

PENGARUH BENTUK KAMPUH LAS SMAW (*SHIELDED METAL ARC WELDING*) TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO BAJA LOGAM AISI 1045

Saputra Agung Wicaksana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Tidar

ABSTRAK

Proses pengelasan adalah salah satu proses terpenting dalam industri manufaktur. Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Bentuk kampuh las SMAW dapat mempengaruhi terhadap kuat tarik baja. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa pelat Baja AISI 1045 dengan dimensi 30 mm x 30 mm x 10 mm. Bentuk kampuh yang digunakan dalam penelitian ini adalah kampuh V, kampuh I dan kampuh U. Hasil pengujian kuat tarik pada spesimen terhadap variasi kampuh menunjukkan bahwa kuat tarik bentuk kampuh las SMAW V memiliki kuat tarik lebih tinggi, yaitu 497,63 N/mm² dibandingkan dengan bentuk kampuh I dan U. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa kampuh las SMAW dengan bentuk V memiliki regangan lebih besar. Kemudian diikuti kampuh bentuk I dan U. Dari pengamatan struktur mikro nilai kampuh V lebih besar dari kampuh I dan U. Karena sifat butiran perlit yang lebih kuat, keras dan sedikit getas. Sedangkan jumlah presentase struktur ferit yang ditampilkan semakin banyak dengan sifatnya lunak dan ulet yang membuat kekuatan material lebih kuat dari pada yang lebih banyak butiran perlitnya.

Kata kunci : Kampuh, Las SMAW, kuat tarik, struktur mikro

ABSTRAC

The welding process is one of the most important processes in industry manufacture. Welding is one of the metal joining techniques by partially melting the parent metal and filler metal with or without pressure and with or without a metal addition and produces a continuous connection. The shape of the SMAW weld seam can affect the tensile strength of the material. The material used in this research is AISI 1045 Steel plate with dimensions of 30 mm x 30 mm x 10 mm. The shape of the seam used in this study was single V seam, I seam and U seam. The results of the tensile strength test on the specimen against the variation of the seam showed that the tensile strength of the double V SMAW welded seam had a higher tensile strength, which was 499,97 N/mm² compared to the I and U seam. Based on these results, it is shown that the SMAW welded seam with V shape has a greater strain. Then followed by U and V shape. From the observation of microstructure, the value of V seam is greater than that of I and U seam. Due to the properties of pearlite grains, which are stronger, harder and less brittle. Meanwhile, the percentage of ferrite structure displayed is increasing with its soft and ductile nature which makes the strength of the material stronger than those with more pearlite grains.

Keywords: Seam, SMAW welding, tensile strength, microstructure

PENDAHULUAN

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat sangat berpengaruh terhadap perindustrian di

dalam negeri, salah satunya adalah industri yang menghasilkan atau memproduksi elemen-elemen mesin yang sebagian besar menggunakan logam

sebagai bahan bakunya. Setiap logam mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisik, sifat mekanis dan sifat kimia, maka diperlukan suatu penanganan khusus agar setiap elemen-elemen logam tersebut dapat digunakan sesuai yang diinginkan.

Pengelasan adalah salah satu proses terpenting dalam industri manufaktur. Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Salah satu proses pengelasan yang paling umum dan seringkali digunakan yaitu pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*). Yang sering menjadi permasalahan ialah ketika kekuatan dari hasil lasan tidak sesuai dengan yang ditargetkan.

Baja adalah salah satu material yang sering digunakan dalam bidang keteknikan. Terkhususnya baja AISI 1045 yang dijelaskan secara umum merupakan baja karbon sedang banyak sekali digunakan untuk pembuatan peralatan perkakas, roda gigi, crankshaft, poros propeller, baling-baling kapal dan konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan dapat dikerjakan pada proses pemesinan dengan baik.

Banyak metode pengujian pada material diantaranya uji tarik dan analisa struktur mikro (Al Khotasa M, 2016). Era globalisasi mengakibatkan perkembangan industri semakin maju dimana penggunaan alat pengelasan banyak ditemukan dalam penyambungan logam dan baja. Salah satu dari bahan tersebut yakni baja. Baja sering digunakan karena memiliki sifat las (*Weldability*) yang baik dan menghasilkan kelancaran pengelasan untuk menghasilkan logam (Veranika R, 2019). Salah satu jenis las engelasan yakni SMAW (*shield metal arc welding*). Jenis las tersebut merupakan yang umum digunakan sebab mudah dalam pengoperasiannya dan dapat digunakan

dalam berbagai tipe sambungan, posisi, serta lokasi yang sulit dikerjakan. Kemudian dari biaya pengoperasian pun relatif rendah, dan memiliki fleksibilitas akses penggunaan baik didalam maupun diluar ruangan. Elektroda atau kawat las, benda yang digunakan untuk melakukan pengelesan khususnya pada las SMAW. Kebanyakan tukang las/pengelas mengetahui dalam menentukan kawat las atau elektroda beserta arus yang digunakan, sementara elektroda memiliki fungsi yang berbeda-beda dan kegunaannya masing masing pada setiap proses pengelasan, berbeda elektroda juga berbeda juga arus yang akan digunakan (Bakhori, 2017).

Kekuatan hasil sambungan las dipengaruhi oleh berbagai faktor yang sangat beragam. Salah satunya adalah bentuk kampuh. Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang akan diisi oleh logam las, kampuh las awalnya adalah berupa kubungan las yang kemudian diisi dengan logam las. Logam yang mengalami pengaruh pemanasan akibat pemanasan nantinya akan mengalami perubahan struktur mikro disekitar daerah lasan. Bentuk struktur mikro bergantung pada temperatur tertinggi yang dicapai selama proses pengelasan, kecepatan pengelasan, dan laju pendinginan daerah 2 lasan. Daerah logam yang mengalami perubahan struktur akibat pemanasan ini disebut daerah pengaruh panas atau Heat Affected Zone (HAZ).

Pengelasan sangat erat hubungannya dengan bentuk kampuh las pada umumnya mempunyai pengaruh terhadap keamanan dari konstruksi yang dilas. Bentuk-bentuk kampuh las antara lain : kampuh las bentuk V tunggal, kampuh las bentuk V ganda, kampuh las bentuk U tunggal, kampuh las bentuk U ganda, kampuh las bentuk T dan kampuh las bentuk L. Maka dalam pemilihan jenis kampuh las yang dipakai pada proses pengelasan sangat berperan terhadap kuat tarik dan struktur mikro.

Penggunaan bentuk kampuh sambungan menurut standar pengelasan sangat dibutuhkan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang sempurna. Mutu dari pengelasan disamping tergantung dari pengerjaan lasnya sendiri dan juga sangat tergantung dari persiapan sebelum pelaksanaan pengelasan, karena pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas, secara umum pengelasan dapat diartikan sebagai suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan saat logam dalam keadaan cair. Pada penelitian ini pengelasan yang digunakan adalah las SMAW. Hal ini sangat erat hubungannya dengan arus listrik, ketangguhan, cacat las, serta retak yang pada umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dari konstruksi yang dilas. Dengan kualitas las dimulai dari perencanaan las, persiapan pengelasan, dan prosedur saat pengelasan. Perencanaan las salah satunya adalah pengaturan variasi jenis kampuh pengelasan pada las listrik SMAW.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut di atas, maka peneliti berkeinginan mengambil judul penelitian “ Pengaruh Bentuk Kampuh Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Baja Logam AISI 1045.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Kegiatan eksperimen dilakukan selama pada bulan Juli – Desember 2021, sedangkan tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Tidar.

Metode Penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa pelat Baja AISI 1045 dengan dimensi 30 mm x 30 mm x 10 mm. Material kemudian dilakukan pengujian komposisi terlebih

dahulu untuk mengetahui komposisi dari Baja AISI 1045. Langkah berikutnya yaitu pembuatan spesimen dilakukan dengan memotong dengan mesin potong (gerinda), kemudian dibuat bentuk kampuh tipe persegi, *single V* dengan sudut 65°.

Langkah berikutnya adalah proses pengelasan material sesuai dengan bentuk kampuhnya, proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dengan parameter tegangan 30 volt dan kuat arus listrik yaitu 84 A. Posisi pengelasan dilakukan dengan posisi mendatar dan tipe sambungan *butt-joint*, elektroda yang digunakan adalah E 7016 dengan diameter 2.6 mm.

Selanjutnya dilakukan pengujian kekuatan tarik dan pengamatan struktur makro terhadap material. Pengujian tarik dengan menggunakan alat uji tarik *Universal Testing Machine “Controlab”*. Pengujian tarik dilakukan sesuai standar ASTM E8/E8M-09. Sedangkan karakteristik struktur makro dilakukan untuk mengetahui perbedaan daerah las, daerah HAZ, dan daerah logam induk dari material *stainless steel 304*.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan dan pengujian eksperimen Baja AISI 1045 adalah:

Alat

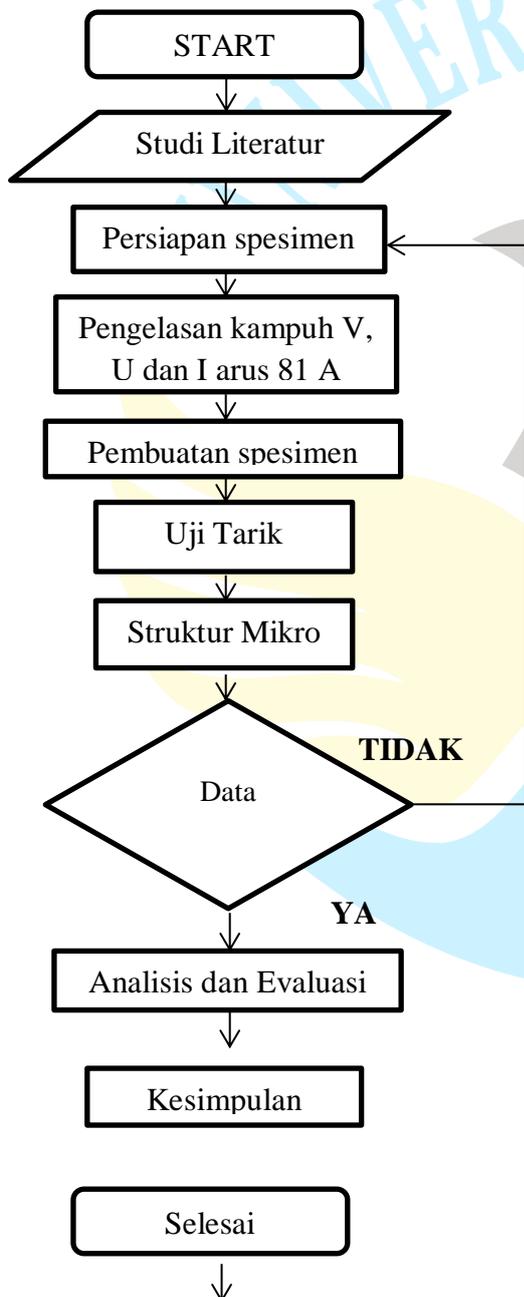
1. Mesin las SMAW, digunakan untuk menyambung spesimen.
2. Penggaris Siku, digunakan untuk mengukur dalam proses pembuatan spesimen.
3. Jangka Sorong, digunakan untuk mengukur saat pembuatan spesimen dengan cara dijepit. Penggunaan jangka sorong karena ketelitiannya dapat mencapai seperseratus millimeter.
4. *Bevel* (pengukur sudut), digunakan untuk pembuatan kampuh V dan X.
5. Kikir, digunakan untuk meratakan dan menghaluskan permukaan.

6. Mesin potong dan perlengkapan, digunakan untuk memotong- motong pelat baja aisi 1045.
7. Mesin frais vertikal dan perlengkapan, digunakan untuk pembuatan spesimen Uji Tarik dan Kampuh U.

Bahan :

Material *stainless steel* 304 dan elektroda E 7016 dengan diameter 3,0 mm.

Struktur Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Tarik

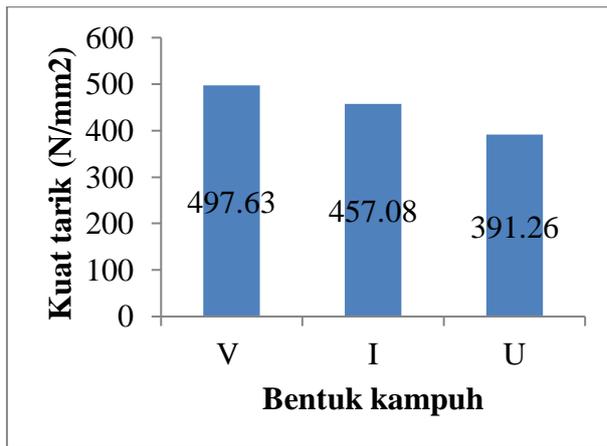
Sampel uji yang telah diuji dicantumkan pada tabel hasil uji tarik.

Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tarik dan kuat luluh

No	Kode Spesimen	Tegangan luluh (σ_y) (N/mm ²)	Tegangan tarik (σ_u) (N/mm ²)
1	V		
	V- 1	482,90	483,08
	V- 2	486,09	490,64
	V- 3	483,79	519,18
	Rata-rata	484,26	497,63
2	I		
	I- 1	362,18	442,26
	I- 2	349,21	425,36
	pI- 3	351,49	503,63
	Rata-rata	354,29	457,08
3	Kampuh U		
	U- 1	361,76	407,15
	U- 2	343,38	392,79
	U- 3	340,31	373,85
	Rata-rata	348,48	391,26

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik pada spesimen dari berbagai variasi kampuh menunjukkan bahwa kampuh V tunggal memiliki kuat tarik rata-rata 497,53 N/mm², bentuk kampuh I dengan kuat tarik rata-rata 457,08 N/mm² dan bentuk kampuh U dengan kuat tarik rata-rata 391,25 N/mm². Berdasarkan pengujian kuat tarik tersebut dapat diketahui bahwa bentuk kampuh las SMAW V memiliki kuat tarik lebih tinggi, diikuti bentuk kampuh I dan bentuk U.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik kampuh pada variasi kampuh tersebut dapat digambarkan dalam diagram batang sesuai Gambar 1.

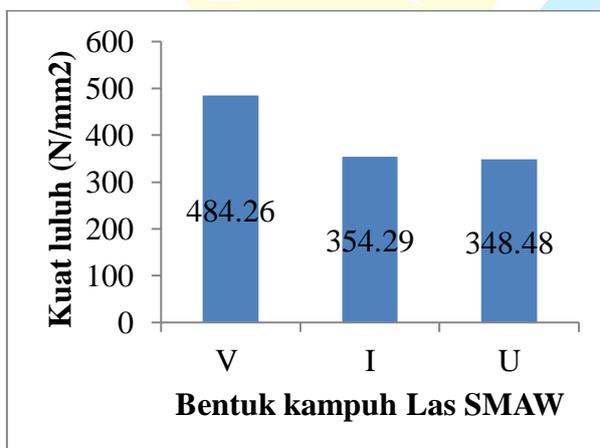


Gambar 1.

Diagram batang bentuk kampuh las SMAW terhadap kuat tarik

Pengujian kuat luluh menunjukkan bahwa kampuh V memiliki kuat luluh rata-rata 484 N/mm², kampuh las SMAW, bentuk I dengan kuat luluh rata-rata 354,29 N/mm² dan kampuh bentuk U dengan kuat luluh rata-rata 348,48 N/mm². Berdasarkan pengujian kuat luluh pada berbagai variasi kampuh tersebut dapat diketahui bahwa bentuk kampuh las SMAW V memiliki kuat luluh lebih tinggi, diikuti bentuk I dan bentuk U.

Berdasarkan hasil pengujian kuat luluh las SMAW pada baja logam dengan berbagai variasi kampuh tersebut dapat digambarkan pada diagram batang 2.



Gambar 2.

Diagram batang bentuk kampuh las SMAW terhadap kuat luluh

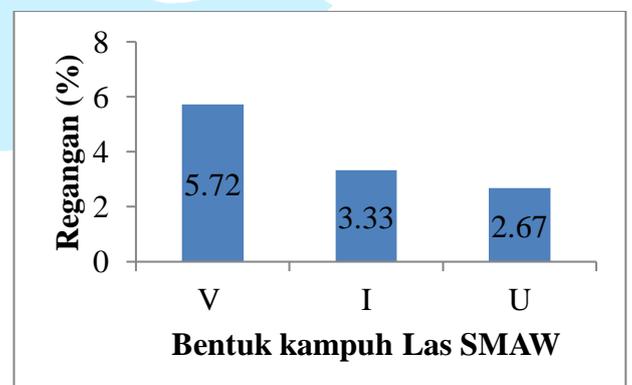
Hasil Uji Regangan

Hasil uji regangan variasi kampuh las SMAW disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji regangan

No	Kode Spesimen	Panjang awal (L_o) (mm)	Panjang akhir (L_f) (mm)	Regangan (ϵ) (%)
1	V			
	V- 1	94,2	100	6,16
	V- 2	94,5	99,5	5,29
	V- 3	94,6	100	5,71
	Rata-rata	94,43	99,83	5,72
2	I			
	I- 1	94,5	95,6	4,82
	I- 2	91,8	99,0	2,91
	I- 3	95,5	95,6	2,25
	Rata-rata	93,93	96,73	3,33
3	Kampuh U			
	U- 1	93,2	97,4	3,07
	U- 2	96,5	98,0	1,56
	U- 3	95,2	98,4	3,36
	Rata-rata	94,97	97,93	2,67

Berdasarkan Tabel 4.2 tersebut di atas diperoleh hasil bahwa pada bentuk kampuh las SMAW V tunggal menghasilkan regangan rata-rata 5,72 %. Bentuk kampuh I menghasilkan regangan rata-rata 3,33 % dan kampuh bentuk U menghasilkan regangan rata-rata 2,67 %. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa kampuh las SMAW dengan bentuk kampuh V memiliki regangan lebih besar. Kemudian diikuti kampuh bentuk I dan U. Hasil pengujian regangan variasi kampuh digambarkan dalam diagram batang 3.

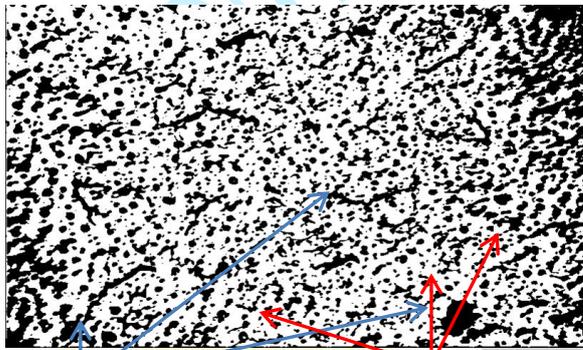


Gambar 3.

Diagram batang variasi bentuk kampuh las SMAW terhadap regangan

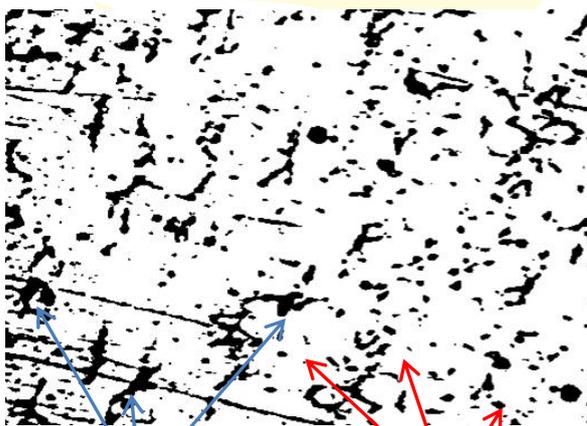
Hasil Uji Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan pada sampel pengamatan dibuat dengan empat variasi kampuh (kampuh V, kampuh I dan kampuh U), serta pengamatan tiap variasi pada daerah lasan. Pengujian struktur mikro ini pembesaran foto diperoleh dari perkalian lensa obyektif dan okuler. Lensa obyektif yang dipakai 10x, lensa okuler 10x sehingga perbesaran bisa mencapai 100x. Pada jarak 10 setrip pada foto untuk perbesaran 100x adalah 100 μm . Sampel uji yang telah diuji dicantumkan dengan gambar dibawah ini :



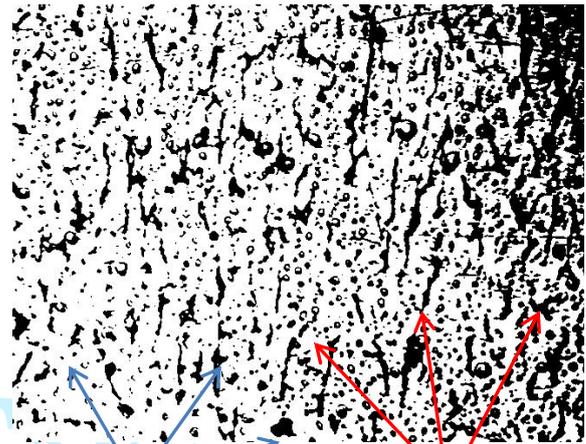
Perlit Ferrit

Gambar 4.
Struktur mikro kampuh V



Perlit Ferrit

Gambar 5.
Struktur mikro kampuh I



Perlit Ferrit

Gambar 6.
Struktur mikro kampuh U

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat struktur yang terkandung adalah ferrit dan perlit. Ferrit adalah fasa yang terbentuk pada suhu 300-700 $^{\circ}\text{C}$ (Fiskan, 2016). Fasa ferrit mempunyai sifat lunak dan lebih mudah berkarat terlihat pada setiap ferrit terdapat titik kecil yang merupakan karat. Perlit adalah campuran sementit dan ferrit. Banyak sedikitnya perlit dipengaruhi karena kandungan karbon. Semakin sedikit kandungan karbon maka semakin sedikit kadungan perlit. Maka dari itu jumlah perlit terlihat sedikit.

Setelah proses pengelasan yang dilanjutkan dengan pendinginan udara secara perlahan-lahan, maka selanjutnya dilakukan pengetsaan terhadap spesimen untuk dilakukan pengamatan struktur mikro. Struktur perlit ditampilkan dengan warna gelap dengan sifat lebih kuat, keras dan sedikit getas, sedangkan struktur ferrit yang ditampilkan dengan warna terang dengan sifat lunak dan ulet.

Pembahasan

Hasil pengujian kuat tarik pada spesimen terhadap variasi kampuh menunjukkan bahwa kuat tarik bentuk kampuh las SMAW V memiliki kuat tarik lebih tinggi, yaitu 499,97 N/mm^2 . Kemudian diikuti bentuk kampuh I dengan

kuat tarik rata-rata 457,08 N/mm² dan bentuk kampuh U dengan kuat tarik rata-rata 391,25 N/mm². Kampuh V memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dari kampuh lainnya, hal tersebut disebabkan oleh pada saat pembuatan root terjadi secara maksimal sehingga material lasan menyatu dengan baik. Pada kampuh V ganda memiliki kekuatan tarik yang kurang maksimal dikarenakan saat proses pengelasan root terjadi kurang maksimal sehingga pada pengelasan tidak terisi secara merata pada bagian root. Kampuh I memiliki kekuatan tarik yang paling rendah dikarenakan pada saat pengelasan root, root tidak tembus hingga bawah lasan, dikarenakan kampuh I sulit untuk terjadi lelehan hasil root sehingga terdapat lubang yang terjadi pada kampuh I.

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Kekuatan tarik adalah kebalikan dari kekuatan tekan, dan nilainya bisa berbeda. Beberapa bahan dapat patah begitu saja tanpa mengalami deformasi, yang berarti benda tersebut bersifat rapuh atau getas (*brittle*). Bahan lainnya akan meregang dan mengalami deformasi sebelum patah, yang disebut dengan benda elastis (*ductile*). Kekuatan tarik umumnya dapat dicari dengan melakukan uji tarik dan mencatat perubahan regangan dan tegangan. Titik tertinggi dari kurva tegangan-regangan disebut dengan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) nilainya tidak tergantung pada ukuran bahan, melainkan karena faktor jenis bahan. Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi seperti keberadaan zat pengotor dalam bahan, temperatur dan kelembaban lingkungan pengujian, dan penyiapan spesimen.

Pengujian kuat luluh pada spesimen kampuh las SMAW menunjukkan bahwa kampuh V tunggal memiliki kuat luluh tertinggi dibandingkan dengan bentuk kampuh I dan bentuk U, yaitu rata-rata 484 N/mm², sedangkan kampuh las SMAW bentuk I dengan kuat luluh rata-rata 354,29

N/mm² dan kampuh bentuk U dengan kuat luluh rata-rata 348,48 N/mm². Pada material baja AISI 1405 saat pengujian tarik tegangan tertinggi terdapat pada kampuh V dengan nilai 499,97 N/mm² yang membuat material baja ISI 1405 mengalami deformasi plastis. Hal tersebut membuktikan bahwa material baja dengan menggunakan sudut kampuh V melalui proses pengelasan SMAW memiliki tegangan luluh lebih tinggi dibandingkan pengelasan dengan sudut kampuh I maupun U.

Hasil pengamatan bentuk kampuh las SMAW V menghasilkan regangan rata-rata 5,72 %. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa kampuh las SMAW dengan bentuk V memiliki regangan lebih besar. Kemudian diikuti kampuh bentuk I dan U. Bertambahnya jarak kampuh berarti bertambah banyaknya filler yang harus masuk untuk mengisi kampuh yang berarti terjadi peningkatan jumlah panas (*Heat Input*) yang menyertai filler. Peningkatan panas ini juga mengakibatkan peningkatan residual stress yang membuat sudut distorsi semakin membesar.

Setelah dilakukan proses pengelasan SMAW tampak adanya perubahan jumlah perlit dan ferit setelah pengamatan struktur mikro. Jumlah presentase kandungan struktur perlit lebih sedikit dibandingkan dengan presentase ferit yang lebih banyak disebabkan oleh unsur karbon yang terperangkap oleh daerah lasan pada waktu didinginkan dengan udara. Pada semua hasil foto struktur mikro dapat dilihat bertambahnya butiran perlit pada pengelasan baja AISI 1405. Hal ini disebabkan akibat suhu pengelasan dapat merubah butiran perlit dan ferit. Semakin sedikit jumlah butiran perlit, semakin menurun pula kekuatan dari material tersebut. Karena sifat butiran perlit yang lebih kuat, keras dan sedikit getas. Sedangkan jumlah presentase struktur ferit yang ditampilkan semakin banyak dengan sifatnya lunak dan ulet yang membuat kekuatan material lebih kuat dari pada yang lebih banyak butiran perlitnya.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh bentuk kampuh las SMAW terhadap kuat tarik dan struktur mikro material baja AISI 1405 dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kuat tarik pada spesimen terhadap variasi kampuh menunjukkan bahwa kuat tarik bentuk kampuh las SMAW V memiliki kuat tarik lebih tinggi, yaitu 497,65 N/mm² dibandingkan dengan bentuk kampuh I dan U.
2. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa kampuh las SMAW dengan bentuk V memiliki regangan lebih besar. Kemudian diikuti kampuh bentuk I dan U.
3. Dari pengamatan struktur mikro nilai kampuh V lebih besar dari kampuh I dan U. Karena sifat butiran perlit yang lebih kuat, keras dan sedikit getas. Sedangkan jumlah presentase struktur ferit yang ditampilkan semakin banyak dengan sifatnya lunak dan ulet yang membuat kekuatan material lebih kuat dari pada yang lebih banyak butiran perlitnya.

Saran

1. Pada Penelitian selanjutnya variasi bentuk kampuh bisa diganti dengan variasi bentuk kampuh lainnya.
2. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah E7018 bisa diganti dengan jenis elektroda lainnya.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi suhu, variasi heat input, dan dengan pengujian lainnya sehingga dapat diperoleh hasil yang optimal untuk meningkatkan sifat mekanis dari jenis material Baja AISI 1405.

DAFTAR PUSTAKA

Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2017. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero).

Mulyadi dan Iswanto, 2020. Buku Ajar Teknologi Pengelasan. Buku Ajar Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Arif Rahman, 2020. Analisa pengaruh variasi kampuh terhadap hasil pengelasan SMAW pada stainless steel 304 menggunakan pengujian ultrasonic dan kekuatan tarik. Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Volume 18 Nomor 1, Februari 2020.

Supriyono, 2018. Pengaruh Bentuk Kampuh Las Terhadap Sifat Mekanik Material Baja ST 37. Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Industri Universitas Gunadarma Volume 6 Nomor 2.

Ferry Budi, S. 2015, Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Karakteristik Baja Karbon Rendah Hasil Pengelasan SMAW. Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Edisi terbit II - Oktober 2015.

Sunaryo, Hery. 2008. Teknik Pengelasan Kapal jilid 1, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Kejuruan.

Saiful Huda, 2017. Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan SMAW Terhadap Destorsi Sudut dan Kekuatan Tarik Sambungan BUTT-JOINT Baja AISI 4140. Jurnal Teknologi Volume 6 Nomor 2. Fakultas Teknik Industri Akprind.