
DRAFT PUBLIKASI

**PENGARUH VARIASI ELEKTRODA TERHADAP KEKUATAN
TARIK DAN KEKERASAN VICKERS LAS SMAW TERHADAP BAJA
KARBON RENDAH.**



Disusun Oleh :

Galang Oktavian Pangestu

210015150

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA
2021**

**SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
DAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI**

Dosen Pembimbing Pertama :

Nama : Ir. Wartono, M.Eng.
NIP/NIK : 196211151994031001
Program Studi : Teknik Mesin S1
E-Mail : wartono@itny.ac.id

Dosen Pembimbing Kedua :

Nama : Ir. Nizam Efendi, M.M.
NIP/NIK : 19730109
Program Studi : Teknik Mesin S1
E-Mail : nizamefendi@itny.ac.id

Mahasiswa/i :

Nama : Galang Oktavian Pangestu
Nomor Mahasiswa/i : 210015150
Program Studi : Teknik Mesin S1
E-Mail : galangoktavian3066@gmail.com
HP : 087738923243
Alamat Lengkap : JG2/28D RT 08/34 Jurugentong, Banguntapan, Bantul.
Tanggal Sidang : 15 Februari 2021
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan
Vickers Las SMAW Pada Baja Karbon Rendah.

Judul Artikel Ilmiah : Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan
Vickers Las SMAW Pada Baja Karbon Rendah.

Menyatakan bahwa artikel mahasiswa tersebut di atas telah diperiksa oleh dosen pembimbing pertama dan kedua dan disetujui untuk **dipublikasikan di portal Jurnal Mahasiswa Teknik Mesin** (<https://journal.sttnas.ac.id>) serta menyatakan dengan sebenarnya bahwa artikel ilmiah yang tersebut di atas adalah **ASLI**, dan merupakan hasil karya ilmiah mahasiswa tersebut di atas sendiri bersama dosen pembimbingnya dan **BEBAS PLAGIASI**. Jika ternyata dikemudian hari terbukti merupakan plagiasi punya orang lain atau auto plagiasi, maka mahasiswa tersebut di atas bersedia menerima **SANKSI** yang berlaku di STTNAS Yogyakarta.

Demikian surat persetujuan Publikasi Karya Ilmiah dan pernyataan Bebas Plagiasi ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya dan terima kasih.

Dosen Pembimbing Pertama



Ir. Wartono, M.Eng.
NIP : 196211151994031001

Mengetahui:
Ketua Program Studi Teknik Mesin



Ir. Wartono, M.Eng.
NIP : 196211151994031001

PENGARUH VARIASI JENIS ELEKTRODA TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN VICKERS LAS SMAW PADA BAJA KARBON RENDAH

Galang Oktavian Pangestu⁽¹⁾, Wartono⁽²⁾, Nizam Efendi⁽³⁾.

⁽¹⁾Program Studi S1 Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

^(2,3)Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

^(1,2,3)Intitut Teknologi Nasional Yogyakarta; Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta

55281 - Telp. (0274)485390 – Fax. (0274)487249

e-mail: ⁽¹⁾galangoktavian3066@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan juga temperatur pada variasi elektroda (E6013, E7016, dan E7018) yang paling berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekerasan *vickers* sambungan las SMAW pada baja karbon rendah. Penelitian ini menggunakan *strip plat* baja karbon sedang berukuran 300 mm × 95 mm × 6 mm yang diberi kampuh “V” dengan sudut 40° dan dilas menggunakan pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), menggunakan 3 *layer* dengan diameter elektroda 2,6 mm dengan arus 50A pada *layer* pertama, 2,6 mm dengan arus 80A pada *layer* kedua dan 2,6 mm dengan arus 80A pada *layer* ketiga. Kandungan karbon pada *strip plate* 0,1304% dan pada *weld metal* 0,0720%. Struktur mikro yang terbentuk adalah *acicular ferrite*, *grain boundary ferrite*, *widmanstatten ferrite*, *ferrite* dan *pearlite*. Kekerasan tertinggi pada spesimen jenis elektroda E6013, E7016, dan E7018 berturut-turut sebesar 205.7 kgf/mm² VHN, 174.3 kgf/mm² VHN, 222.5 kgf/mm² VHN. Serta nilai kekuatan tarik pada spesimen jenis elektroda E6013, E7016, dan E7018 berturut-turut sebesar 44.11 kgf/mm², 43.15 kgf/mm², 42.25 kgf/mm². Sedangkan nilai regangan pada spesimen jenis elektroda E6013, E7016, dan E7018 berturut-turut sebesar 28.46%, 25.96%, 25.7%.

Kata Kunci : variasi elektroda, SMAW, baja karbon rendah, struktur mikro, Kekuatan Tarik, Kekerasan.

ABSTRACT

This study aims to determine the effect and temperature of the electrode variations (E6013, E7016, and E7018) which most influence the tensile strength and hardness of the SMAW weld joint vickers on low carbon steel. This study used a strip of medium carbon steel plate measuring 300 mm × 95 mm × 6 mm which was given a "V" seam with a 40 ° angle and welded using Shielded Metal Arc Welding (SMAW), using 3 layers with an electrode diameter of 2.6 mm with current of 50A in the first layer, 2.6 mm with a current of 80A in the second layer and 2.6 mm with a current of 80A in the third layer. The carbon content on the strip plate is 0.1304% and on weld metal is 0.0720%. The microstructure formed is acicular ferrite, grain boundary ferrite, widmanstatten ferrite, ferrite and pearlite. The highest hardness in the electrode type specimens E6013, E7016, and E7018 were 205.7 kgf/mm² VHN, 174.3 kgf/mm² VHN, 222.5 kgf/mm² VHN, respectively. As well as the tensile strength values in the specimens of the electrode types E6013, E7016, and E7018 are kgf/mm², 43.15 kgf/mm², 42.25 kgf/mm², respectively. While the strain value on the specimens of the electrode type E6013, E7016, and E7018 were 28.46%, 25.96%, 25.7%, respectively.

Keywords: electrode variation, SMAW, low carbon steel, microstructure, tensile strength, hardness.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan-kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dicapai sampai saat ini berpengaruh juga pada industri logam yang semakin berkembang, hal ini disebabkan oleh beberapa aspek yang mendukungnya terutama teknologi proses dan teknologi material. Begitu pula dengan teknologi penyambungan logam yang semakin modern dan bervariasi macam dan caranya. Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan yang paling tepat pada konstruksi bangunan dan mesin yang berbahan baku logam seperti aluminium, besi cor, baja karbon, dan sebagainya. Menghasilkan sambungan yang baik dan kuat adalah tujuan mengapa pengelasan dipilih sebagai metode penyambungan logam sampai saat ini. Tidak mudah untuk menghasilkan sambungan yang baik dari proses pengelasan, dikarenakan sambungan yang terlihat baik secara visual belum tentu baik secara struktural. Maka dari itu, untuk mengetahui hasil sambungan pengelasan yang baik secara struktural harus melalui berbagai macam pengujian seperti uji komposisi, uji struktur mikro, uji kekuatan tarik, uji *impact*, uji bending, uji kekerasan, dan lain sebagainya.

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen (DIN)* las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Sedangkan menurut *American Welding Society (AWS)* pengelasan adalah proses penyambungan material dengan memanaskannya sampai mencapai temperatur pengelasan, dengan atau tanpa menggunakan tekanan (*pressure*) dan dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*). Maka secara garis besar pengelasan atau *welding* adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan tekanan ataupun tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan. Salah satu jenis teknologi las yang sering digunakan dalam dunia pengelasan adalah *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* atau biasa dikenal dengan las busur listrik elektroda terbungkus.

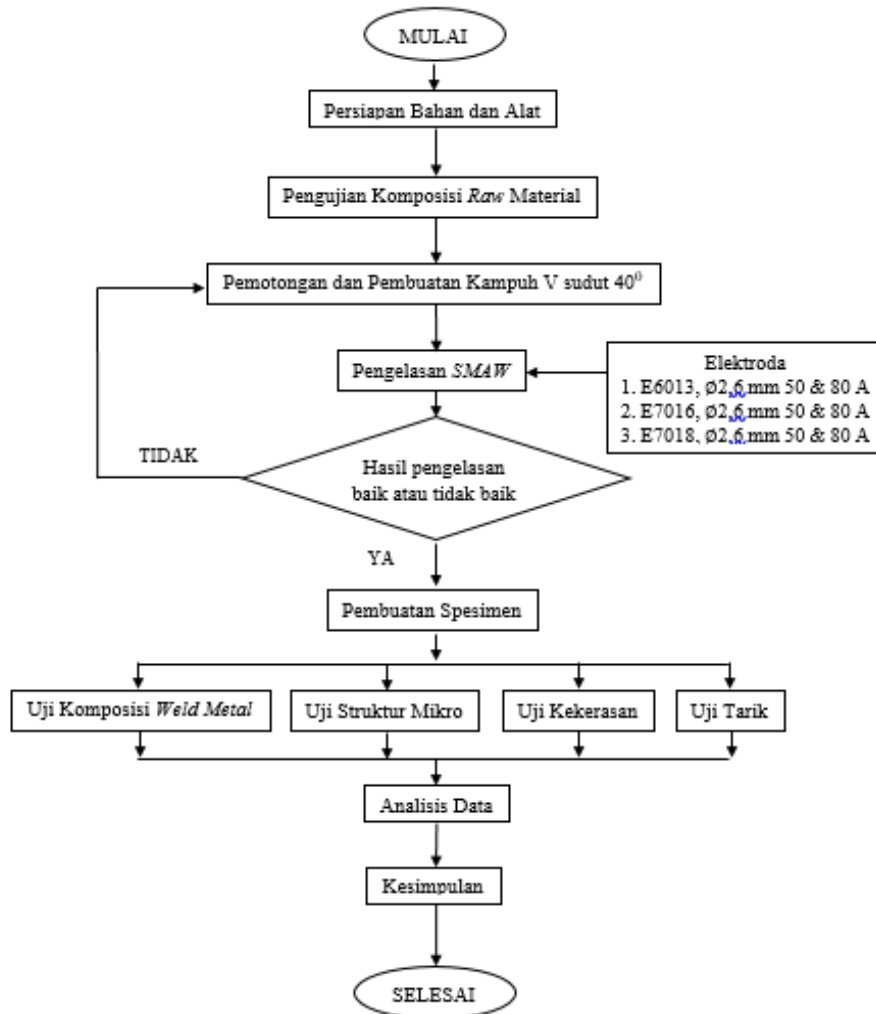
Pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam khususnya baja untuk menghasilkan sebuah konstruksi mesin dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair (Pribadi dkk, 2012). Baja mempunyai jenis dan spesifikasi yang beragam tidak semua mempunyai sifat mampu las yang baik dan logam yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya baja *ASTM A36*. Pada proses pengelasan timbulnya lonjakan tegangan yang besar dibandingkan dengan sambungan keling maupun sambungan baut. Hal ini disebabkan sifat baja pada sambungan terutama pada daerah *HAZ* karena pada daerah tersebut yang bersebelahan dengan daerah las yang selama proses pengelasan mengalami proses panas (Riyadi dkk, 2013). Salah satu penyebab terjadinya cacat dalam pengelasan disebabkan oleh jenis elektroda yang digunakan pada proses pengelasan, elektroda juga mempengaruhi ketangguhan, kekerasan dan kekuatan tarik dari hasil pengelasan (Riyadi dkk, 2013). Penggunaan jenis elektroda yang berbeda dan jenis standard pengujian tarik yang berbeda menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda (Tarkono dkk, 2012). Perbedaan arus pengelasan dengan menggunakan elektroda yang sama juga berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil lasan (Santoso, 2006). Kekuatan tarik hasil pengelasan dengan elektroda E7016 lebih besar daripada hasil pengelasan E6013 (Setyo dkk, 2013). Kekuatan tarik, perpanjangan, reduksi penampang E6013 lebih tinggi nilai dibandingkan elektroda E7016 yang mempunyai heat input lebih besar, sedangkan kekerasan dengan menggunakan elektroda E6013 lebih tinggi karena heat input yang diterima lebih kecil dibandingkan menggunakan elektroda E7016 (Naryono dkk, 2013).

Berdasarkan uraian diatas, penulis akan melakukan penelitian tentang “Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan *Vickers* Sambungan Las *SMAW* Pada Baja Karbon Rendah”

Tujuan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah, maka tujuan penelitian itu sendiri adalah untuk mengetahui pengaruh elektroda terhadap kekuatan tarik dan kekerasan *vickers* sambungan las *SMAW* pada baja karbon rendah dan mengetahui nilai temperature yang paling berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekerasan *vickers* sambungan las *SMAW* pada baja karbon rendah.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *strip plate* baja karbon berukuran 300 mm × 95 mm × 7 mm yang sudah diberi kampuh “V” dengan sudut 40° dan Elektroda E6013, E7016, E7018 berdiameter 2,6mm.

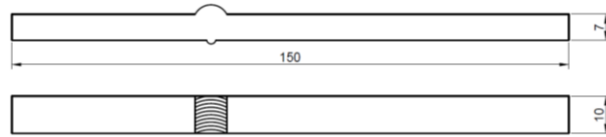
Proses Pengelasan

Proses pengelasan menggunakan las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan posisi bawah tangan (1G) dan menggunakan 3 layer. Pada layer pertama menggunakan arus 50A, layer yang kedua menggunakan arus 80A, dan untuk layer yang ketiga menggunakan arus 80A.

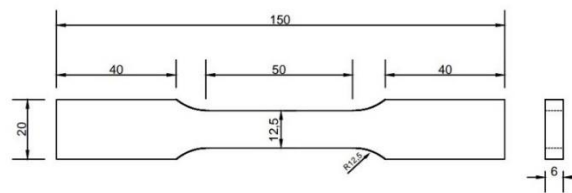


Gambar 2. Spesimen hasil pengelasan

Setelah spesimen hasil pengelasan dipotong dengan ukuran seperti pada (Gambar 3) dan (gambar 4), kemudian spesimen uji kekerasan dan spesimen uji tarik dengan jumlah 3 buah perspesimen.



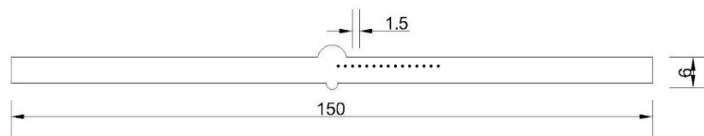
Gambar 3. Spesimen uji kekerasan



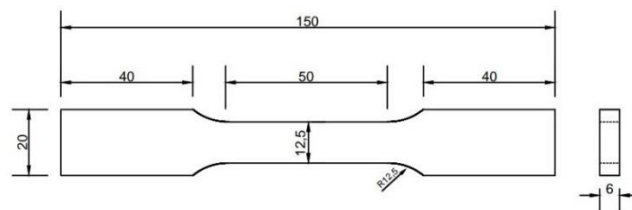
Gambar 4. Spesimen uji tarik

Pengujian

Pengujian komposisi dilakukan pada *raw material* dan daerah *weld metal* menggunakan *spectrometer* milik PT. Itokoh Ceperindo. Foto struktur mikro menggunakan mikroskop optik merk Olympus milik Laboratorium Bahan Teknik Mesin Vokasi UGM. Pengujian kekerasan menggunakan metode uji *vickers* makro pembebanan 30 kgf dengan jumlah dan posisi titik seperti pada (Gambar 5) dan menggunakan alat uji kekerasan *macro vickers hardness* milik Laboratorium Bahan Teknik Mesin Vokasi UGM. Uji tarik menggunakan spesimen yang mengacu pada standar ASTM E8M (Gambar 6) dan menggunakan alat uji tarik UTM milik Laboratorium Material Teknik Mesin ITNY.



Gambar 5. Posisi titik uji kekerasan



Gambar 6. Spesimen uji tarik ASTM E8M

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji komposisi kimia (Tabel 1) menunjukkan bahwa *raw material* mengandung kadar karbon sebesar 0,1304% dan hasil uji komposisi (Tabel 2) menunjukkan daerah *weld metal* mengandung kadar karbon sebesar 0,0720%, sehingga *strip plate* yang digunakan pada penelitian ini masuk kedalam golongan baja karbon sedang dan *weld metal* masuk kedalam golongan baja karbon rendah.

Tabel 1. Hasil uji komposisi kimia *raw material*

Fe	C	Si	Mn
99,0879	0,1304	0,1411	0,5245

Tabel 2. Hasil uji komposisi kimia *weld metal*

Fe	C	Si	Mn
98,9364	0,0720	0,2556	0,3599

Pengamatan Visual Sebelum dan Sesudah Pengelasan

Berdasarkan hasil pengamatan visual pada *strip plate* setelah dilas seperti pada (Gambar 8), tidak terlihat adanya cacat las porositas pada permukaan *weld metal*. Hal ini dikarenakan *strip plate* yang akan dilas sudah dipastikan tidak ada kotoran yang menempel seperti pada (Gambar 7) sehingga cacat las porositas dapat dihindarkan. Selain memastikan tidak ada kotoran yang menempel pada benda kerja yang akan dilas, pastikan juga elektroda yang akan digunakan tidak lembab karena elektroda yang lembab dapat menyebabkan cacat las porositas.

Spatter atau percikan las jika dapat dibersihkan maka dapat dikatakan bukan cacat las. Namun jika jumlahnya berlebih dan tidak dapat dibersihkan maka dikategorikan dalam cacat las *visual*. Hasil pengamatan visual pada (Gambar 8) tidak terlihat adanya cacat las *over spatter* atau percikan las yang berlebih, sehingga dapat dikatakan hasil pengelasan pada *strip plate* seperti pada (Gambar 8) tidak dikategorikan kedalam cacat las visual.



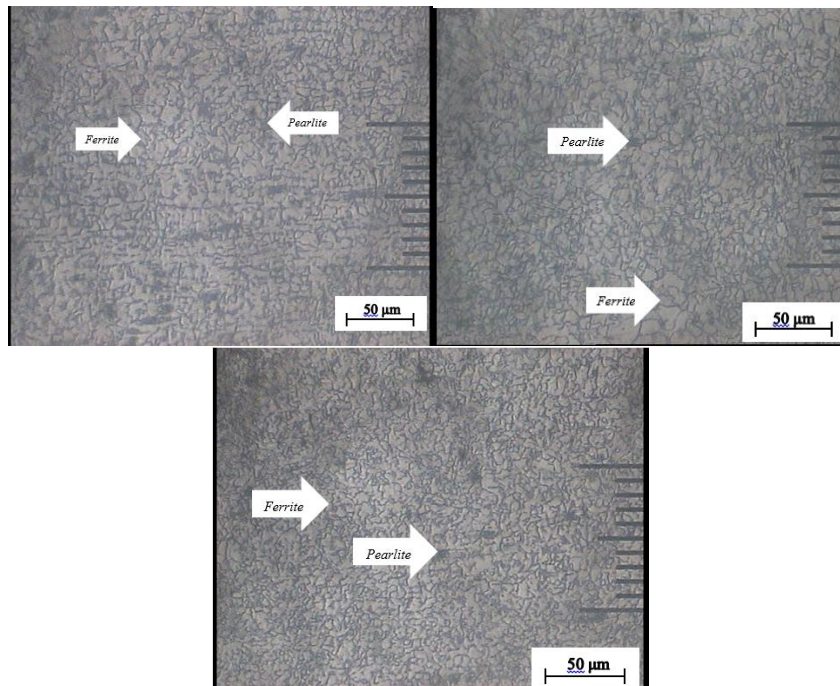
Gambar 7. *Strip plate* sebelum dilas



Gambar 8. *Strip plate* setelah dilas

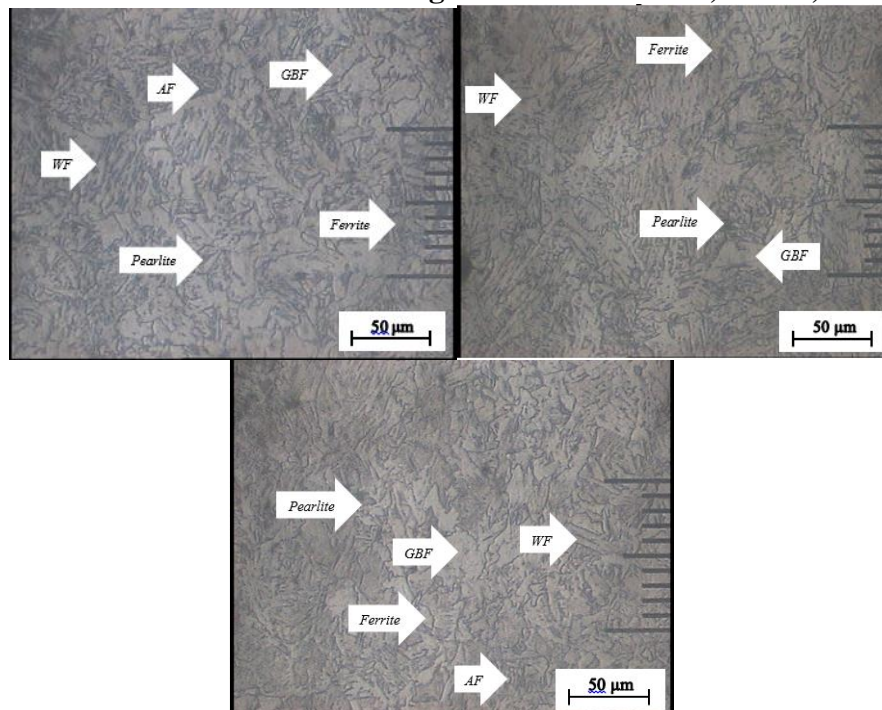
Analisi Hasil Pengujian Struktur Mikro

Hasil struktur mikro *HAZ* halus dengan elektroda E6013, E7016, dan E7018.



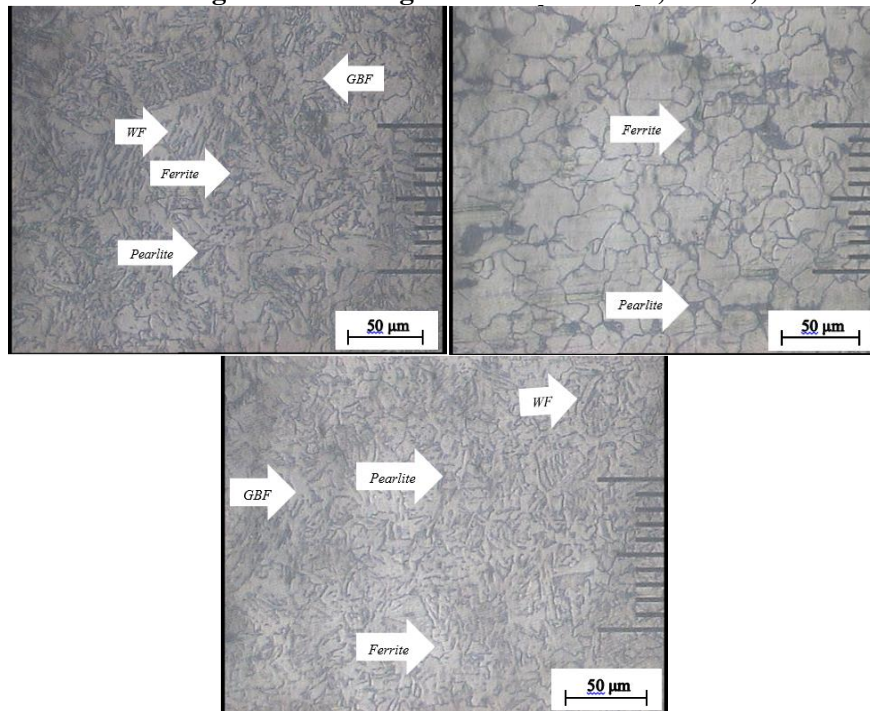
Gambar 4.7. Hasil struktur mikro *HAZ* halus dengan elektroda E6013, E7016, dan E7018. (Pembesaran 100×)

Hasil struktur mikro *HAZ* kasar dengan elektroda E6013, E7016, dan E7018.



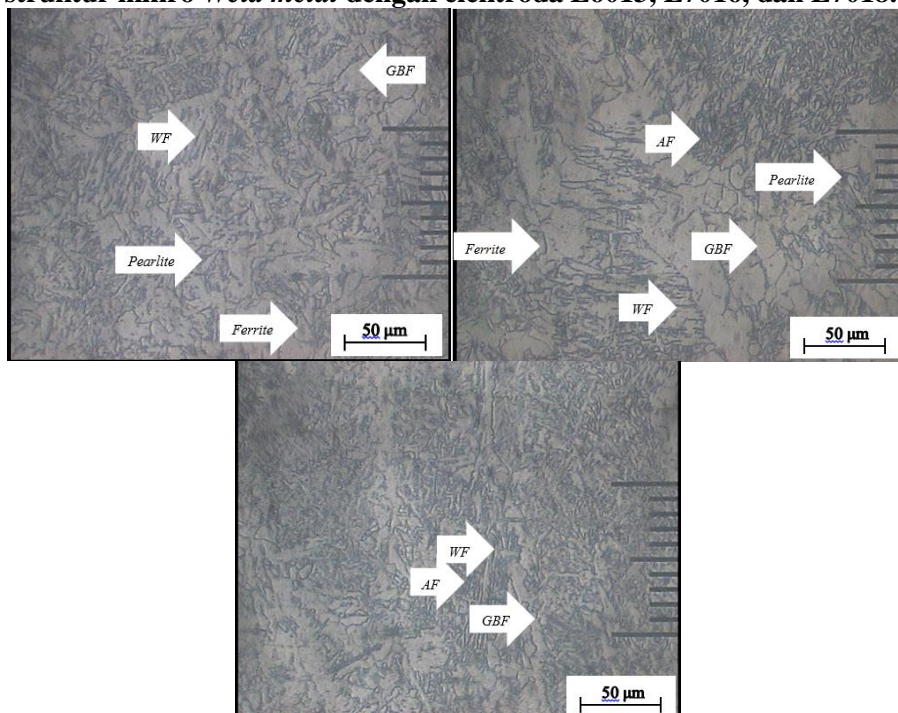
Gambar 4.8. Hasil struktur mikro *HAZ* kasar dengan elektroda E6013, E7016, dan E7018. (Pembesaran 100×)

Hasil struktur mikro logam induk dengan elektroda E6013, E7016, dan E7018.



Gambar 4.9. Hasil struktur mikro logam induk dengan elektroda E6013, E7016, dan E7018. (Pembesaran 100×)

Hasil struktur mikro Weld metal dengan elektroda E6013, E7016, dan E7018.



Gambar 4.10. Hasil struktur mikro Weld metal dengan elektroda E6013, E7016, dan E7018. (Pembesaran 100×)

Hasil pengamatan yang dilakukan pada struktur mikro pada jenis elektroda E6013, E7016, dan E7018 yaitu,

a. Daerah *HAZ* halus

Hasil pengamatan yang dilakukan pada struktur mikro daerah *HAZ* halus, struktur mikro yang terbentuk berbeda pada daerah *HAZ* kasar, hal ini di tunjukkan pada daerah *HAZ* halus struktur yang terbentuk ialah *ferrite* dan *pearlite* dengan ukuran dan bentuk butir yang semakin halus.

b. Daerah *HAZ* kasar

Hasil pengamatan yang dilakukan pada struktur mikro daerah *HAZ* kasar, struktur mikro yang terbentuk ialah *acicular ferrite*, *grain boundary ferrite*, *widmanstatten ferrite*, *ferrite* dan *pearlite*.

Pada daerah *HAZ* kasar terdapat beberapa *widmanstatten ferrite* berukuran besar dengan orientasi arah yang serupa sehingga memudahkan terjadinya perambatan retak.

c. Daerah logam induk

Hasil pengamatan yang dilakukan pada struktur mikro daerah logam induk, untuk jenis elektroda E6013 dan E7018 struktur mikro yang terbentuk ialah *grain boundary ferrite*, *widmanstatten ferrite*, *ferrite* dan *pearlite*. Sedangkan yang terbentuk pada jenis elektroda E7016 ialah *ferrite* dan *pearlite*.

d. Daerah *weld metal*

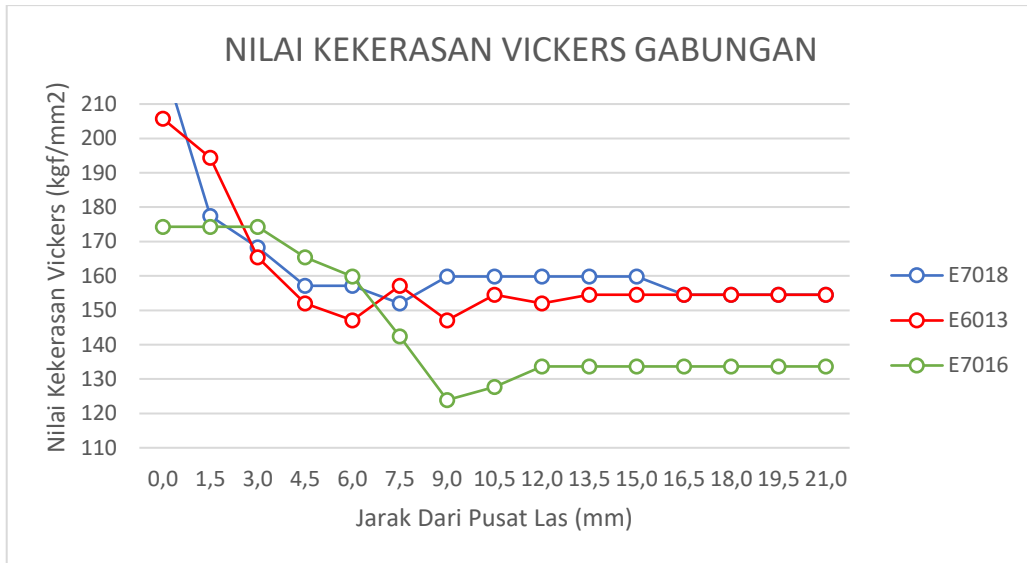
Hasil pengamatan yang dilakukan pada struktur mikro daerah *HAZ* kasar, struktur mikro yang terbentuk ialah *grain boundary ferrite*, *widmanstatten ferrite*, *ferrite* dan *pearlite*.

Analisis Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*.

Posisi titik uji dari las	Kekerasan <i>Vickers</i> E6013 (kgf/mm ²)	Kekerasan <i>Vickers</i> E7016 (kgf/mm ²)	Kekerasan <i>Vickers</i> E7018 (kgf/mm ²)
0.0 mm	205.7	174.3	222.5
1.5 mm	194.4	174.3	168.3
3.0 mm	165.4	174.3	157.1
4.5 mm	152.0	165.4	157.1
6.0 mm	147.1	159.8	152.0
7.5 mm	157.1	142.4	159.8
9.0 mm	147.1	123.9	159.8
10.5 mm	154.5	127.7	159.8
12.0 mm	152.0	133.7	159.8
13.5 mm	154.5	133.7	159.8
15.0 mm	154.5	133.7	154.5
16.5 mm	154.5	133.7	154.5
18.0 mm	154.5	133.7	154.5
19.5 mm	154.5	133.7	154.5
21.5 mm	154.5	133.7	154.5

Sumber : Laboratorium Bahan Teknik Mesin Vokasi UGM.



Gambar 4.26. Grafik gabungan nilai kekerasan *vickers*.

Dari grafik nilai kekerasan *vickers* menunjukkan, nilai kekerasan *vickers* paling tinggi berada di titik pertama pada semua spesimen. Spesimen dengan tingkat kekerasan tertinggi dimiliki oleh spesimen jenis elektroda E7018, dan tingkat kekerasan terendah dimiliki oleh spesimen jenis elektroda E7016.

Analisis Hasil Pengujian Tarik

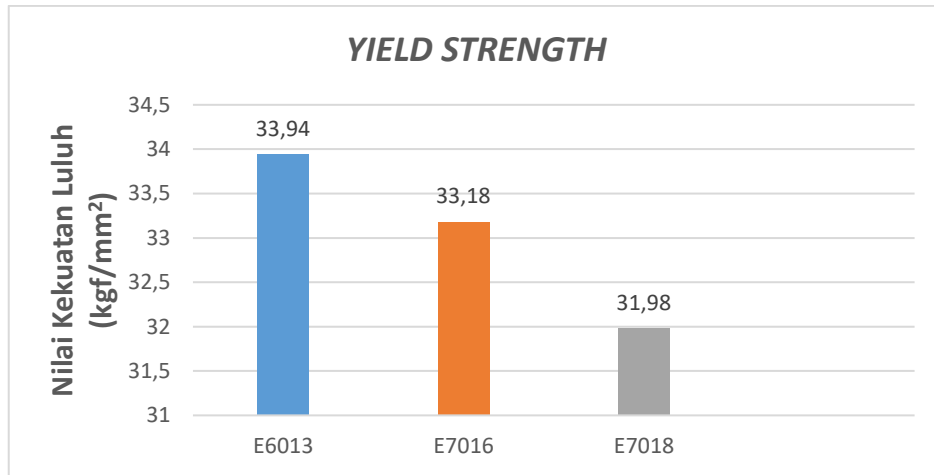
Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui *yield strength*, *tensile strength*, dan *elongation* pada logam. Spesimen uji tarik mengacu pada standar ASTM E8M.

Tabel 6. Hasil pengujian tarik.

No.	Specimens	Area (mm ²)	Max.Force (Kgf)	Break Force (Kgf)	Yield Strength (Kgf/mm ²)	Tensile Strength (Kgf/mm ²)	Elongation (%)	
1	6013	1	84.29	3951.00	3139.77	35.57	46.87	29.18
2		2	84.78	3150.59	2453.23	29.51	37.16	28.01
3		3	83.49	4033.98	3134.24	36.74	48.32	28.20
4	7016	1	96.37	3880.36	3230.77	29.99	40.27	27.05
5		2	81.64	3905.19	3059.51	36.77	47.83	27.57
6		3	94.26	3899.21	3153.55	32.80	41.37	23.26
7	7018	1	95.08	4014.82	3257.12	32.75	42.22	25.63
8		2	90.52	3944.11	3227.74	32.73	43.57	24.65
9		3	92.22	3832.66	2952.99	30.47	41.56	26.84

Sumber : Laboratorium Material Teknik Mesin ITNY.

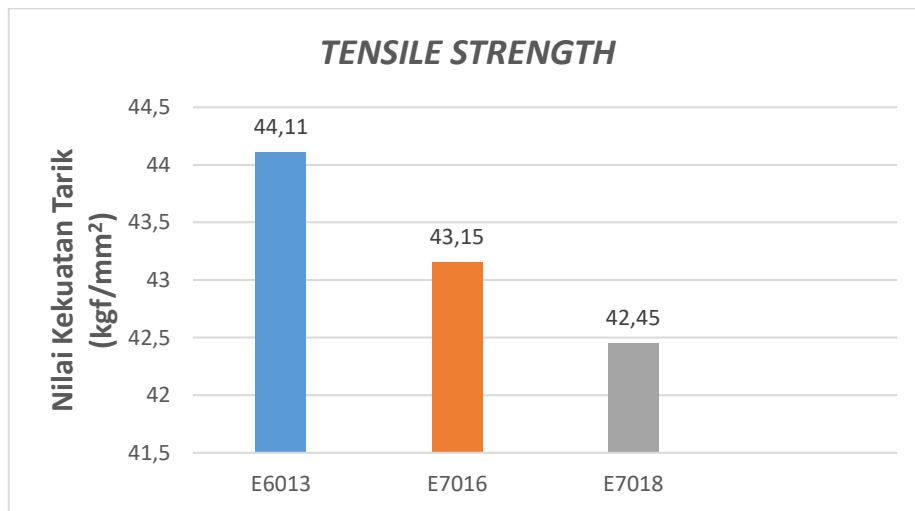
Dari data yang diperoleh dari Tabel 4.7. kemudian dimasukkan kedalam grafik batang seperti berikut ini :



Gambar 4.27. Grafik *yield strength* vs variasi elektroda.

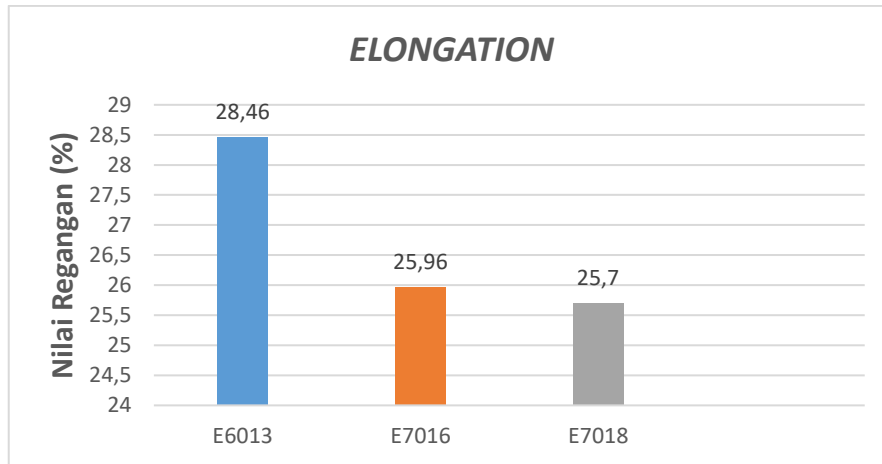
Spesimen jenis elektroda E6013 mempunyai nilai kekuatan luluh sebesar 33.94 kgf/mm² berbeda dengan spesimen jenis elektroda E706 yang mempunyai nilai kekuatan luluh sebesar 33.18 kgf/mm² dan elektroda E7018, yang mempunyai nilai kekuatan luluh sebesar 31.98 kgf/mm² hal ini dikarenakan pada saat proses pengelasan terjadi siklus *thermal* yang dapat mempengaruhi sifat mekanis pada material.

Terjadi penurunan nilai kekuatan luluh sebesar 0.76 kgf/mm² – 1,96 kgf/mm² pada spesimen jenis elektroda E6013 terhadap spesimen jenis elektroda E7016 dan E7018, ini menunjukkan jika spesimen jenis elektroda E6013 mempunyai nilai kekuatan luluh yang lebih baik dari pada spesimen jenis elektroda E7016 dan E7018.



Gambar 4.28. Grafik *tensile strength* vs variasi elektroda.

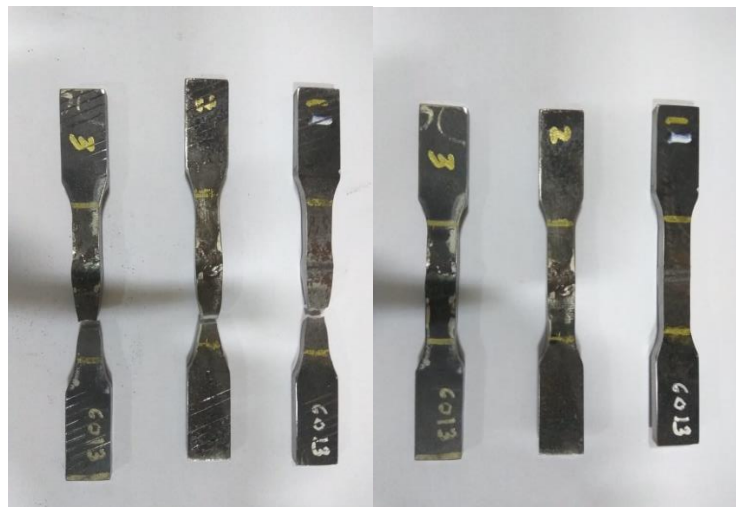
Spesimen jenis elektroda E6013 mempunyai nilai kekuatan tarik yang memiliki selisih hanya sedikit dengan nilai kekuatan tarik jenis elektroda E7016 dan E7018 yaitu sebesar 44.11 kgf/mm² (E6013), 43.15 kgf/mm² (E7016) dan 42.25 kgf/mm² (E7018), nilai kekuatan tarik turun 0.96 – 1.86 kgf/mm² pada spesimen jenis elektroda E6013 terhadap jenis elektroda E7016 dan E7018. Hal ini menunjukkan jika spesimen jenis elektroda E6013 mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih baik dari pada spesimen jenis elektroda E7016 dan E7018.



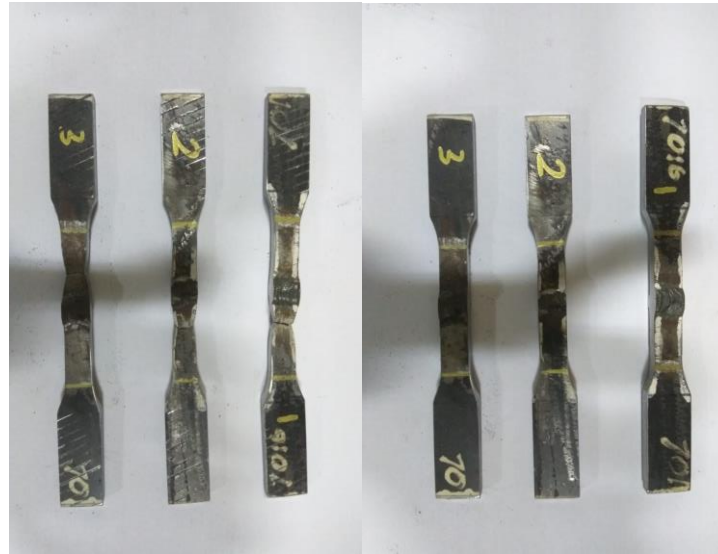
Gambar 4.29. Grafik *elongation* vs variasi jenis elektroda.

Spesimen jenis elektroda E6013 mempunyai nilai regangan sebesar 28.46% berbeda dengan spesimen jenis elektroda E7016 dan E7018 yang mempunyai nilai regangan sebesar 25.96% dan 25.7%, hal ini dikarenakan pada saat proses pengelasan terjadi siklus *thermal* yang dapat mempengaruhi sifat mekanis pada material.

Terjadi penurunan nilai regangan sebesar 2.5% – 2.76% pada spesimen jenis elektroda E6013 terhadap spesimen jenis elektroda E7016 dan E7018, dan spesimen jenis elektroda E7016 dan E7018 hanya memiliki nilai penurunan yang sangat tipis yaitu sebesar 0.21%. ini menunjukkan jika spesimen jenis elektroda E6013 mempunyai nilai regangan yang lebih baik dari pada spesimen jenis elektroda E7016 dan E7018.



Gambar 4.30. Spesimen uji tarik elektroda E6013 sebelum dan sesudah diuji.



Gambar 4.31. Spesimen uji tarik elektroda E7016 sebelum dan sesudah diuji.



Gambar 4.32. Spesimen uji tarik elektroda E7018 sebelum dan sesudah diuji.

Hasil keseluruhan uji tarik pada specimen jenis elektroda E6013, E7016, dan E7018 menghasilkan daerah putusnya sama yang putus pada daerah *base metal*, karena pada spesimen uji tarik ke tiga spesimennya mempunyai nilai kekerasan terendah pada daerah *base metal* dan struktur mikro yang terbentuk pada daerah *base metal* serupa. Hal tersebut menyimpulkan bahwa hasil las yang dimiliki baik, karena tidak mengalami kerusakan atau putus pada saat pengujian tarik.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasannya, maka dapat ditarik kesimpulan seperti berikut ini

:

1. Berdasarkan hasil uji komposisi kimia, *strip plate* baja karbon pada *raw material* mengandung kadar *carbon* (C) 0,1304% dan pada *weld metal* mengandung kadar *carbon* (C) 0,0720 %. Hal ini menunjukkan bahwa *raw material* dan *weld metal* masuk kedalam klasifikasi baja karbon rendah.
2. Struktur mikro yang terbentuk adalah *acicular ferrite*, *grain boundary ferrite*, *widmanstatten ferrite*, *ferrite* dan *pearlite*.

-
3. Berdasarkan hasil uji kekerasan *vickers*, nilai kekerasan mengalami penurunan berturut-turut dari daerah *weld metal* hingga daerah *base metal*, tetapi mengalami peningkatan pada daerah *HAZ*. Nilai kekerasan paling tinggi pada spesimen jenis elektroda E6013, E7016, dan E7018 berada pada daerah *weld metal*. Diantara semua spesimen, jenis elektroda E7018 memiliki tingkat kekerasan tertinggi.
 4. Berdasarkan hasil uji tarik, *yield strength* paling tinggi dimiliki spesimen E6013 yaitu dengan nilai 33.94 Kg/mm², sedangkan *yield strength* paling rendah dimiliki spesimen jenis elektroda E7018 yaitu dengan nilai 31.98 Kg/mm². *Tensile strength* paling tinggi dimiliki spesimen jenis elektroda E6013 yaitu dengan nilai 44.11 Kg/mm², sedangkan *tensile strength* paling rendah dimiliki spesimen jenis elektroda E7018 yaitu dengan nilai 42.25 Kg/mm². *Elongation* paling tinggi dimiliki spesimen jenis elektroda E6013 yaitu dengan nilai 28.46 %, sedangkan *elongation* paling rendah dimiliki spesimen jenis elektroda E6013 yaitu dengan nilai 25.7 %.

3.1. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut jarak dan posisi saat pengelasan agar mengetahui cara mengelas sehingga bisa menemukan hasil yang baik.
2. Perlu dilakukan penambahan variasi bahan elektroda agar dapat diketahui bahan yang baik untuk digunakan sebagai elektroda.
3. Dalam hal pengelasan, prosedur sebelum dan saat pengelasan harus benar-benar dilakukan. Hal ini sering dianggap remeh pada saat melakukan pengelasan, padahal hal ini berguna untuk mencegah terjadinya cacat pengelasan seperti porositas, cluster, dan lain sebagainya.

UCAPAN TERMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Wartono, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I dan kepada Ir. Nizam Efendi, M.M., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing terhadap penelitian ini. Tidak lupa kedua orang tua ku yang telah memberi dukungan yang tiada henti hingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andri, Nurul Laili Arifin dan Andrew Mantik. 2019. *Pengaruh Variasi Electrode Terhadap Kekerasan dan Lebar HAZ Pada Material Dengan Metode Pengelasan SMAW*. Batam Polytechnics Mechanical Engineering Study Program.
- ASM Handbook. 1993. *Welding Brazing And Soldering*. Volume 6. USA
- Arlin, Awal Syahrani Sirajuddin, Anjar Asmara. 2019. *Pengaruh Arus Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Bending Permukaan Las (Face Bend) dan Kekerasan pada Baja Komersil*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
- Azwinur, Muhazir. 2019. *Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Material SS400*. Jurnal 2Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Binudi, Rahardjo. Adjiantoro, *Bintang*. 2014. *Pengaruh Unsur Ni, Cr Dan Mn Terhadap Sifat Mekanik Baja Kekuatan Tinggi Berbasis Laterit*. Pusat Penelitian Metalurgi LIPI. Tangerang Selatan.
- Dieter, G.E. 1987. *Metalurgi Mekanik*. Erlangga. Jilid I. Jakarta.
- Jaenal Arifin, Helmy Purwanto dan Imam Syafa'at . 2017. *Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Baja ASTM A36*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Manual Book of ASTM Standard 2010
- M. Abdus Shomad, M. Shahar Mushfi, 2017. *Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Las e6013 dan e7018 Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Bahan Baja SS 400*, Teknik Mesin Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Naryono dan Rahman, 2013. *Pengaruh variasi kecepatan pengelasan pada penyambungan pelat baja SA 36 menggunakan elektroda E6013 dan E7016 terhadap kekerasan, struktur mikro dan kekuatan tariknya*.
- Pribadi Y., Siswanto E dan Soenoko Y. 2012. *Pengaruh posisi pengelasan dan jenis elektroda temper bead welding terhadap ketangguhan hasil las SMAW pada baja SS41*.
- Priyo Tri Iswanto, Mudjijana, Rela Adi Himarosa. 2017. *Karakterisasi Sambungan SMAW Baja Karbon Rendah Menggunakan 3 Jenis Elektroda*. Jurnal Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
-

-
- Riyadi dan Setyawan, 2013. *Analisa mechanical dan metallurgical pengelasan baja karbon A36 dengan metode SMAW*. Surabaya: Digilip ITS.
- Riyan Angrisca Primasta, 2017. *Pengaruh Kuat Arus Dan Jenis Elektroda Pada Pengujian Tarik Hasil Sambungan Las SMAW Pada Baja ST 37*. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Schonmetz, A. dan Gruber, Karl. 1977. *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*. Angkasa. Bandung
- Setyo dan Rendy, 2013. *Pengaruh Kecepatan Pengelasan dan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW baja ST60*, Jurnal Teknik Mesin Univ. Brawijaya Malang.
- Sonawan, Hery. dan Suratman, Rochim. 2006. *Pengantar Untuk Memahami Proses Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Kedua. Alfabeta. Bandung.
- Surdia, Tata. dan Saito, S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Keempat. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Tarkono, Siahaan, G. dan Zulhanif, 2012. Studi penggunaan elektroda las yang berbeda terhadap sifat mekanik pengelasan SMAW baja AISI1045. Jurnal mechanical
- Togar PO. Sianipar1, Martin Luther King2. 2020. *Jurnal Jenis Material Elektroda Las Kampuh Terhadap Kekerasan dan Uji Tarik Pada Baja Karbon Rendah ASTM A36*. Jurnal Desiminasi Teknologi Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang.
- Van Vlack, L.H. 1981. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisi Kelima. Erlangga. Jakarta.
- Wirjosumarto, Harsono. dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Kedelapan. Pradnya Paramita. Jakarta.
- <http://alatsafety.net/fungsi-masker-respirator/>
- <http://bhaktiratusafety.com/shop/apron-las-spidergear/>
- <https://www.indotrading.com/product/sepatu-safety-kings-p362617.aspx>
- <http://pusat-lingkaran.blogspot.com/2017/06/pengujian-kekerasan-material-dengan.html>
-