

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

# ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin &amp; Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

## Analisis Karakteristik Struktur Mikro Pada Sambungan Las GTAW dengan Perbedaan Material dan Variasi Logam Pengisi

Agung Tri Noviyanto<sup>1\*</sup> Widyantoro<sup>2</sup><sup>1</sup>Prodi Teknik Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Subang, Cibogo, Kabupaten Subang, Jawa Barat, Indonesia<sup>2</sup>Prodi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mayasari Bakti, Jl. Tamansari No.210, Mulyasari, Kec. Tamansari, Kab. Tasikmalaya, Jawa Barat, Indonesia.

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

welding  
microstructure  
dissimilar  
heat affected zone  
filler metal

### ABSTRACT

*Along with the rapid advancement of technology, innovation in the field of engineering materials has also experienced a significant increase, one of which is in the technique of joining two different types of materials or known as dissimilar welding. This study aims to evaluate the effect of variations in filler metal types on the microstructure of the welding joint between 316L stainless steel and St 41 carbon steel. The method used in this study is an experimental method with a microstructure observation approach to analyze microstructural changes that occur in the weld metal, parent metal, and heat-affected zone (HAZ) due to the use of different filler materials. The results of the observation show that the use of ER309L filler material produces a microstructure in the weld metal with finer carbide grains compared to ER70S and ER316L filler materials which tend to produce larger grains. This difference in microstructure has a significant impact on mechanical performance, especially the tensile strength of the weld joint. This shows that the selection of filler type greatly affects the quality of the welding results when viewed in terms of microstructure.*

### Pendahuluan

Seiring kemajuan teknologi manufaktur, kebutuhan akan penyambungan logam berbeda jenis melalui pengelasan tak

sejenis (*dissimilar welding*) semakin meningkat. Pengelasan ini digunakan untuk menyambung logam dengan sifat fisik, mekanik, dan termal yang berbeda, seperti baja tahan karat AISI 316L dan baja karbon

\*Corresponding author:

DOI: <https://10.24127/armatur.v6i2.9285>

Received 10 Juni 2025; Received in revised form 10 Agustus 2025; Accepted 28 September 2025

Available online 30 September 2025

rendah (St 41) [1]. Kombinasi ini dapat menghasilkan sambungan dengan karakteristik struktur mikro dan sifat mekanik yang kompleks, khususnya di daerah las (*weld zone*) dan daerah *Heat Affected Zone (HAZ)*[2]. Pengontrolan struktur mikro pada tahap awal pengelasan seperti root pass menjadi penting karena dapat terbentuk fasa campuran seperti austenite, ferrite, dan martensite.

Proses pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* merupakan metode yang umum digunakan untuk menyambung logam berkualitas tinggi [3]. *GTAW* menggunakan elektroda tungsten dan gas pelindung, serta memungkinkan pengaturan kecepatan pemberian logam pengisi secara fleksibel. Meskipun unggul, keberhasilan pengelasan *GTAW* sangat dipengaruhi oleh jenis logam pengisi (*filler metal*) yang digunakan. Filler yang tidak sesuai dengan logam induk dapat menyebabkan cacat sambungan dan menurunkan kekuatan lasan [4]. Oleh karena itu, pemilihan filler harus mempertimbangkan kompatibilitas metalurgi dengan logam yang akan disambung.

Pemilihan filler ER309, ER70S, dan ER316L didasarkan pada kebutuhan aplikasi pengelasan yang berbeda. ER309L dipilih untuk pengelasan yang membutuhkan ketahanan korosi dan suhu tinggi karena kandungan kromium dan nikel yang tinggi. ER70S digunakan untuk pengelasan baja karbon rendah dengan biaya yang lebih ekonomis dan sifat mekanik yang baik. Sedangkan ER316L dipilih untuk aplikasi yang menuntut ketahanan korosi yang lebih tinggi, terutama dalam lingkungan agresif, berkat kandungan molibdenumnya.

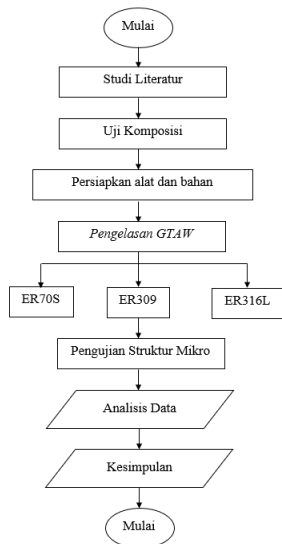
Salah satu tantangan besar dalam pengelasan logam tak sejenis adalah distribusi panas yang tidak merata yang mengakibatkan lonjakan tegangan dan tegangan sisa [5]. Ketidakseimbangan ini berkontribusi pada munculnya struktur mikro yang tidak homogen pada daerah *HAZ*, penurunan kekuatan tarik, serta pengendapan karbida krom pada baja tahan

karat yang mengurangi ketahanan korosi. Baja karbon sendiri cenderung mengalami pengerasan dan menjadi getas pada *HAZ*. Jika tidak dikendalikan, hal ini dapat memicu retakan dan fenomena *Stress Corrosion Cracking (SCC)*.

Struktur mikro sambungan logam akan berubah bertahap dari logam induk menuju *HAZ* dan akhirnya ke logam las. Di *HAZ*, terutama dekat garis lebur, terjadi pertumbuhan butir yang cepat membentuk butiran kasar dan menyebabkan kerapuhan material [6]. Selama pendinginan, logam cair mengalami transformasi fase dari ferrite  $\alpha$  ke austenite lalu kembali menjadi ferrite dan perlite [7]. Perubahan ini sangat dipengaruhi oleh masukan panas dan laju pendinginan selama proses pengelasan.

Pengamatan terhadap pengelasan antara stainless steel 316L dan St 37 menunjukkan bahwa struktur mikro pada daerah las terdiri dari ferrite dan perlite, dengan ferrite yang lebih lunak dan perlite yang lebih keras. Semakin tinggi arus pengelasan, semakin luas daerah *HAZ* dan semakin besar proporsi ferrite, yang menyebabkan penurunan kekuatan tarik sambungan [8]. Perubahan struktur ini juga disebabkan oleh perbedaan intensitas panas dan laju pendinginan antara logam las, *HAZ*, dan logam induk. Oleh karena itu, pengaturan masukan panas dan pemilihan filler yang tepat menjadi kunci untuk menghasilkan sambungan pengelasan logam tak sejenis yang kuat dan tahan terhadap kerusakan.

## Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode penelitian menggunakan metode eksperimen. Kelompok eksperimen penelitian ini berupa Stainless Steel 316L dan St 41 yang dibuat sejumlah 9 pasang dengan ukuran panjang 200 mm, kemudian dilakukan pengelasan GTAW arus 80 ampere, tebal 2 mm, posisi pengelasan 1 G dengan memvariasikan filler yaitu ER70S, ER309L dan ER316L. Selanjutnya hasil pengelasan diamati struktur mikro material tersebut.

### Uji Komposisi

Pengujian komposisi bertujuan untuk mendapatkan komposisi kimia bahan yang terkandung dalam St 41 yang akan disambung dengan stainless steel 316L. Proses dari pengujian komposisi bahan yaitu untuk mendapatkan hasil seberapa besar nilai unsur penyusun bahan. Hasil uji komposisi St 41 menunjukkan kandungan karbon 0,18%, mangan 0,45%, silikon 0,25%, fosfor 0,035%, dan sulfur 0,030% dan Hasil uji komposisi stainless steel 316L menunjukkan kandungan kromium 16,5%, nikel 10,2%, molibdenum 2,1%, mangan 1,5%, silikon 0,5%, karbon 0,03%,

### Persiapan

Mempersiapkan material Stainless Steel 316L dan St 41 dengan ukuran masing-masing 100mm x 20mm Jumlah spesimen

yang harus disiapkan sejumlah 3 buah sampel untuk pengamatan struktur mikro.



Gambar 2. Material stainless steel dan baja karbon rendah

### Proses Pengelasan GTAW

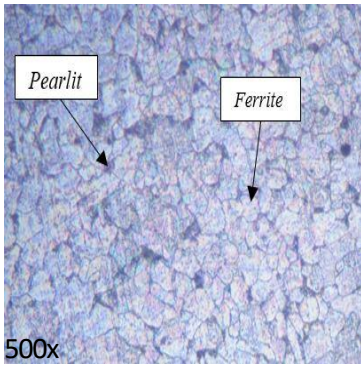
Pengelasan dilakukan dengan memvariasikan filler yang sudah ditentukan yaitu filler ER70S, ER309L dan ER316L dengan jumlah spesimen yang dibuat sebanyak 3 spesimen untuk dilakukan pengujian struktur mikro.

### Pengamatan Struktur Mikro

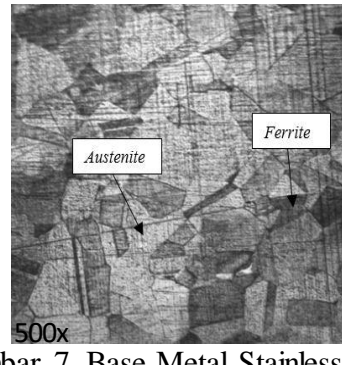
Proses pengamatan struktur mikro ini dilakukan bertujuan mencari hasil perubahan pada susunan foto struktur mikro pada material pasca pengelasan pada tiga titik daerah pengelasan yaitu logam dasar (*Base Metal*), *Heat Affected Zone (HAZ)*, dan logam lasan (*Weld Metal*) dengan pengujian ini juga akan didapatkan kesimpulan apakah ada perbedaan hasil foto struktur mikro semua kelompok spesimen dan apakah ada kemungkinan timbul porositas pada material akibat adanya pengelasan atau saat pengecoran. Pada pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 500x.

### Hasil dan Pembahasan

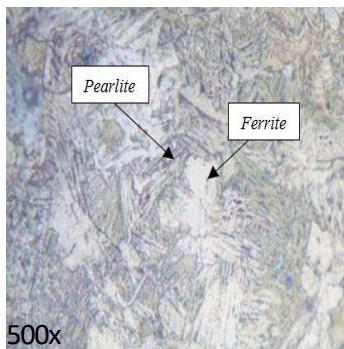
Berdasarkan dari hasil pengujian foto struktur mikro pada perbesaran 500X dengan etsa untuk Stainless Steel dan baja karbon rendah pada semua spesimen hasil pengelasan dengan variasi filler yaitu ER70S, ER309L dan ER316L didapatkan hasil sebagai berikut.



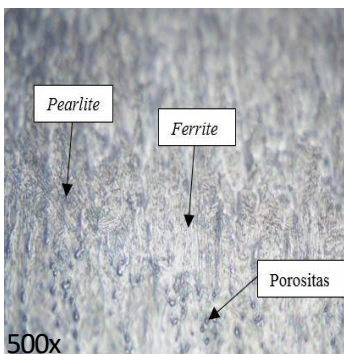
Gambar 3. Base Metal Karbon Steel



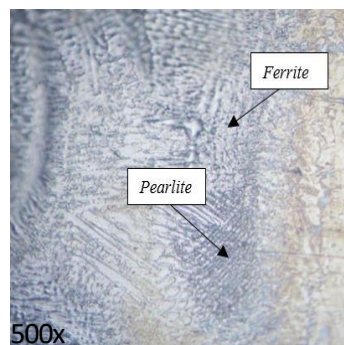
Gambar 7. Base Metal Stainless Steel



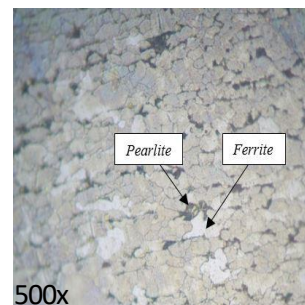
Gambar 4. HAZ Karbon Steel dengan Filler ER70S



Gambar 5. Weld Metal dengan Filler ER70S

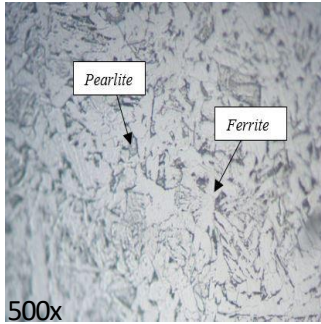


Gambar 6. HAZ Stainless Steel dengan Filler ER70S

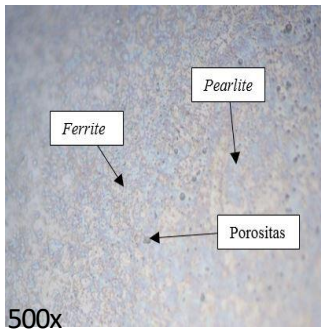


Gambar 8. Base Metal Karbon Steel

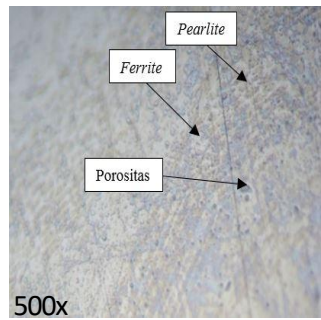
Pada Filler ER70S, menunjukkan pada daerah logam induk baja karbon terdapat butiran perlit yang terjadi akibat dari pengaruh pengelasan. Pada daerah pengaruh panas baja karbon terdiri dari butiran ferrite yang kasar dimana perlit didistribusikan lebih seragam. Pada daerah logam las (weld metal) butiran perlit mendominasi secara merata. Pada stainless steel di daerah logam las (weld metal) terdapat perubahan ke fasa austenite karena pengaruh dari unsur Cr, di daerah logam las stainless steel ini fasa austenite dominan cukup besar. Pada daerah pengaruh panas stainless steel menunjukkan suatu daerah bernama Lord Hard Zone (LHZ) atau dark band yang merupakan daerah dimana terjadi difusi karbon dari Head Affected Zone (HAZ) baja karbon ke arah weld zone atau sebaliknya. Difusi karbon ini akan membentuk senyawa besi karbida atau martensite Pada logam induk (base metal) fase austenite masih tersebar merata karena masih terpengaruh panas dari pengelasan



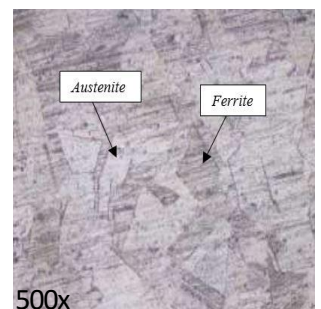
Gambar 9. HAZ Karbon Steel dengan Filler ER309L



Gambar 10. Weld Metal dengan Filler ER309L



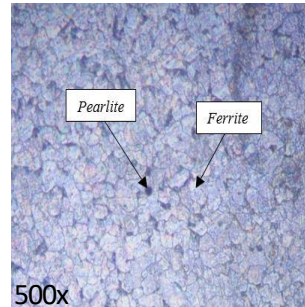
Gambar 11. HAZ Stainless Steel dengan Filler ER309L



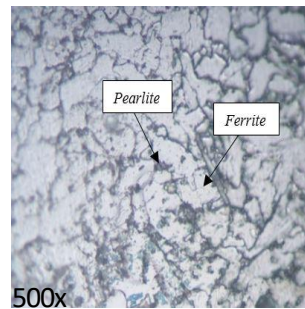
Gambar 12. Base Metal Stainless Steel

Pada Filler ER309L, menunjukkan daerah logam induk baja karbon terdapat butiran perlit, akibat panas dari proses pengelasan. Pada daerah pengaruh panas butiran perlit semakin banyak dan merata.

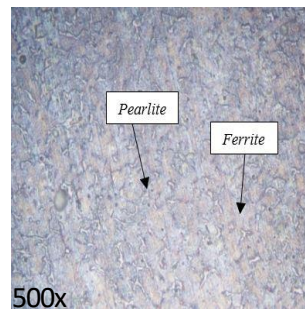
Pada daerah logam las (*weld metal*) terlihat butiran perlit tersebar merata. Pada stainless steel di daerah logam las (*weld metal*) terdapat difusi karbon yang berupa perubahan ke fasa austenit karena pengaruh dari unsur Cr, di daerah logam las stainless steel ini fasa austenit menyebar merata. Pada daerah pengaruh panas stainless steel sangat terlihat sekali batas las (*fusion line*) antara logam las dengan *Heat Affected Zone (HAZ)* kasar. Struktur mikro nya berupa butir austenit masih menyebar secara merata. Pada logam induk (*base metal*) fase austenit masih tersebar merata karena masih terpengaruh panas dari pengelasan.



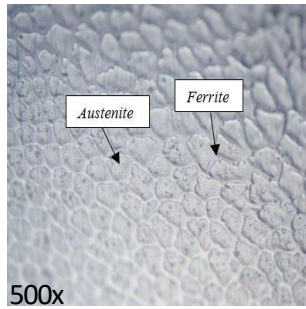
Gambar 13. Base Metal Karbon Steel



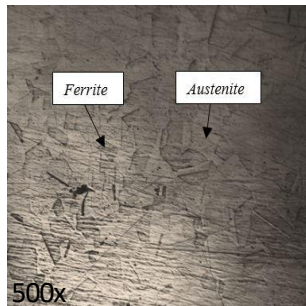
Gambar 14. Haz Karbon Steel dengan Filler ER316L



Gambar 15. Weld Metal dengan Filler ER316L



Gambar 16. Haz Stainless Steel dengan Filler ER316L



Gambar 17. Base Metal Stainless Steel

Pada Filler ER316L, menunjukkan daerah logam induk baja karbon terdapat butiran perlite yang terjadi akibat panas dari pengelasan. Pada daerah pengaruh panas baja karbon berupa butiran perlite dan ferrite yang halus. Pada daerah logam las baja karbon (*weld metal*) perlite tersebar merata dan halus. Pada stainless steel di daerah logam las (*weld metal*) terdapat perubahan ke fasa austenite karena pengaruh dari unsur Cr, di daerah logam las stainless steel ini fasa austenite menyebar merata. Pada daerah pengaruh panas stainless steel berupa butir austenite yang halus dan menyebar secara merata. Pada logam induk (*base metal*) fase austenite masih tersebar merata karena masih terpengaruh panas dari pengelasan.

Pada gambar struktur mikro sebelumnya menunjukkan struktur mikro pada daerah sambungan las dengan perbedaan filler dalam proses pengelasan tersebut. Hasil pengujian mikro struktur memperlihatkan terjadinya perbedaan jenis/ukuran struktur mikro dan fasa yang terbentuk dan dinyatakan dengan warna kontras, terutama antara logam las (manik-manik) dengan daerah pengaruh panas sangat jelas perbedaannya yang dipisahkan

pada batas las. Ukuran butir terbesar adalah pada manik-manik las kemudian berubah semakin halus setelah melewati batas las masuk ke dalam HAZ dan kemudian logam induk [9]. Struktur mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro [10]. Terlihat perbedaan struktur mikro pada ketiga daerah ini seperti pada bentuk butiran, ukuran butiran, hingga kerapatan butiran. Perbedaan struktur akibat adanya pengaruh termal selama proses pengelasan, khususnya pada transformasi (austenite) menjadi ferrite pada interval temperatur. Panas yang tinggi saat pengelasan menyebabkan terjadinya daerah HAZ yang terdiri dari butir kasar akibat pertumbuhan butir grain (*grain growth*) dan butir halus akibat rekristalisasi butir austenite sehingga terjadi perubahan struktur mikro dan sifat mekanik.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap struktur mikro sambungan las antara baja karbon St 41 dan baja tahan karat 316L dengan menggunakan variasi jenis logam pengisi (filler) yaitu ER70S, ER309L, dan ER316L, ditemukan bahwa variasi jenis filler memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik struktur mikro yang terbentuk pada daerah las. Dari ketiga jenis filler yang digunakan, penggunaan filler ER309L menunjukkan hasil yang paling optimal, ditandai dengan terbentuknya butiran karbida yang lebih halus dan berukuran lebih kecil dibandingkan dengan struktur mikro yang dihasilkan dari penggunaan filler ER70S dan ER316L. Hal ini menunjukkan bahwa filler ER309L memiliki kompatibilitas metalurgi yang lebih baik terhadap kedua logam dasar yang disambung, sehingga mampu menghasilkan sambungan dengan mikro struktur yang lebih stabil dan seragam, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan kualitas mekanik hasil pengelasan secara keseluruhan

## Ucapan terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan Rahmat-Nya penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih juga terhadap pihak-pihak terkait yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

## Referensi

- [1] S. Parekke, J. Leonard, and A. H. Muchsin, "Pengaruh Pengelasan Logam Berbeda (Aisi 1045) Dengan (Aisi 316l) Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 3, no. 2, pp. 191–198, 2014.
- [2] J. C. Lippold, *Welding Metallurgy and Weldability*. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 2015.
- [3] H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, Cetakan Ke. Jakarta: Pradnya Paramita, 2000.
- [4] A. S. Mohruni and B. H. Kembaren, "Struktur Mikro Baja Karbon Rendah dengan Elektroda E6013," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 1, 2013.
- [5] J. Awali, S. Irawan, and M. A. Chiron, "Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Dua Layer dengan Metode GTAW dan SMAW terhadap Kekuatan Tarik pada Plat ASTM A 36," 2014.
- [6] T. Akbar and B. Santosa, "Analisa Pengaruh dari Welding Sequence Terhadap Tegangan Sisa dan," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [7] Suharno, *Prinsip-Prinsip Teknologi dan Metalurgi*. LPP UNS, 2008.
- [8] A. Nurhidayat and Triyono, "Pengaruh Waktu dan Arus Listrik Pengelasan RSW Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Sambungan Logam Tak Sejenis Antara Baja Tahan Karat Ss316 dan Baja Karbon St37," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 13–21, 2012.
- [9] P. H. Sudargo and B. T. Baroto, "Pengaruh Filler dan Arus Listrik Pengelasan Logam Tak Sejenis Baja (Aisi 1045) Dengan Baja Tahan Karat (Aisi 316L) Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro," in *Prossiding SNST Ke 8*, 2017, pp. 41–46.
- [10] E. Budiyanto, E. Nugroho, and A. Masruri, "Pengaruh Diameter Filler dan Arus Pada Pengelasan TIG Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, 2017.