



PENGARUH JENIS ELEKTRODA PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL SS400

Azwinur¹, Muhazir²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe
e-mail: azwinur@pnl.ac.id

Abstrak

Elektroda yang digunakan pada pengelasan SMAW mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat Inti. kuat arus dan komposisi kimia ini dapat mempengaruhi sifat mekanik pada sambungan material hasil pengelasan yang berdampak pada kekuatan dan ketangguhan sambungan pengelasan. Setiap proses pengelasan pasti berhubungan dengan elektroda oleh karena itu pemilihan jenis elektroda sangat penting sebelum melakukan proses pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanik material SS400 dengan menggunakan proses pengelasan SMAW. Material SS400 diberi perlakuan pengelasan dengan variasi jenis elektroda yaitu E7010-P1, E7016 dan E7018. Dari hasil penelitian maka dapat dijelaskan bahwa jenis elektroda berpengaruh terhadap sifat mekanik material dimana nilai kekuatan tarik yang paling tinggi terdapat pada jenis elektroda E7018 yaitu sebesar 46.73 kgf/mm² selanjutnya diikuti oleh elektroda E7016 yaitu sebesar 46.57 kgf/mm² dan terakhir dengan nilai terendah menggunakan elektroda E7010-P1 yaitu sebesar 46.49 kgf/mm². Nilai pengujian bending pada root bend yang paling tinggi adalah pada elektroda E7016 sebesar 38.87 Kgf.mm², selanjutnya diikuti oleh elektroda E7018 yaitu sebesar 31.50 kgf.mm² dan terakhir dengan nilai terendah menggunakan elektroda E7010-P1 yaitu sebesar 29.88 kgf.mm². Nilai pengujian bending pada face bend yang paling tinggi adalah pada elektroda E7010-P1 sebesar 32.78 Kgf.mm², selanjutnya diikuti oleh elektroda E7016 yaitu sebesar 31.60 kgf.mm² dan terakhir dengan nilai terendah menggunakan elektroda E7018 yaitu sebesar 26.09 kgf.mm².

Kata Kunci: SMAW, Elektroda, Sifat Mekanik, Material SS400

Abstract

Electrodes used in SMAW welding have different coating compositions and core wire. current strength and chemical composition can affect the mechanical properties of the welded material connection which has an impact on the strength and toughness of the welding joint. Each welding process must be related to the electrode, therefore the choice of electrode type is very important before carrying out the welding process. This study aims to determine the effect of electrode types on the mechanical properties of SS400 materials using the SMAW welding process. SS400 material was given a welding treatment with various types of electrodes namely E7010-P1, E7016 and E7018. From the results of the study, it can be explained that the type of electrode affects the mechanical properties of the material where the highest tensile strength is found on the type of electrode E7018 which is equal to 46.73 kgf / mm² followed by the E7016 electrode which is 46.57 kgf / mm² and the lowest with the electrode E7010-P1 which is equal to 46.49 kgf / mm². The highest bending bend test value at E7016 electrode is 38.87 Kgf.mm², followed by E7018 electrode which is equal to 31.50 kgf.mm² and finally with the lowest value using E7010-P1 electrode which is 29.88 kgf.mm². The highest face bend bending test value is at E7010-P1 electrode of 32.78 Kgf.mm², followed by E7016 electrode which is equal to 31.60 kgf.mm² and finally with the lowest value using E7018 electrode which is equal to 26.09 kgf.mm².

Keywords: SMAW, Electrodes, Mechanical Properties, SS400 Material

1. Pendahuluan

Kekuatan sambungan las merupakan tujuan dari proses penyambungan dalam pengelasan. Kekuatan sambungan ini sangat penting karena menyangkut dengan resiko yang terjadi apabila terjadi retak atau cacat pada sambungan pengelasan maka akan mengakibatkan kegagalan dari konstruksi pada pembangunan di industry baik migas maupun industry non migas. Selain arus pengelasan jenis elektroda juga sangat berpengaruh terhadap kekuatan sambungan hasil pengelasan terutama pada proses las SMAW. *Fluks* yang terdapat pada elektroda SMAW bertujuan untuk menghasilkan gas

pelindung dan mempunyai unsur-unsur perbaikan untuk melindungi tetesan *weld metal* pada elektroda.

Elektroda berselaput yang dipakai pada las SMAW mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat Inti. Pelapisan fluks pada kawat inti dapat dengan cara destruksi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm. Jenis-jenis senyawa kimia selaput fluks pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat (Ca CO₃), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan dan sebagainya dengan

persentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda.

Tebal selaput elektroda berkisar antara 70% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput. Pada waktu pengelasan, selaput elektroda ini akan turut mencair dan menghasilkan gas CO₂ yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung O₂ dan N akan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam las. Cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas. Setiap proses pengelasan pasti berhubungan dengan elektroda oleh karena itu pemilihan jenis elektroda sangat penting sebelum melakukan proses pengelasan. Penggunaan jenis elektroda yang berbeda dan jenis standard pengujian tarik yang berbeda menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda[1].

Sebelumnya sudah pernah dilakukan penelitian tentang pengelasan oleh Jaenal Arifin, Helmy Purwanto dan Imam Syafa'At dengan judul pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanik hasil pengelasan SMAW baja ASTM A36, hasil yang didapat pada penelitian tersebut adalah pada perbedaan elektroda dengan nilai kekerasan yang paling tinggi menggunakan elektroda E7018 dengan variasi arus 70A yaitu 105 HRB, dan nilai tertinggi pada pengujian tarik pengelasan menggunakan elektroda E6013 dengan variasi arus 110A yaitu 34,697MPa[2]. Azwinur,dkk juga melakukan penelitian tentang variasi arus pengelasan pada material karbon rendah untuk mendapatkan penggunaan arus yang sesuai dengan judul pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW, Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian tarik pada spesimen raw material yang tidak mengalami pengelasan dan spesimen yang mengalami pengelasan bahwa nilai kekuatan tarik yang paling tinggi terdapat pada arus 100 A yaitu sebesar 44.08 kgf/mm²[3].

Berdasarkan hal tersebut diatas maka penulis mencoba melakukan penelitian lanjutan dengan bervariasi jenis elektroda lainnya yaitu E7010-P1, E7016 dan E7018 dengan menggunakan kuat arus pengelasan 100A pada material SS400. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanik material dengan menggunakan proses pengelasan SMAW.

2. Studi Literatur

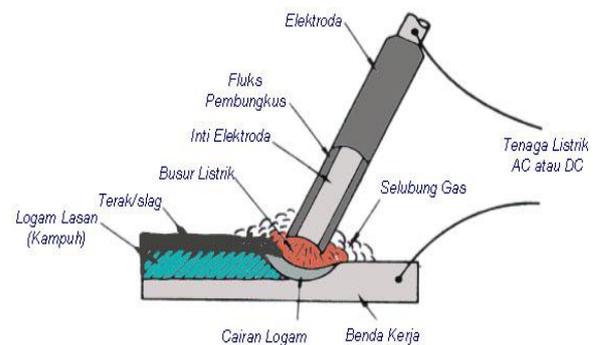
2.1 Pengelasan

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 tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu[4]. Las busur listrik elektroda terlindung

atau lebih dikenal dengan SMAW merupakan pengelasan menggunakan busur nyala listrik sebagai panas pencair logam. Karena panas dari busur listrik maka logam induk dan ujung elektroda mencair dan membeku bersama. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaiknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Mampu las adalah kemampuan suatu logam atau kombinasi logam yang dilas menjadi suatu konstruksi yang memiliki karakteristik dan sifat tertentu serta memenuhi persyaratan yang diinginkan[4].

Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besarnya kecilnya arus dan komposisi dan bahan *fluks* yang digunakan. Bahan *fluks* yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Las Busur Dengan Elektroda Terbungkus[5].

Jenis elektroda yang digunakan akan sangat menentukan hasil pengelasan, sehingga penting untuk mengetahui jenis dan sifat masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan elektroda yang tepat. Selain jenis elektroda yang harus dipilih dengan tepat, diameter elektroda las juga harus diperhatikan. Ukuran elektroda dipilih berdasarkan ukuran las yang akan dibuat dan arus listrik yang dihasilkan oleh alat las. Karena umumnya mesin las mempunyai pengatur untuk memperkecil maupun memperbesar arus listrik.

Elektroda berselaput terdiri dari bagian inti dan zat pelindung atau *fluks*. Selaput elektroda atau *fluks* mempunyai fungsi-fungsi seperti Mencegah terbentuknya oksida-oksida sewaktu proses

pengelasan berlangsung, membuat kerak pelindung sehingga dapat mengurangi kecepatan pendinginan, hal ini bertujuan agar hasil lasan tidak getas dan rapuh, menstabilkan terjadinya busur api dan mengarahkan nyala busur api sehingga mudah dikontrol serta mengontrol ukuran dan frekuensi tetesan logam cair. Jenis-jenis selaput fluks pada elektroda diantaranya adalah:

- a. Jenis titania kapur : Jenis ini disamping berisi rutil juga mengandung kapur. Disamping sifat – sifat yang dimiliki oleh jenis oksida titan, jenis ini mempunyai keunggulan lain yaitu kemampuannya menghasilkan sifat mekanik yang baik. Walaupun penetrasinya dangkal masih juga dapat menghasilkan manic las yang halus. Jenis ini sesuai hamper semua posisi pengelasan, terutama posisi tegak atau diatas kepala (overhead).
- b. Jenis hidrogen rendah (low hydrogen) : Jenis ini terkadang disebut juga sebagai jenis kapur karena bahan utama yang dipergunakan adalah kapur dan fluorat. Jenis ini menghasilkan sambungan dengan kadar hydrogen yang rendah, karena itu kepekaan sambungan terhadap retak sangat rendah, sehingga ketangguhannya sangat memuaskan. Karena fluks jenis ini sangat baik dalam sifat mampu lasnya maka elektroda dengan fluks jenis ini biasanya digunakan untuk konstruksi yang memerlukan tingkat pengamanan yang tinggi seperti konstruksi dengan pelat tebal dan bejana tekan[6].

Selain bahan – bahan penyusun fluks, elektroda juga mengandung senyawa – senyawa kimia yang menyusun logam las yang menjadi bahan utama untuk menyambung pada proses pengelasan. Bahan – bahan tersebut antara lain :

1. Manganese (Mn) : Mangan meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik baja, tetapi pada tingkat lebih rendah dari karbon. Untuk tujuan pengelasan, rasio mangan untuk sulfur minimal 10 berbanding 1 [7]. Fungsi dari unsur Mn adalah untuk dapat mengikat karbon (C) membentuk karbida mangan (Mn₃C) yang dapat menaikkan kekuatan, ketangguhan baja dan kekerasan[8].
2. Phosphorus (P) : Fosfor meningkatkan kekuatan dan kekerasan, tetapi dengan mengurangi elastisitas dan dampaknya terhadap ketangguhan, terutama pada baja karbon tinggi yang di quenching dan tempering.
3. Sulphur (S) : Untuk pengelasan, mampu las menurun seiring peningkatan kandungan sulfur. Sulfur merugikan kualitas permukaan karbon rendah dan baja mangan rendah dan meningkatkan hot shortness di las dengan peningkatan sulfur.
4. Silicon (Si) : Silicon meningkatkan kekuatan dan kekerasan, tetapi pada tingkat lebih rendah

daripada mangan. Dalam pengelasan, silikon merugikan kualitas permukaan, terutama di karbon rendah. Hal ini dapat memperburuk kecenderungan retak ketika kandungan karbon cukup tinggi. Untuk kondisi pengelasan terbaik, isi silikon tidak boleh melebihi 0,10% [7].

Daerah pengelasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, Heat Affected Zone (HAZ), dan logam induk yang tak terpengaruhi. Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas atau HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Logam induk tak terpengaruhi adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat[6].

2.2. Material baja karbon

Pelat *mild steel* SS400, yang juga dikenal sebagai SS400 JIS 3101, di ASME Kode Bagian II-A spesifikasi JIS dari pelat baja untuk konstruksi umum termasuk dalam kategori SA-36. Di JIS (Standar Industri Jepang) “SS” singkatan dari baja struktural (*structural steel*) dan grade 400 yang mirip dengan AISI 1018. Plat mild steel SS400 adalah salah satu baja canai panas struktural yang paling umum digunakan. Tipikal material baja karbon khas, harganya relatif murah, sangat bagus di las dan di machining dan material baja SS400 dapat mengalami berbagai perlakuan panas.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja SS400

C ≤ 16mm	C > 16mm	Mn	Si	P	S
max	max	max	max	max.	max.
0.17	0.20	1.40	-	0.045	0.045

Dari komposisi kimia (chemical composition) unsur-unsur yang terdapat dalam material SS 400 tidak menunjukkan ciri khas yang dimiliki material baja tahan karat yang memiliki kadar krom (Cr) dan Nikel (Ni). Untuk baja tahan karat type 304 / SS304 minimal memiliki kadar Cr-Ni : 18-8, yakni : 18% Chrome dan 8% Nickel.

Tabel 2. Mechanical Propertites SS 400

Grade	Yield Strength min. (Mpa)		Tensile Strength MPa	Elongation min. %			Impact Resistance min.[J]
	Thickness < 16 mm	Thickness ≥ 16mm		Thickness < 5mm	Thickness 5-16mm	Thickness ≥ 16mm	
SS400	245	235	400-510	21	17	21	-

thickness	Yield Strength ReH[N/mm2] transv.min.	Tensile Strength,Rm [N/mm2]transv.	Fracture Elongation [%]transv. min.	Notch Impact Energy)Ch Vcomplete Sample longitud. min [J]
t ≤ 16mm t > 16mm	235 225			20 degree 27J
t < 3mm t ≥ 3mm		360-510 340-470		
Up to 1.5mm 1.51- 2.00mm 2.01- 2.50mm 2.51- 2.99mm ≥ 3mm			16 17 18 19 24	

2.3 Uji Tarik (*Tensile*)

Salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur adalah kekuatan tarik. Kekuatan tarik suatu bahan dapat diperoleh dari hasil uji tarik tensile test yang dilaksanakan berdasarkan standar pengujian yang telah baku seperti *ASTM E8/E8M-11* [9].



Gambar 2. spesimen uji tarik

Gaya atau beban yang digunakan untuk menarik suatu spesimen hingga putus disebut gaya maksimum. Jika beban maksimum ini dibagi dengan penampang asal, maka akan diperoleh kekuatan tarik material persatuan luas. Kekuatan tarik mempunyai rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{f}{A_0} \left(\frac{N}{mm^2} \right) \quad [6]$$

Keterangan : F = beban maksimum (N)
A = luas mula penampang batang uji (mm²)

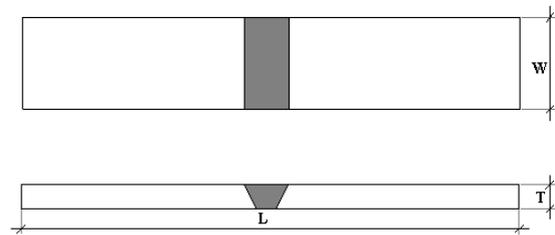
2.4 Uji Lengkung (*Bending Test*)

Uji lengkung atau *bending test* merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji *bending* digunakan untuk mengukur kekuatan atau ketangguhan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ. Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Kekuatan tarik (tensile strength)
2. Komposisi kimia dan struktur mikro terutama kandungan Mn dan C
3. Tegangan luluh (yield)

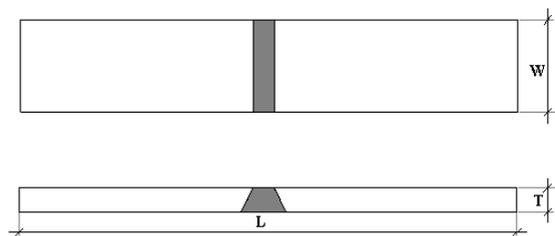
Standard dimensi percobaan atau pengujian lengkung adalah seperti berikut ini:

1. *Root bend*



Gambar 3. Spesimen *root transversal bend* tampak atas dan samping

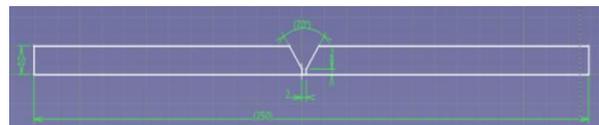
2. *Face bend*



Gambar 4. Spesimen *face transversal bend* tampak atas dan samping

3. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan adalah baja karbon jenis SS400 dengan ketebalan 10mm. Proses pengelasan menggunakan proses SMAW dengan variasi elektroda jenis E7010-P1, E7016 dan E7018. Diameter elektroda yang digunakan 3,2mm dengan arus pengelasan 100A. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendatar atau bawah tangan (1G).

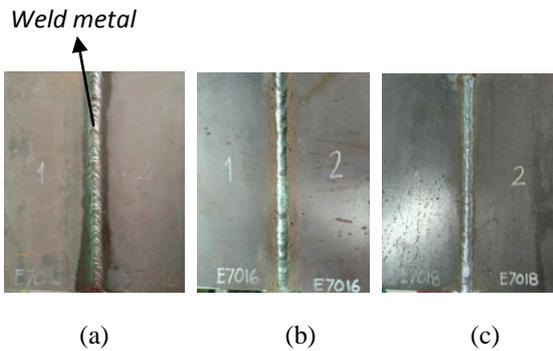


Gambar 5. Pembentukan spesimen untuk pengelasan

Prosedur pengambilan data.

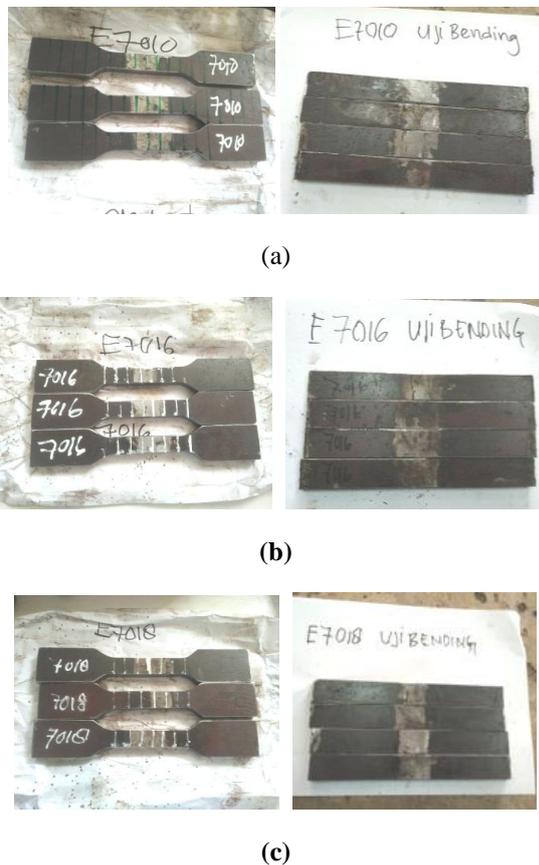
Langkah awal adalah membuat specimen untuk pengelasan dengan sudut kampuh 70° jenis kampuh V terbuka, *face root* 2 mm.

Selanjutnya melakukan pengelasan dengan proses SMAW pada specimen material SS400 dengan menggunakan ketiga jenis elektroda yang telah ditentukan sehingga menghasilkan 3 jumlah specimen sesuai dengan variasi elektroda yaitu E7010-P1, E7016 dan E7018. Hasil pengelasan seperti gambar berikut



Gambar 6. Hasil pengelasan menggunakan: (a) elektroda E7010-P1, (b) elektroda E7016, (c) elektroda E7018

Setelah pengelasan kemudian tahap selanjutnya pembuatan specimen uji tarik dan bending dengan menggunakan mesin sekrup untuk ketiga jenis spesimen. Specimen uji merusak (*Destructive test*) seperti gambar 7.



Gambar 7. Spesimen uji tarik dan bending (a) E7010-P1, (b) E7016, (c) E7018.

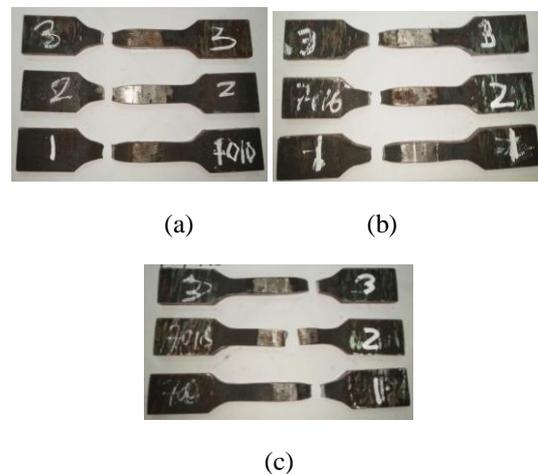
4. Hasil Dan Pembahasan

Dalam penelitian ini di lakukan proses pengelasan SMAW pada material SS400. Proses pengelasan dengan memvariasikan elektroda yaitu, E7010-P1, E7016 dan E7018. Dari hasil pengelasan tersebut setiap specimen hasil pengelasan dengan

ketiga jenis elektroda tersebut dilakukan pengujian mekanik yaitu uji tarik dan uji bending. Yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan atau ketangguhan dari hasil sambungan pengelasan.

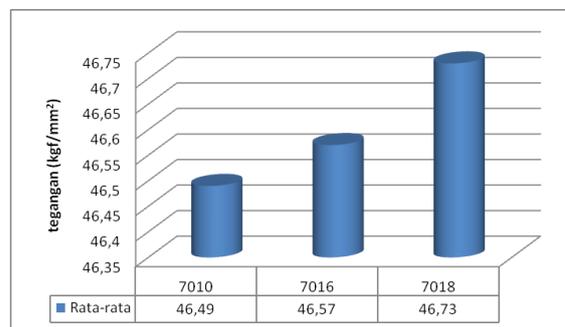
4.1 Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material SS400 sebagai material uji dalam penelitian ini. Pada umumnya hasil pengujian tarik adalah kekuatan tarik atau kekuatan luluh, parameter keliatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan presentasi perpanjangan dan presentasi kontraksi atau reduksi penampang. Pengujian menggunakan mesin *Galda Bini Italy*, Hasil pengujian tarik spesimen dapat dilihat pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Hasil uji tarik pengelasan menggunakan : (a) elektroda E7010-P1, (b) elektroda E7016, (c) elektroda E7018

Data hasil pengujian tarik (*tensile test*) ditampilkan dalam bentuk diagram berikut seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Diagram Tegangan Tarik Material SS400

Berdasarkan gambar diatas maka dapat dijelaskan bahwa nilai kekuatan tarik yang paling tinggi terdapat pada jenis elektroda E7018 yaitu sebesar 46.73 kgf/mm² selanjutnya diikuti oleh elektroda E7016 yaitu sebesar 46.57 kgf/mm² dan

terakhir dengan nilai terendah menggunakan elektroda E7010-P1 yaitu sebesar 46.49 kgf/mm².

Tabel 3. Perbandingan komposisi kimia elektroda[10]

Elektroda (AWS A5.1)	C	Si	Mn	P	S	Ni
E7010-P1	0,14	0,10	1,01	0,01	0,01	0,01
E7016	0,08	0,60	0,94	0,011	0,006	0,01
E7018	0,07	0,59	0,97	0,013	0,007	0,02

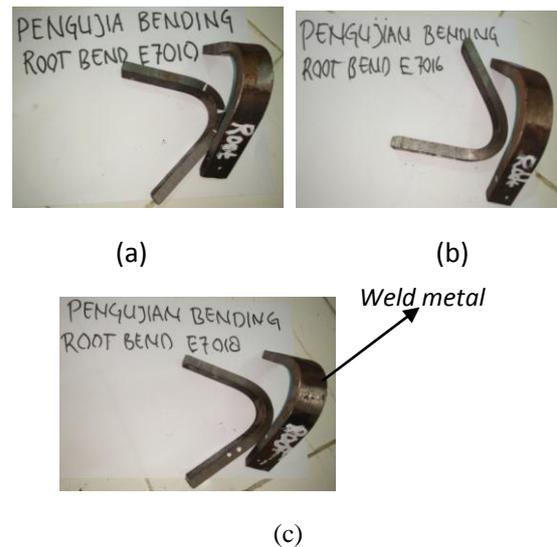
Berdasarkan data komposisi kimia pada tabel diatas terlihat bahwa total persentase komposisi Mn (mangan) dan Si (silikon) pada elektroda E 7018 lebih tinggi dibandingkan dengan elektroda E 7016 dan E 7010-P1, sehingga jumlah komposisi Mn dan Si ini pun dapat berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan dan kekerasan pada sambungan pengelasan dimana unsur karbida mangan yang terbentuk akan lebih banyak jika dibandingkan dengan elektroda E 7016 dan E 7010-P1.

4.2 Hasil Uji Bending

Pengujian *bending* ini dilakukan untuk melihat ketangguhan material terhadap beban yang diberikan. Pengujian *bending* dilakukan pada *face bend* dan *root bend*. Hasil pengujian *bending* dapat dilihat pada gambar 10 berikut ini

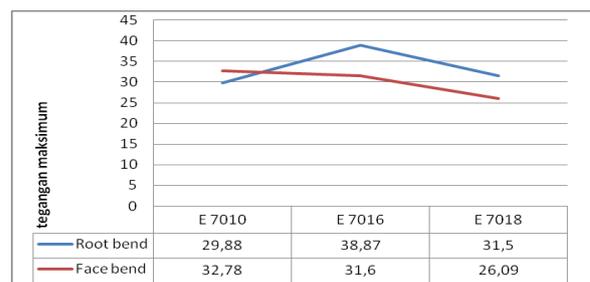


Gambar 10. Hasil uji *face bend* pengelasan menggunakan: (a) elektroda E7010-P1, (b) elektroda E7016, (c) elektroda E7018



Gambar 11. Hasil uji *root bend* pengelasan menggunakan: (a) elektroda E7010-P1, (b) elektroda E7016, (c) elektroda E7018

Data hasil pengujian *bending* dapat ditampilkan seperti pada gambar 12 berikut ini:



Gambar 12. Grafik Tegangan Maximum

Berdasarkan gambar 11 menunjukkan bahwa nilai pengujian *bending* pada *root bend* yang paling tinggi adalah pada elektroda E7016 sebesar 38.87 Kgf.mm², selanjutnya diikuti oleh elektroda E7018 yaitu sebesar 31.50 kgf.mm² dan terakhir dengan nilai terendah menggunakan elektroda E7010-P1 yaitu sebesar 29.88 kgf.mm². Nilai pengujian *bending* pada *face bend* yang paling tinggi adalah pada elektroda E7010-P1 sebesar 32.78 Kgf.mm², selanjutnya diikuti oleh elektroda E7016 yaitu sebesar 31.60 kgf.mm² dan terakhir dengan nilai terendah menggunakan elektroda E7018 yaitu sebesar 26.09 kgf.mm².

Berdasarkan hasil uji *bending*, tidak ditemukan keretakan pada hasil lasan baik pada pengelasan menggunakan elektroda E7010-P1, E7016 dan E7018. Hasil tersebut menunjukkan hasil las memenuhi standar.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada spesimen uji dengan bervariasi jenis elektroda maka dapat disimpulkan bahwa jenis elektroda berpengaruh terhadap sifat mekanik material terutama dari komposisi kimia selaput elektroda dan juga kuat arus yang digunakan dimana nilai kekuatan tarik yang paling tinggi terdapat pada jenis elektroda E7018 yaitu sebesar 46.73 kgf/mm² selanjutnya diikuti oleh elektroda E7016 yaitu sebesar 46.57 kgf/mm² dan terakhir dengan nilai terendah menggunakan elektroda E7010-P1 yaitu sebesar 46.49 kgf/mm².

Sedangkan nilai pengujian *bending* pada *root bend* yang paling tinggi adalah pada elektroda E7016 sebesar 38.87 Kgf.mm², selanjutnya diikuti oleh elektroda E7018 yaitu sebesar 31.50 kgf.mm² dan terakhir dengan nilai terendah menggunakan elektroda E7010-P1 yaitu sebesar 29.88 kgf.mm². Nilai pengujian *bending* pada *face bend* yang paling tinggi adalah pada elektroda E7010-P1 sebesar 32.78 Kgf.mm², selanjutnya diikuti oleh elektroda E7016 yaitu sebesar 31.60 kgf.mm² dan terakhir dengan nilai terendah menggunakan elektroda E7018 yaitu sebesar 26.09 kgf.mm².

Daftar Pustaka

- [1] Tarkono, *Mechanical: Jurnal ilmiah teknik mesin.*, vol. 3, no. 2. 2012.
- [2] J. Arifin, H. Purwanto, and I. Syafa'at, "Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Smaw Baja Astm A36," *J. Momentum UNWAHAS*, vol. 13, no. 1, 2017.
- [3] Azwinur., Saifuddin A.Jalil and A. Husna, "Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Pada Proses Pengelasan Smaw," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 2, p. 36, Sep. 2017.
- [4] Sonawan H., Suratman R. *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Bandung: CV Alfabeta, 2006.
- [5] Weld Tira, "Proses Las SMAW (Shield Metal Arc Welding)," 2013. [Online]. Available: <http://tiraweld.blogspot.com/2013/02/proses-las-smaw-shield-metal-arc-welding.html>. [Accessed: 27-Feb-2019].
- [6] Wiryosumarto H., dan Okumura T., *Teknologi pengelasan Logam*, Kedelapan. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2000.
- [7] "Effects of Mn, P, S, Si & V on the Mechanical Properties of Steel." .
- [8] Aisyah, "Perubahan struktur mikro dan sifat mekanik pada pengelasan drum baja karbon wadah limbah radioaktif," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah VIII*, pp. 159–174.
- [9] *ASTM E8/E8M-11. Standard Test Methods For Tension Testing Of Metallic Materials*. USA, 2012.
- [10] "Welding Handbook Quick View || Products || KOBELCO - KOBE STEEL, LTD. -," *Kobelco*, 2012. [Online]. Available: www.kobelco-welding.jp/handbook/products/index/steel_type_id:/method_id:/aws/asmef/asmea:/page:2.