Pengaruh Variasi Elekroda Pengelasan SMAW Baja A36 Terhadap Kekuatan Sambungan Las

Nani Kurniawati , Harry Pangestu dan Tri Surawan[*)]

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Universitas Jayabaya, Jl. Raya Bogor Km. 28,8 Cimanggis Jakarta Timur

*)*Corresponding author* : tri.surawan@gmail.com

Abstract

Welding is done to connect two metals of the same or different types. Welding is carried out for various industries such as oil pipelines, shipping, buildings, heavy machinery, foundries and etc. Good welding results will improve the quality of certain products. Welding results are influenced by several factors, namely, the ability of welder, welding position, selected electrode, type of weld used, electrical polarity and electrode movement. This study aims to analyze the effect of type of electrode used to determine welding connection on A36 steel using SMAW welding. To determine the strength of the weld joint, Vickers micro hardness (HV) testing was carried out. After that analyze the microstructure that is formed in base metal area, Heat Affected Zone (HAZ) area, and weld metal by preparing the test object for sanding and polishing to make it shiny so it looks like glass. This research was conducted using an experimental method to determine the comparison of hardness and microstructure formed on each of these electrodes. From the results of microstructure testing, there was no significant difference between the E6013, E7016 and E7018 electrodes. From the hardness test, the specimen with the E6013 electrode had the highest hardness value of 190.5 HV.

Abstrak

Pengelasan dilakukan untuk menyambungkan dua buah logam baik yang sama maupun berbeda jenisnya. Pengelasan dilakukan untuk berbagai macam industri seperti pipa minyak, perkapalan, bangunan, pemesinan berat, pengecoran dan sebagainya. Hasil pengelasan yang baik akan meningkatkan mutu produk tertentu. Hasil pengelasan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, kemampuan juru las, posisi pengelasan, elektroda yang dipilih, jenis las yang digunakan, polaritas listrik dan gerakan elektroda.Tujuan penelitian ini, yaitu untuk menganalis pengaruh jenis elektroda yang dipakai untuk mengetahui sambungan las pada baja A 36 menggunakan las SMAW. Untuk mengetahui kekuatan sambungan las dilakukan pengujian *micro hardness Vickers* (HV). Setelah didapat hasil pengujian kekerasan kemudian menganalisa struktur mikro apa saja yang terbentuk di area *base metal*, area *Heat Affectedd Zone* (HAZ), dan *weld metal* dengan cara menyiapkan benda uji untuk dilakukan pengamplasan dan pemolesan hingga mengkilap sehingga bisa terlihat seperti kaca. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen untuk mengetahui perbandingan kekerasan dan struktur mikro yang terbentuk pada masing-masing elektroda tersebut. Dari hasil pengujian struktur mikro tidak terjadi perbedaan yang signifikan dari elektroda E 6013, E 7016 dan E 7018. Dari pengujian kekerasan spesimen dengan elektroda E 6013 memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu 190.5 HV.

Kata kunci : *Electrode , Hardness,Microstructure, SMAW, Welding*

PENDAHULUAN

Negara Indonesia termasuk salah satu negara yang mempunyai potensi pengembangan dibidang konstruksi dan manufaktur. Pengelasan memiliki kontribusi penting pada bidang konstruksi dan manufaktur karena mempengaruhi sebagian besar sektor perekonomian negara agar dapat meningkatkan standar kehidupan dapat terwujud. Oleh karena itu, seiring dengan pembangunan sektor konstruksi dan manufaktur menuju perkembangan lebih lanjut, kebutuhan akan material logam dan baja merupakan potensi bisnis yang dapat berpotensi mendongkrak pertumbuhan ekonomi nasional[1].

Pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam industri konstruksi dan migas. Pembangunan konstruksi bahan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena dengan melakukan variasi elekroda pengelasan akan didapatkan sambungan las dengan kekuatan yang optimal, dan merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik [2].

Berdasarkan definisi dari *American Welding Society* (AWS) pengelasan adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akan disambung hingga temperatur las, yang dilakukan dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi. Definisi tersebut dapat diartikan lebih lanjut bahwa pengelasan adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama ataupun berbeda titik maupun strukturnya [2]. Proses Las SMAW disebut juga proses las elektroda terbungkus yang saat ini banyak kita jumpai pada masa kini, karena cukup sederhana dan mudah cara penggunaannya. Las Elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah atau pengisi berupa elektroda terbungkus [3]. Proses pengelasan atau penyambungan antara dua bagian logam dengan menggunakan energi panas akan mengalami

siklus termal yang cepat di daerah lasan yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan retak dan lain sebagainya yang pada umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dari konstruksi yang dilas [4]. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) [2].

Daerah pengelasan terdiri beberapa bagian yaitu: daerah logam induk adalah material atau *base metal* yang akan dilakukan pengesalan , daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las dan daerah logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku struktur kristal logam akan rusak pada titik cairnya, batas butir akan lenyap dan kekuatan mekanik tidak akan berarti lagi. Struktur kristal akan terbentuk kembali jika logam didinginkan. Sewaktu membeku, energi dilepaskan dalam bentuk panas laten pembekuan, dan laju pembekuan bergantung pada jumlah panas yang dapat dilepaskan [2]. *Weld-Ability* atau keterlasan, adalah kemampuan suatu logam atau kombinasi logam yang dilas menjadi suatu konstruksi tertentu yang memiliki karakteristik dan sifat tertentu dan sanggup memenuhi persyaratan yang diinginkan. Pengertian yang lebih mudah dipahami dari *Weld - ability* ini adalah logam dengan sifat *Weld- Ability* tinggi berarti mampu di las dengan usaha yang minim [5].

Pada penelitian ini, dibuat pengelasan yang menggunakan bahan material baja A36 menggunakan metode pengelasan SMAW dengan elektroda sebagai pembanding untuk mengetahui perbandingan kekerasan dan struktur mikro.

METODE PENELITIAN

Pemilihan Bahan.

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah bahan A 36 berbentuk plat dengan ukuran panjang 250 mm, lebar 125 mm dan tebal 10 mm.

Pengelasan Metoda SMAW

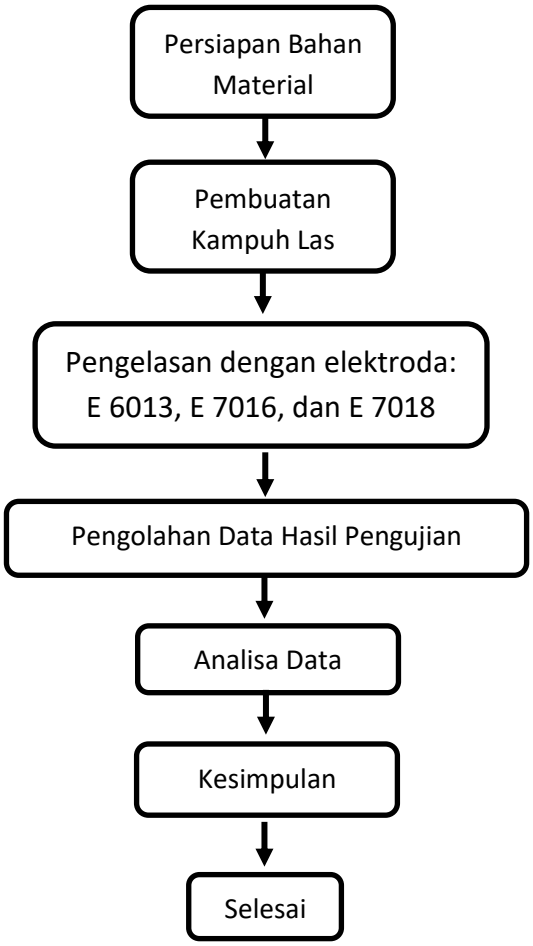
Mempersiapkan mesin las SMAW DCEN untuk pengelasan *Rooting* (penetrasi) dan DCEP untuk pengelasan *Filler metal* dan *capping*, selanjutnya material yang sudah di siapkan lanjut dibuat sudut kampuh atau *Single V-Groove* dan di tempatkan pada meja las. Posisi pengelasan yang di pakai adalah 1G posisi pengelasan mendatar atau dibawah tangan. Siapkan elektroda sesuai dengan rekomendasi arus masing-masing elektroda jenis E 6013, E 7016, dan E 7018 dengan ukuran diameter 3.2 mm. Nyalakan mesin las dan kemudian elektroda digoreskan ke material sampai menyala. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk *speciment* seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Pengujian Kekerasan

Prinsip kerja dari pengujian ini menggunakan indentor yang berbentuk piramid dengan dasar berbentuk bujur sangkar dan sudut antara dua bidang miring yang berhadapan sebesar 136^0. Tahap pertama memasang indentor piramida intan. Kemudian penekanan piramida intan 136^0 dipasang pada tempat indentor mesin uji, kencangkan secukupnya agar penekan intan tidak jatuh. Selanjutnya memberi garis warna pada daerah logam las, HAZ dan logam induk untuk tanda batas. Meletakkan benda uji yang akan di test di atas landasan. Menentukan titik yang akan diuji sesuai tanda. Terakhir tekan tombol indentor untuk memulai pengujian.

Pengujian Struktur Mikro

Bahan material baja A 36 diambil dengan ukuran panjang 50 mm dan lebar 10 mm. Selanjutnya memasuki tahap ini perlu dilakukan proses pemolesan / pengampelasan pada *specimen* uji supaya terbebas dari kotoran yang menempel pada bagian luar *specimen*. Pertama kita perlu pengamplasan pada material yang sudah dilas. Proses ini bertujuan untuk meratakan dan menghaluskan serta memperkecil kerusakan permukaan yang terjadi akibat proses pengerjaan sebelumnya. Ukuran amplas yang digunakan mulai dari kasar yaitu 120, 400, 600, 700, 1000 dan 1200 *mesh*. Selanjutkan dilakukan pemolesan menggunakan *autosol* untuk memperhaluskan benda uji sampai mengkilap dan terlihat sedikit batas-batas logam induk dengan HAZ dan *weld metal* dan digosok dengan kain pada arah sejajar dan pada akhir penggosokan arah melingkar.



Gambar 1. Diagram Proses alir pengujian Kekesaran dan Struktur Mikro

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penngujian Kekerasan Menggunakan Elektroda 6013, 7016, dan 7018

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan metode *micro hardness Vickers* (HV) dengan menggunakan standar uji yang digunakan adalah ASTM E 384. Pengambilan data pada material baja A 36 sebanyak 9 titik penekanan pada satu spesimen dengan distribusi penitikan 3 di bagian atas spesimen yang meliputi logam dasar (*Base Metal*), *Heat Affectedd Zone* (HAZ), dan di logam lasan (*Weld Metal*), 3 titik di bagian tengah spesimen yang meliputi logam dasar (*Base Metal*), *Heat Affectedd Zone* (HAZ), dan di logam lasan (*Weld Metal*), 3 titik di bagian bawah spesimen yang meliputi logam dasar (*Base Metal*), *Heat Affectedd Zone* (HAZ), dan di logam lasan (*Weld Metal*).

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan E 6013

Zona	Posisi	*Hardness Vickers Number*		
Weld Metal	Atas	173.3	174.06	174.8
	Tengah	178	178.7	179.5
	Bawah	188.9	189.7	190.5
HAZ	Atas	167.4	168.03	168.7
	Tengah	168.6	169.2	169.9
	Bawah	168.9	169.6	170.3
Base Metal	Atas	163.9	164.6	165.3
	Tengah	164.1	164.8	165.5
	Bawah	163.1	163.7	164.4

Dari Tabel 1 kekerasan pada elektroda E 6013 yang telah dirata – ratakan, terlihat nilai kekerasan tertinggi di *weld metal* dengan nilai 190,5 HV.

Tabel 2 .Hasil pengujian kekerasan E 7016

Zona	Posisi	*Hardness Vickers Number*		
Weld Metal	Atas	193.9	194.8	195.7
	Tengah	163.9	164.6	165.3
	Bawah	163.4	163.9	164.7
HAZ	Atas	181.3	182.05	182.9
	Tengah	176.1	176.8	177.6
	Bawah	176.9	177.7	178.5
Base Metal	Atas	163.8	164.4	165.1
	Tengah	163.7	164.3	165.002
	Bawah	163.5	164.1	164.8

Dari Tabel 2 pada elektroda E 7016 yang telah dirata – ratakan, terlihat nilai kekerasan tertinggi di *weld metal* dengan nilai 195.7 HV.

Tabel 3 .Hasil pengujian kekerasan E 7018

Zona	Posisi	*Hardness Vickers Number*		
Weld Metal	Atas	175.4	176.1	176.9
	Tengah	164.2	164.9	165.6
	Bawah	164.4	161.6	162.3
HAZ	Atas	184.8	185.6	186.4
	Tengah	176.3	177.1	177.8
	Bawah	176.6	177.3	178.05
Base Metal	Atas	163.4	163.9	164.7
	Tengah	164	164.7	165.4
	Bawah	162.7	163.3	163.9

Dari Tabel 3 pada Elektroda E 7018 yang telah dirata – ratakan terlihat nilai kekerasan tertinggi di HAZ dengan nilai 185,6 HV.

Tabel .4 Perbandingan nilai kekerasan

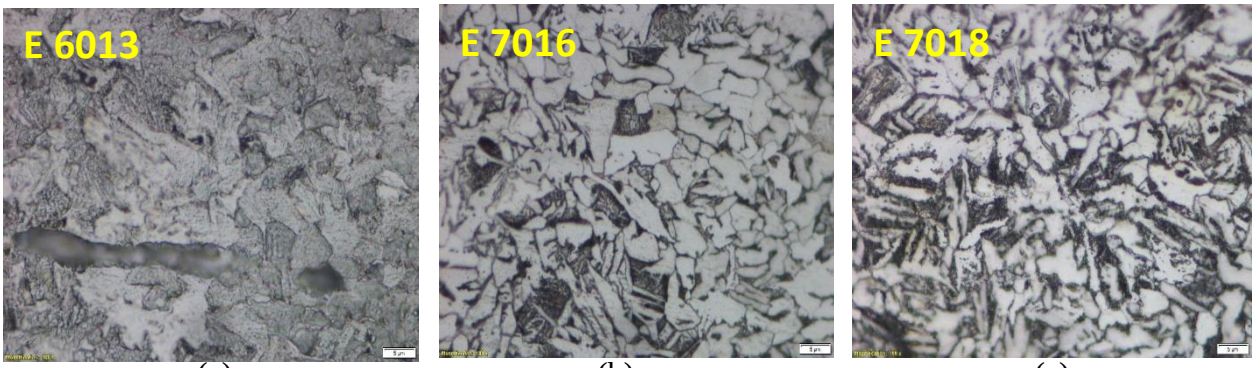
Spesimen	*Weld Metal*	HAZ	*Base Metal*
E 6013	180.8	168.9	164.4
E 7016	176.5	178.9	164.3
E 7018	167.9	179.9	164

Dari Gambar 2 dapat ditemukan fakta bahwa nilai rata – rata kekerasan tertinggi di *weld metal* adalah elektroda E 6013 dengan nilai kekerasan 180.8 HV, karena arus yang berlebih dan *base metal* akan lebih cepat meleleh sehingga elektroda dapat mudah penetrasi ke dalam base metal dan terjadi *fusi* yang sempurna. Adapun nilai kekerasan terendah *weld metal* adalah elektroda E 7018 dengan nilai kekerasan 167,9 HV, penyebabnya karena kurangnya masukan arus di elektroda sehingga elektroda belum sepenuhnya meleleh sehingga penetrasi ke *base metal* belum sempurna. Sedangkan nilai kekerasan di bagian HAZ dan *Base Metal* dari keempat plat diatas relatif sama. Pada bagian *weld metal* dari keempat parameter selalu lebih tinggi nilai kekerasannya karena kadar karbon yang terkandung lebih tinggi daripada zona lainnya

Gambar 2. Perbandingan pengujian kekerasan

Hasil Pengujian Struktur Micro Menggunakan Electroda E6013, E7016, dan E7018

Pada pengujian ini diambil 3 zona lasan yaitu daerah *weld metal*, *HAZ (Heat Affected Zone*, dan *Base Metal* menggunakan mikroskop tertentu yang mempunyai kemampuan pembesaran hingga 100x untuk mengetahui struktur apa yang terbentuk didalamnya.

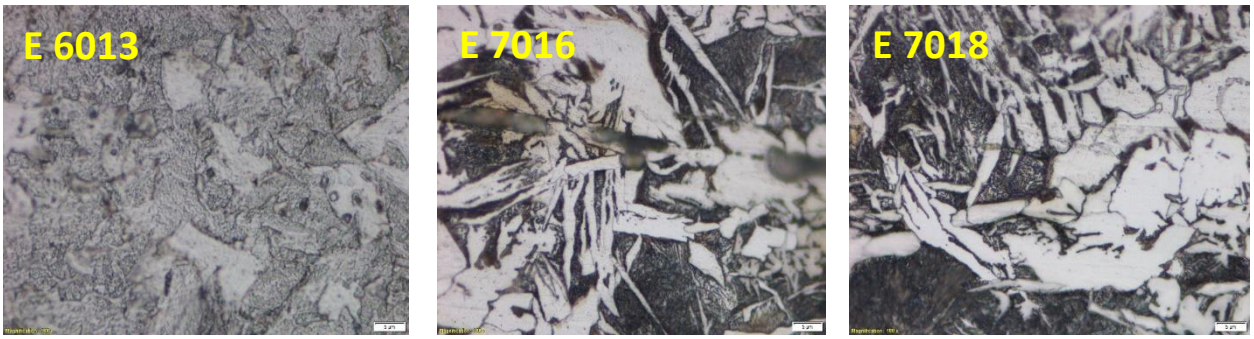


(a) (b) (c)

Gambar 3. Struktur mikro elektroda (A) E 6013, (B) E 7016, dan (C) E 7018 di bagian *Base Metal* terdapat struktur *Ferrite* (Area Putih) dan *Pearlite* (Area Hitam), Struktur mikro di *Base Metal* (pembesaran 100x)

Pada Gambar 3 daerah *base metal* semua spesimen tidak ada perbedaan yang signifikan, karena daerah ini di dominasi oleh struktur *ferrite* yang berwarna putih atau terang, sedangkan *pearlite*

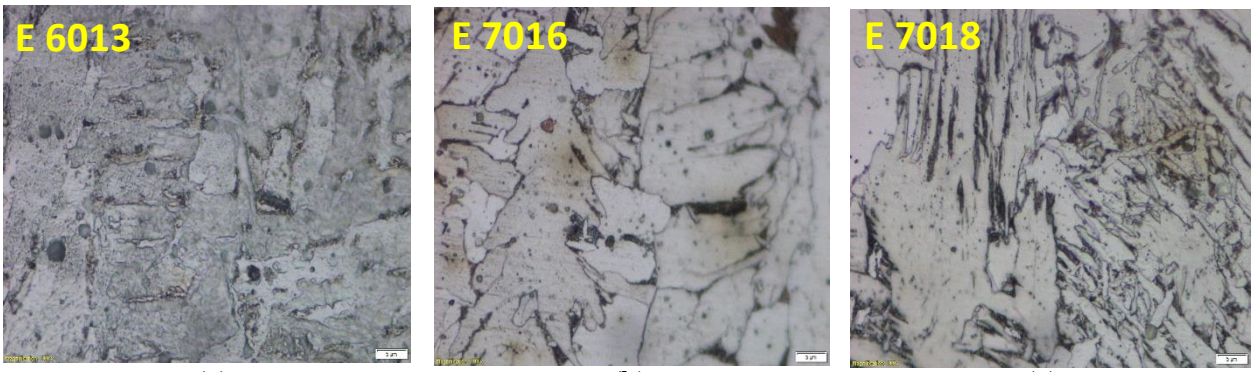
yang berwarna hitam. Pada daerah ini tidak terjadi perubahan apapun karena hanya sedikit terpengaruh panas pengelasan sehingga tidak merubah struktur di dalamnya.



(a) (b) (c)

Gambar 4. Struktur mikro elektroda E 6013, E 7016, dan E 7018 di bagian *Base Metal* terdapat struktur *Ferrite* (Area Putih) dan *Pearlite* (Area Hitam), Struktur mikro di HAZ (pembesaran 100x)

Pada Gambar 4 daerah *Heat Affected Zone* (HAZ), terlihat *ferrite* yang menyatu ditunjukkan dengan warna putih atau terang membentuk memanjang seperti kristal es dan bagian *pearlite* semakin sedikit karena adanya perubahan temperatur panas dari pengelasan.



(a) (b) (c)

Gambar 5. Struktur mikro elektroda E 6013, E 7016, dan E 7018 di bagian *Base Metal* terdapat struktur *Ferrite* (Area Putih) dan *Pearlite* (Area Hitam),, Struktur mikro di *Weld Metal* (pembesaran 100x)

Pada Gambar 5. daerah *weld metal*, terlihat *pearlite* ditunjukan dengan warna hitam membentuk bulat atau *oval* lebih dominan dibandingkan dengan *ferrite*, maka kekerasan di

daerah *weld metal* ini nilainya terbesar dibandingkan dengan daerah lainnya.

Berdasarkan hasil penelitian struktur mikro yang telah dilakukan, maka dapat diketahui Pada daerah perbatasan HAZ - *weld metal*, terlihat bahwa di daerah HAZ masih terdapat *ferrite* yang berbentuk butiran memanjang sedangkan pada daerah *weld metal* mulai terbentuk banyak *pearlite*, pada fasa ini terjadi transformasi sebagian yaitu *ferrite* + *pearlite* menjadi *austenite* + *pearlite* sehingga nilai kekerasannya menjadi lebih tinggi. Pada elektroda E 6013 masih terdapat fasa *ferrite* yang mendominasi, hal ini mempengaruhi nilai kekerasan pada spesimen A yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen yang lainya.

KESIMPULAN

Pada pengujian kekerasan pada material baja A 36 yang di las pada bagian Weld Metal elektroda E 6013 mempunyai nilai kerasan paling tinggi di area weld metal di karenakan arus yang berlebih dan base metal akan lebih cepat meleleh sehingga elektroda dapat mudah penetrasi ke dalam base metal dan terjadi fusi yang sempurna. Sedangkan di area HAZ elektroda E 7018 mempunyai nilai kekerasan yang paling tinggi dikarenakan kandungan karbon tersebut lebih tinggi dari kedua elektroda lainnya. Dapat disimpulkan bahwa pada pengujian struktur mikro tidak terjadi perubahan yang signifikan, karena dari prosedur pengelasan yang digunakan sama, hanya saja yang membedakan adalah variasi elektroda yang menentukan nilai kekerasan dan stuktur mikronya.

DAFTAR NOTASI

A = *Ampere*, A
Mm = satuan panjang *milimeter*, mm
HAZ = *Heat Affectedd Zone*
HV = Nilai kekerasan Vickers
Mesh = ukuran dari jumlah lubang suatu jaring atau kasa pada luasan 1 inch persegi jaring / kasa yang bisa dilalui oleh material padat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Abdus and Shahar, Analisa pengaruh variasi elektroda las e6013 dan e7018 terhadap kekuatan Tarik dan kekerasan pada bahan baja ss 400, Yogyakarta : Universitas Muhamadiyah Yogyakarta, 2017.

[2] P. D. I. H. Wiryosumarto & P. D. T. Okumura. . *Teknologi Pengelasan Logam* (8th ed.). Jakarta: Pradnya Paramita, 2000.

[3] Marwanto, & Arif. *Materi Pelatihan Life Skills Shielded Metal Arc Welding*. Universitas Negeri Yogyakarta, 2005

[4] Sukaini. *Teknik Las SMAW*. Malang: PPPPTK BOE MALANG, Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia , 2013.

[5] Sonawan, Hery, & Suratman, R. *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan* ,2004