

PENGARUH VARIASI BENTUK KAMPUH LAS TIG (TUNGSTEN INERT GAS) TERHADAP UJI TARIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA MATERIAL PLAT STAINLESS STEEL 201

Mokhammad Yoga Pratama¹, Nely Ana Mufarida^{1*} dan Kosjoko¹
¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember

*Email: nelyana@unmuhjember.ac.id

Abstract

Welding technology has an integral role in the manufacturing technology domain. To create high-quality structures requires technology that allows joining metals. It is in this phase that welding technology comes into play. TIG (Tungsten Inert Gas) welding is a form of tungsten gas arc welding, where the electrode acts as an arc supplier that does not melt during the welding process. The Gas Tungsten Arc Welding technique is generally used more on light metals such as magnesium, aluminum, and stainless steel, and other types of metal. This type 201 carbon steel has several mechanical characteristics, including a tensile strength of 580 Mpa, an elastic limit (yield strength) of 198 Mpa, an elongation rate of 50%, and a hardness of 87 HRBI. The aim of this research is to determine the tensile strength and microstructure of TIG (Tungsten Inert Gas) welding results with 45 degrees of V, U and J seams. This research was carried out with several flat 2D test models of 45 degrees of V, U and J seams with current. 110 - 120. This research was conducted at the Banyuwangi Job Training Center, in the Materials Laboratory for Mechanical Engineering at Sebelas Maret University, Surakarta and at the Mechanical Engineering Laboratory at Jember State University. In this research, the results of changes in tensile strength were quite significant. The lowest tensile strength value is found in the J weld seam with an average value of 394.4 MPA. Meanwhile, the highest tensile strength value is found in the V weld seam with an average value of 531.1 MPA. The results of the microstructure for J seam have the largest phase grains and V seam forms the smallest phase grains compared to the others. Kampuh V has quite a large number of grains because they are relatively small and dense.

Keywords: TIG (Tungsten Inert Gas) Welding, Welding, Microstructure, Tensile Test.

Abstrak

Teknologi pengelasan memiliki peran integral dalam domain teknologi ma-nufaktur. Untuk menciptakan struktur berkualitas tinggi diperlukan teknologi yang memungkinkan penggabungan logam. Di fase inilah teknologi pengelasan berperan. Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah bentuk pengelasan busur gas tungsten, di mana elektroda berperan sebagai penyuplai busur yang tidak meleleh selama proses pengelasan. Teknik Gas *Tungsten Arc Welding* umumnya lebih banyak di gunakan pada logam ringan seperti magnesium, aluminium, serta stainless steel, dan jenis logam lainnya. Baja karbon tipe 201 ini memiliki beberapa karakteristik mekanik, termasuk kekuatan tarik sebesar 580 Mpa, batas elastisitas (*yield strength*) sebesar 198 Mpa, tingkat elongasi sebesar 50%, dan kekerasan 87 HRBI . Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kekuatan tarik dan struktur mikro hasil pengelasan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) dengan 45 derajat kampuh V, U dan J. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa model uji 2D datar 45 derajat kampuh V, U, dan J dengan arus 110 - 120. Penelitian ini dilakukan di Balai Latihan Kerja Banyuwangi, di laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta dan di laboratotium Teknik Mesin Universitas Negeri Jember. Pada penelitian ini mendapatkan hasil perubahan kekuatan tarik yang cukup signifikan. Nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada kampuh las J dengan nilai rata – rata 394,4 MPA. Sedangkan nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada kampuh las V dengan nilai rata – rata 531,1 MPA. Hasil pada struktur mikro untuk kampuh J memiliki butiran fasa terbesar dan kampuh V membentuk butiran fasa terkecil dari lainnya. Kampuh V memiliki jumlah butir yang cukup banyak karena jumlahnya yang relatif kecil dan padat.

Kata-kata kunci: Las TIG (*Tungsten Inert Gas*), Pengelasan, Struktur Mikro, Uji Tarik.

1. Pendahuluan

Teknologi pengelasan memiliki peran integral dalam domain teknologi manufaktur. Untuk menciptakan struktur berkualitas tinggi, diperlukan teknologi yang memungkinkan penggabungan logam. Pada fase inilah teknologi pengelasan berperan. Saat ini, metode pengelasan menjadi semakin umum digunakan dalam tahapan produksi konstruksi. Keunggulan dari penggunaan pengelasan dalam konstruksi meliputi: struktur atau mesin yang dihasilkan memiliki bobot lebih rendah, proses produksinya lebih simpel agar total biayanya lebih hemat.

Pengelasan adalah proses menghubungkan dua atau lebih campuran logam dalam keadaan leleh atau cair sehingga setelah mendingin akan terbentuk ikatan kimia berkat pemanfaatan panas. Sebagai hasil dari proses ini, logam di sekitarnya mengalami rangkaian perubahan suhu yang mengakibatkan transformasi struktur logam, deformasi, dan tegangan akibat perbedaan suhu. Karena perubahan struktural ini, sifat mekanik juga akan berubah. Desain konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las juga harus direncanakan dengan mempertimbangkan metode pengelasan, metode pengujian, konsumsi las, dan jenis las yang digunakan. Jenis sambungan yang sesuai tergantung pada jenis las ke dalam fungsi bangunan atau bagian-bagian mesin dirancang [1].

Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah bentuk pengelasan busur gas tungsten, di mana elektroda berperan sebagai penyuplai busur yang tidak meleleh selama proses pengelasan. Penggunaan lapisan kawat las atau bahan fluks tidak diperlukan dalam metode pengelasan ini untuk melindungi sambungan. Hasil pengelasan yang dihasilkan oleh gas *Tungsten Arc Welding* pada hampir semua jenis logam memiliki kualitas yang tinggi. Teknik gas *Tungsten Arc Welding* umumnya lebih banyak digunakan pada logam ringan seperti magnesium, aluminium, serta stainless steel, dan jenis logam lainnya. Menurut penelitian K. Kosjoko, tegangan tarik yang tercatat pada proses pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) menggunakan oli SAE 40 sebagai pendingin mencapai 328,13 N/mm². Pada pengelasan TIG dengan media pendingin air garam, tegangan tariknya mencapai 367,50 N/mm², sedangkan pada pengelasan TIG yang menggunakan udara bebas sebagai media pendingin, tegangan tariknya mencapai 590,63 N/mm² [2].

Baja paduan SS 201 adalah bentuk baja tahan karat austenitik stainless steel yang terdiri dari elemen dengan komposisi, yakni 0.15% C, 13.5% Mn, 0.03% P, 0.03% S, 0.15% Si, 13.00% Cr, 1.02% Ni, serta unsur utamanya yaitu Fe. Baja karbon tipe 201 ini memiliki beberapa karakteristik mekanik, termasuk kekuatan tarik sebesar 580 Mpa, batas elastisitas (*yield strength*) sebesar 198 Mpa, tingkat elongasi sebesar 50%, dan kekerasan 87 HRBI. Jenis stainless steel 201 merupakan varietas baja tahan karat yang sangat beragam dalam penggunaannya dan paling umum dipakai. Keunggulan meliputi komposisi kimia, sifat mekanik yang kuat, kemampuan untuk dilas, serta ketahanan terhadap korosi yang tinggi, semuanya diperoleh dengan harga yang cukup terjangkau. Stainless steel tipe 201 ini banyak diterapkan dalam berbagai industri dan skala usaha yang berbeda [3].

Manik las adalah bagian dari logam dasar yang akan diisi dengan logam las. Manik las awalnya berupa las kemudian diisi dengan logam solder. Hasil puncak kekuatan tarik dari pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) pada sambungan adalah sekitar 156.55 N/mm² terjadi pada sambungan X dengan penerapan arus sebesar 160 A, yang juga menghasilkan regangan terendah sekitar 24.29 (N/mm²). Di sisi lain, kekuatan tarik minimum yang tercapai dari pengelasan TIG adalah sekitar 137.64 N/mm² terlihat pada sambungan X dengan penerapan arus sebesar 140 A, yang dalam hal ini menghasilkan regangan tertinggi sekitar 27.26 (N/mm²). Pada sambungan V, hasil kekuatan tarik puncak yang terbentuk dari pengelasan TIG adalah sekitar 144.00 N/mm² dengan penggunaan arus sebesar 160 A, dan ini juga berakibat pada regangan terendah sekitar 28.58 (N/mm²) [4].

Dari hasil uji lentur sebelumnya, ditemukan bahwa sambungan double V memiliki ketahanan lentur tertinggi, mencapai 281,745 N/mm², sementara sambungan joint I memiliki ketahanan lentur terendah dengan nilai tertinggi 114,27 N/mm². Terdapat perbedaan signifikan dalam kekuatan lentur antara sambungan tunggal dan ganda. Jelas bahwa sambungan tunggal tidak mampu menahan beban tekuk yang besar [5].

2. Metode

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian di Balai Latihan Kerja Banyuwangi, Laboratorium Material Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Jember, serta tempat

lain jika alat yang digunakan untuk penelitian tidak ada di laboratorium yang bersangkutan. Penelitian dilaksanakan dari Bulan Januari – Mei 2023.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan-peralatan yang digunakan untuk membentuk spesimen dalam pengujian adalah mesin las TIG DC, shielding gas/gas pelindung, kabel adaptor dan selang gas, elektroda tungsten dan bahan tambah/filler. Sedangkan bahan penelitian yang digunakan adalah stainless steel 201.

2.3 Tahap Perancangan Penelitian

Ditinjau dari pendekatan metodologi, penelitian ini dapat dikategorikan sebagai penelitian eksperimental. (Arikunto, 2010). Eksperimen didefinisikan sebagai metode untuk mengidentifikasi korelasi sebab-akibat antara dua variabel yang sengaja dimanipulasi oleh peneliti dengan mengontrol atau mengurangi faktor-faktor pengganggu lainnya.

Perancangan yang diperoleh dari variasi kampuh V, U dan J dengan las TIG pada sudut 45 derajat adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Model Perancangan Pengelasan

No	Posisi Pengelasan	Jenis Sambungan	Sudut Pengelasan	Arus
1.	2D (Datar)	V groove	45 derajat	110 - 120
2.	2D (Datar)	J groove	45 derajat	110 - 120
3.	2D (Datar)	U groove	45 derajat	110 - 120

2.4 Prosedur Pengelasan

Pengelasan dilaksanakan oleh tukang las berpengalaman dan bersertifikat dengan tujuan mencapai hasil pengelasan yang optimal. Dalam pelaksanaannya, tukang las perlu mengenakan peralatan pelindung diri guna mencegah dampak yang tidak diinginkan.

Proses pengelasan dilaksanakan setelah bahan dipotong dengan menggunakan gergaji mesin. Setelah itu, permukaan bahan diperlakukan dengan sikat besi untuk menghilangkan karat yang mungkin terbentuk pada permukaan plat yang akan dihubungkan. Tahapan-tahapan persiapan dilanjutkan dengan arus listrik dialirkan melalui tukang las pada kisaran antara 100 A hingga 120 A. Material yang akan dilas kemudian ditempatkan dalam posisi siku menggunakan tang untuk memastikan bahwa posisi las dalam bentuk siku tetap stabil dan tidak bergoyang.

2.5 Pengujian Tarik

Teknik yang diterapkan melibatkan menjepit benda uji pada suatu mesin uji, di mana beban dinaikkan secara bertahap hingga mencapai nilai tertentu, akhirnya menyebabkan benda uji mengalami keretakan. Akibat beban tarik yang dikenakan pada benda uji, material tersebut akan mengalami perpanjangan seiring dengan pengecilan diameter benda uji. Perbandingan antara perpanjangan (ΔL) dan panjang awal benda uji (L_0) dikenal sebagai regangan.

Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan untuk menentukan nilai kekuatan tarik dan regangan:

- a. Kekuatan tarik

$$\sigma_u = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

- b. Regangan

$$s = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

Grafik regangan-tegangan yang diperoleh dari pengujian tarik umumnya memiliki pola seperti yang ditunjukkan dalam AR garis lurus. Dalam bagian ini, penambahan panjang berkaitan secara langsung dengan peningkatan beban yang dikenakan. Pada bagian ini, prinsip Hukum Hooke berlaku:

$$\Delta L = \frac{P}{A} \times \frac{L_0}{E} \quad (3)$$

keterangan:

ΔL = pertambahan panjang benda kerja (mm)

L_0 = panjang benda kerja awal (mm)

P = beban yang bekerja

(N) A = luas penampang benda kerja (mm²)

E = modulus elastisitas bahan (N/mm²)

2.6 Pengujian Struktur Mikro

Tes ini melibatkan penentuan komposisi suatu material dengan mengamati strukturnya melalui mikroskop. Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop optik. Logam telah dipoles, permukaan halus ditutupi dengan lapisan film deformasi, untuk menimbulkan korosi pada film ini, orang melakukan korosi sehingga permukaan menjadi buram, beberapa batas butir aus dan beberapa komposisi akan muncul karena korosi selektif pada logam. larutan etsa. Korosi ini merupakan campuran 99% etanol/alkohol (C₂H₅OH) dan HNO₃ (asam nitrat) dengan penetral alkohol (alkohol 70%) dengan perbandingan tertentu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengelasan

Pengelasan dilakukan di Balai Latihan Kerja Banyuwangi pada tanggal 1 Januari 2023. Material menggunakan *stainless steel* 201 yang dilas menggunakan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) dengan variasi kampuh las dan menggunakan amper las yang sama untuk mengetahui kampuh las yang kuat pengelasan TIG untuk *stainless steel* 201.



Gambar 1. Proses Pengelasan Tig

Gambar 2 adalah proses pengelasan *stainless steel* di las TIG yang memiliki tebal 10 mm dengan sudut 45 variasi kampuh J,U dan V. Arus yang digunakan pada pengelasan ini menggunakan arus 120 A dengan elektroda pengisi berdiameter 1,6 mm.



Gambar 2. Hasil Pengelasan TIG

3.2 Suhu Pembakaran

Pengujian tarik dilakukan di laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta pada tanggal 14 Februari 2023. Parameter tegangan tarik dapat digunakan untuk memahami ketahanan tarik dari sambungan material uji. Hasil pengujian tarik yang dijalankan oleh penulis memberikan landasan untuk hal ini, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

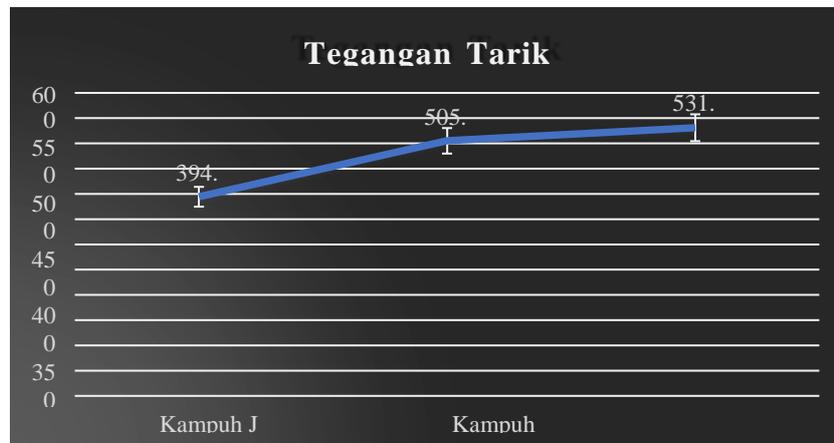
Tabel 2. Nilai Uji Tarik

Variasi kampuh	Spesimen	Tebal (mm)	Lebar(mm)	Luas(mm)	Panjang awal(mm)	Gaya max(kN)	Tegangan max (MPa)	Rata-rata (MPa)
J	1	10	12,5	125	50	50.02	400.16	394,4
	2	10	12,5	125	50	45.97	367.76	
	3	10	12,5	125	50	51.92	415.36	
U	1	10	12,5	125	50	60.76	486.08	505,2
	2	10	12,5	125	50	63.33	506.64	
	3	10	12,5	125	50	65.36	522.88	
V	1	10	12,5	125	50	66.36	530.88	531,1
	2	10	12,5	125	50	62.74	501.92	
	3	10	12,5	125	50	73.44	587.52	

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen 3 kampuh V dengan nilai 587,52 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen 2 kampuh J dengan nilai 367,76 MPa.

Dalam setiap variasi kampuh las J, U dan V terdapat peningkatan kekuatan tarik. Pada spesimen variasi kampuh las J memiliki kekuatan tarik terendah dengan nilai rata - rata 394,3 MPa, spesimen variasi U memiliki peningkatan nilai kekuatan tarik dengan nilai rata – rata 505,2 MPa dan spesimen dengan kampuh V memiliki kekuatan tarik tertinggi dengan nilai rata – rata 531,1.

Pada spesimen 2 kampuh U dengan nilai kekuatan tarik rata – rata dibawah kampuh V memiliki nilai uji tarik yang lebih besar dari spesimen 2 kampuh V yang memiliki nilai uji tarik rata – rata tertinggi, hal ini dikarenakan terdapat cacat las atau porositas yang tidak terlihat pada bagian dalam *weld metal* sehingga berpengaruh terhadap kekuatan tarik spesimen tersebut. Agar memudahkan untuk memahami hasil pengujian tarik, berikut adalah grafik tegangan tariknya.



Gambar 3. Grafik Tegangan Tarik Spesimen Uji

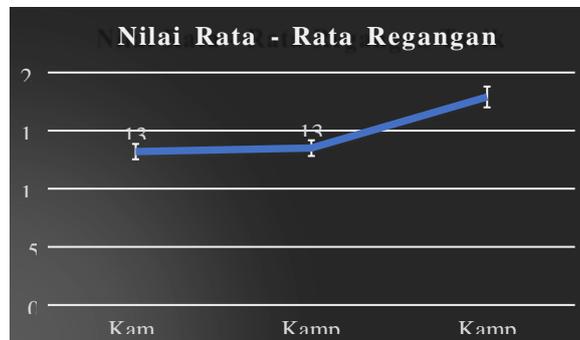
3.3 Regangan (*Stress*)

Menurut hasil uji yang telah dilakukan oleh penulis, diperoleh data mengenai regangan saat tarik se-bagai yang tertera berikut ini:

Tabel 3. Nilai Regangan Tarik Spesimen Uji

Variasi kampuh	Spesimen	Lo (mm)	ΔL (mm)	Regangan (%)	<i>e</i> rata – rata (%)
J	1	50	5,7	11,4	13,2
	2	50	6,8	13,6	
	3	50	7,3	14,6	
U	1	50	6,4	12,8	13,5
	2	50	6,6	13,2	
	3	50	7,6	14,4	
V	1	50	8,5	17	17,9
	2	50	8,2	16,4	
	3	50	10,1	20,2	

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa spesimen 1 pada kampuh J memiliki nilai regangan terendah yaitu memiliki pertambahan panjang 5,7 mm dengan nilai regangan 11,4%, sedangkan nilai regangan tertinggi terdapat pada spesimen 3 variasi kampuh V yang memiliki pertambahan panjang 10,1 mm dengan nilai regangan 20,2%. Secara ringkas, terlihat gambar grafik sebagai berikut:

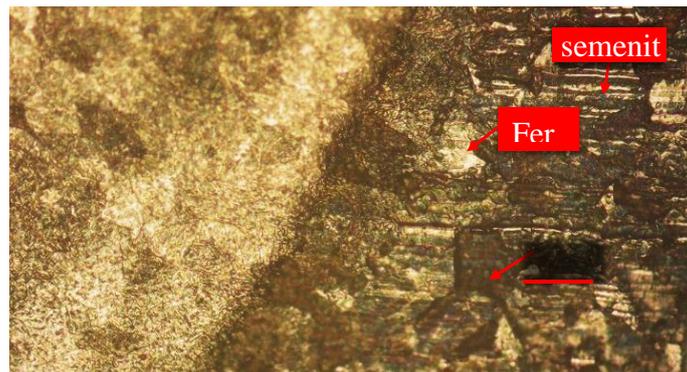


Gambar 4. Nilai Rata – Rata Regangan Tarik

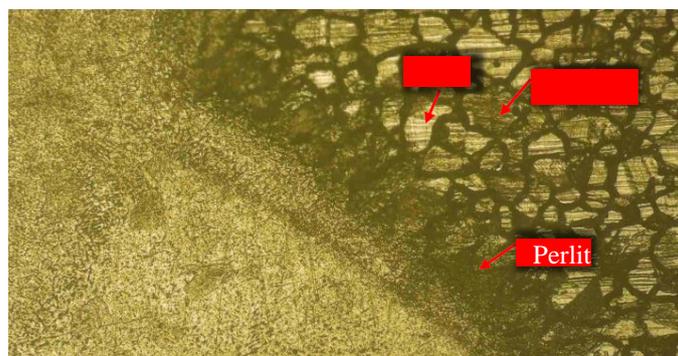
Dalam setiap variasi kampuh J, U dan V terdapat peningkatan regangan yang dihasilkan. Untuk rata – rata regangan spesimen uji kampuh J dan U memiliki nilai regangan yang tidak berbeda jauh, tetapi untuk spesimen uji yang menggunakan kampuh las V memiliki peningkatan nilai regangan yang signifikan di antara lainnya. Untuk nilai regangan terendah terdapat pada kampuh las J dengan nilai regangan rata – rata 13,2% dan untuk spesimen uji kampuh U memiliki nilai regangan rata – rata 13,5% sedangkan spesimen uji yang memiliki nilai rata – rata regangan tertinggi yaitu pada kampuh V dengan nilai regangan rata – rata 17,9%.

3.4 Hasil Uji Struktur Mikro

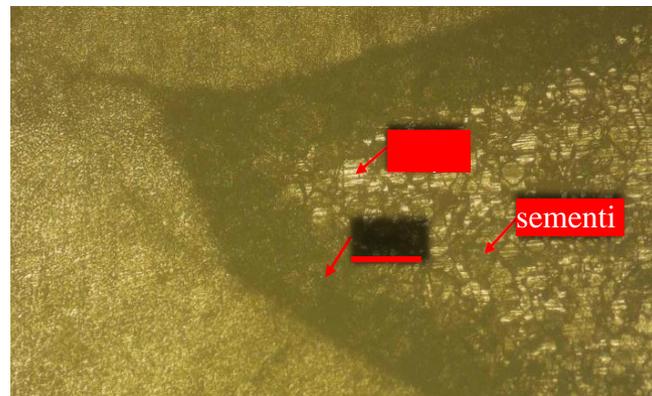
Pengujian struktur mikro dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Jember pada tanggal 12 Mei 2023. Uji struktur mikro dengan pembesaran lensa 200x pada bagian HAZ (*heat affected zone*), terdapat perbedaan ukuran butiran yang berbeda pada setiap spesimen. Berupa hasil uji struktur mikro yang didapat pada spesimen uji adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Struktur Mikro Spesimen Kampuh J



Gambar 6. Struktur Mikro Spesimen Kampuh U



Gambar 7. Struktur Mikro Spesimen Kampuh V

Hasil dari uji struktur mikro setiap kampuh menghasilkan butir yang terbentuk bervariasi. Hal ini disebabkan oleh banyaknya elektroda pengisi kampuh sudut yang berbeda, semakin banyak elektroda yang mengisi sudut kampuh, maka akan semakin panas juga pada bagian *weld* dan *heat affected zone*. Maka dari itu, dengan panas yang berbeda akan menghasilkan ukuran butiran ferit, perlit dan semenit yang berbeda. Panas juga dapat mempengaruhi banyaknya ferit, perlit dan semenit yang terbentuk. Pada Gambar 5. memiliki struktur mikro yang didominasi oleh ferit dan semenit dengan ukuran butir yang terbentuk lebih besar dari hasil uji struktur mikro kampuh U dan V.

Untuk pengujian struktur mikro pada Gambar 6. memiliki hasil butiran yang terbentuk lebih kecil dari uji struktur mikro kampuh J. Untuk butiran yang terbentuk memiliki garis batas ferit yaitu perlit yang jelas pada setiap butiran ferit. Sedangkan untuk hasil pengujian struktur mikro pada kampuh V membentuk butiran fasa yang terkecil dari lainnya. Pada hasil pengujian struktur mikro kampuh V memiliki jumlah butir yang cukup banyak karena jumlahnya yang relatif kecil dan padat.

4. Kesimpulan

Pengelasan TIG (tungsten inert gas) pada stainless steel 201 dengan arus las 120 A menggunakan elektroda pengisi 1,6 mm dan sudut pengelasan 450 yang diberi variasi kampuh las J, U dan V mendapatkan hasil perubahan kekuatan tarik yang cukup signifikan. Nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada kampuh las J dengan nilai rata – rata 394,4 MPA. Sedangkan nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada kampuh las V dengan nilai rata – rata 531,1 MPA. Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa pengelasan TIG pada stainless steel 201 dengan arus las 120 A dan sudut pengelasan 450 menggunakan elektroda pengisi 1,6 mm memiliki kekuatan tarik yang tinggi dengan menggunakan sambungan las kampuh V daripada menggunakan kampuh J dan U. Hal ini dikarenakan kampuh J dan U memiliki volume yang lebih besar untuk elektroda pengisi daripada kampuh V. Jadi untuk sambungan las yang banyak terisi dengan elektroda menyebabkan menurunnya kekuatan tarik suatu material dan putus pada bagian welding pada saat pengujian tarik. Hasil pada struktur mikro pada bagian HAZ (heat affected zone) memiliki perbedaan pada banyaknya fasa dan ukuran butiran yang terbentuk. Untuk kampuh J memiliki butiran fasa terbesar, sedangkan hasil pengujian struktur mikro pada kampuh V membentuk butiran fasa terkecil dari lainnya. Pada hasil pengujian struktur mikro kampuh V memiliki jumlah butir yang cukup banyak karena jumlahnya yang relatif kecil dan padat.

Referensi

1. L., Tarigan, A., Sebayang, P., Tarigan, & P., Bangun, “Analisa Gaya Tarik Terhadap Pelat Baja AISI 1045 pada Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) dengan Variasi Arus 80 A , 100 A , 120 A dan 140 A,” 9(6), 21–24, 2019
2. F. N., Felani, K., Kosjoko & A., Finali, “Uji Perbandingan Kekuatan Tarik Pengelasan Stainless Steel Aisi 304 Menggunakan Las Tig (Tungsten Inert Gas) Dan Las Mig (Metal Inert Gas) Dengan Variasi Media Pendingin,” J- Proteksion, 1(2), 13–16, 2017
3. Sumarji, “Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe Ss 304 Dan Ss 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph,” Rotor, 4, 1–8, 2011
4. W., Pranajaya, U., Budiarto & A., Wibawa, “Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las TIG (Tungsten Inert Gas) Pada Aluminium 6061,” Teknik Perkapalan, 5(2), 421–430, 2017
5. D., Suprijanto, “Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Bending Las Sudut Smaw Posisi Mendatar Pada Baja Karbon Rendah,” Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta, 8, 91–96, 2011