penetrant 90A (a) dengan *filler* dan (b) tanpa *filler*.

Tabel 1. Hasil pengujian penetrant.

Variasi	Metode Pengelasan	Indikasi Cacat Permukaan
70A	Tanpa <i>Filler</i>	Porositas
	Dengan <i>Filler</i>	Tidak ada cacat (bersih)
80A	Tanpa <i>Filler</i>	Tidak ada cacat (bersih)
	Dengan <i>Filler</i>	<i>Undercut</i>
90A	Tanpa <i>Filler</i>	Porositas
	Dengan <i>Filler</i>	<i>Undercut</i>

3.2 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Kekuatan mekanik sambungan, khususnya Tegangan Tarik Maksimum (*Ultimate Tensile Strength*), sangat dipengaruhi oleh parameter arus dan metode pengelasan seperti yang terlihat pada gambar 4. Hasil pengujian tarik dapat dilihat secara komparatif pada grafik di gambar 2. Secara perhitungan mekanik standar, nilai tegangan tarik σ didapatkan dengan membagi beban tarik maksimum F dengan luas penampang awal spesimen uji A . Format perhitungan tersebut merujuk pada Persamaan (1) berikut:

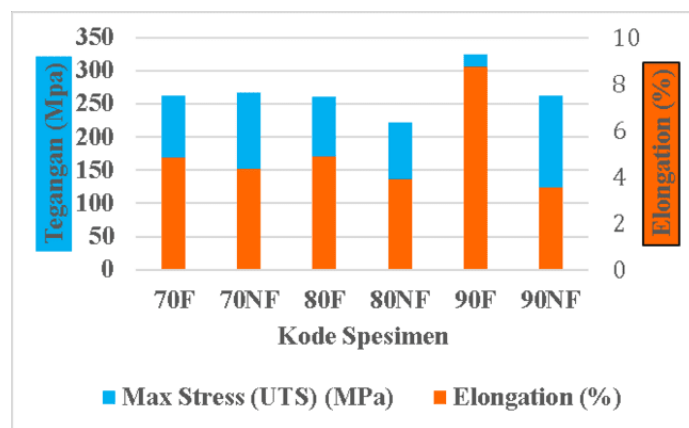
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Data hasil pengujian menunjukkan tren peningkatan kekuatan tarik seiring dengan bertambahnya kuat arus listrik. Spesimen 90F (Arus 90A dengan *Filler*) mencatatkan nilai tertinggi sebesar 323,90 MPa. Fenomena peningkatan kekuatan ini terjadi karena masukan panas yang lebih tinggi pada 90A menghasilkan fusi yang lebih dalam dan area ikatan yang lebih luas antara logam induk dan logam pengisi [5]. Hasil ini memiliki korelasi yang kuat dengan penelitian Santoso & Putra [14] yang menyebutkan bahwa pengaturan kuat arus yang tepat pada SS 304 secara langsung meningkatkan ketangguhan dan tegangan tarik sambungan las TIG.

Perbandingan antara metode autogenous dan non-autogenous menunjukkan bahwa penggunaan filler rod ER308L secara konsisten memberikan hasil yang lebih unggul. Hal ini disebabkan oleh penambahan unsur paduan dari kawat las yang memperkuat struktur mikro di zona logam las (*weld metal*). Temuan ini didukung oleh studi Kumar & Singh [15] yang menyatakan bahwa pemilihan parameter TIG dan penggunaan bahan tambah ER308L pada material SS 304 secara efektif memperbaiki sifat mekanik dan mikrostruktur sambungan dibandingkan pengelasan tanpa bahan tambah. Perbandingan nilai UTS untuk seluruh variasi disajikan dalam gambar 2.

Tabel 2. Data hasil pengujian tarik

Arus	Kode Spesimen	Luas (A_0) (mm ²)	Yield Point (N)	Yield Stress (MPa)	Max Load (N)	Max Stress (UTS) (MPa)	Elongation (%)
70A	70F	37.200	8764.016	235.592	9758.400	262.322	4.826
	70NF	37.200	9049.427	243.264	9926.642	266.845	4.350
80A	80F	37.200	8702.828	233.947	9723.260	261.378	4.876
	80NF	37.200	7541.760	202.735	8256.450	221.948	3.900
90A	90F	37.200	10946.718	294.267	12049.113	323.901	8.726
	90NF	37.200	8887.687	238.916	9744.098	261.938	3.526



Gambar 4. Grafik perbandingan tegangan dan regangan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian "analisis cacat permukaan menggunakan metode *dye penetrant* dan kekuatan tarik pada *stainless steel* 304 hasil pengelasan gtaw dengan dan tanpa *filler rod*", dapat disimpulkan bahwa pengaturan arus dan penggunaan *filler rod* memiliki pengaruh yang sangat spesifik terhadap integritas permukaan serta kekuatan tarik sambungan. Penggunaan filler menghasilkan kekuatan sambungan yang lebih tinggi dibandingkan dengan non-filler hal tersebut ditunjukkan pada semua sampel kecuali sampel 70A yang memiliki perbandingan kekuatan tarik tidak signifikan yaitu 262.3 MPa dan 266.8 MPa. Penggunaan variasi arus juga dapat menyebabkan peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh sampel dengan arus pengelasan 90A yaitu 323 MPa. Hal tersebut disebabkan oleh minimnya cacat pada hasil pengelasan 90A.

Referensi

- [1] Atlas Steels, *Atlas Steels Technical Handbook: Stainless Steels*. Australia: Atlas Steels, 2019.
- [2] T. Hidayat, "Analisis Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dan Stainless Steel 304 dalam Media Air Laut," vol. 3, no. 1, pp. 12–18, 2020.
- [3] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 10th ed. John Wiley & Sons, 2018.
- [4] American Welding Society, "AWS C5.5/C5.5M: Recommended Practices for Gas Tungsten Arc Welding," 2020.
- [5] D. A. R. Wati, M. A. R. Maulana, T. Supriyono and M. F. Rozi, "Effect of TIG Welding Current Variation on the Tensile Strength of Stainless Steel 304 Welded Joints," *Jurnal Kolecer*, vol. 11, no. 1, pp. 45–52, 2026.

- [6] G. H. Simarmata, "Analisa Cacat Hasil Pengelasan Pipa Stainless Steel 304 Menggunakan Dye Penetrant Test," Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2021.
- [7] A. Subali dan A. Priyanto "Studi Literatur Perbandingan Hasil Pengelasan Autogenous dan Non Autogenous dengan Metode Gas Tungsten Arc Welding pada Pipa Stainless Steel," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 9, no. 4, pp. 1–8, 2021.
- [8] Ali dan D. W. Pratama, "Analisa Pengaruh Variasi Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) Terhadap Sifat Material AISI 304 pada Sudu Runner Turbin Francis," *Jurnal Riset Rumoun Ilmu Teknik*, vol. 5, no. 1, pp. 736-749, 2026.
- [9] L. Jeffus, *Welding: Principles and Applications*, 9th Edition. Boston: Cengage Learning, 2020.
- [10] ASTM International, "ASTM E165/E165M-18: Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry," West Conshohocken, PA, 2018.
- [11] ASTM International, "ASTM E8/E8M-21: Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials," West Conshohocken, PA, 2021.
- [12] American Welding Society, "AWS D1.6: Structural Welding Code – Stainless Steel," Miami, 2010.
- [13] R. M. S. Nugroho dkk, "Analisis Pengujian Tidak Merusak (NDT) pada Hasil Pengelasan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Malang," *Jurnal Graha Pengabdian*, vol. 4, no. 2, pp. 121–130, 2022.
- [14] J. Santoso dan D. P. Putra, "Analisis Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las TIG pada Baja Tahan Karat AISI 304," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [15] R. Kumar and B. Singh "Investigation of TIG Welding Parameters on Mechanical and Microstructural Properties of SS 304 Using ER308L," *Mater. Today Proc.*, vol. 18, pp. 2640–2646, 2019.