

**PENGARUH VARIASI JENIS ELEKTRODA PENGELASAN SHIELD METAL ARC WELDING (SMAW)
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN BENDING SAMBUNGAN LAS
PADA MATERIAL BAJA ST 37 UNTUK APLIKASI PADDOCK**

Muhamad Rifqi Kurniawan

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: muhamad.20003@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Paddock menjaga sepeda motor tetap tegak dan menghindari risiko terjatuhnya sepeda motor akibat standar samping. Beban sepeda motor pada *paddock* menyebabkan tegangan dan defleksi pada sambungan las, yang dapat mengakibatkan retakan, pembengkokan, atau patah jika pengelasan buruk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan bending maksimal sambungan las baja ST 37 untuk aplikasi *paddock*. Metode eksperimen digunakan untuk menganalisa pengaruh variasi jenis elektroda (E6013, E7016, E7018) pada baja ST 37 dengan sambungan *butt joint*, posisi pengelasan 1G, arus 105 Ampere, serta pengujian tarik (ASTM E8) dan *bending* (ASTM E290). Hasil dari penelitian ini ialah terdapat pengaruh signifikan pada hasil variasi jenis elektroda pada baja ST37 terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending*. Nilai kekuatan tarik terbesar pada variasi jenis elektroda E7018 rata-rata sebesar 533,13 N/mm². Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah pada variasi jenis elektroda E6013 rata-rata sebesar 505,93 N/mm². Nilai kekuatan *bending* terbesar pada variasi jenis elektroda E7018 rata-rata sebesar 2133,54 N/mm². Sedangkan nilai kekuatan *bending* terendah pada variasi jenis elektroda E6013 rata-rata sebesar 1837,49 N/mm².

Kata Kunci : Variasi Jenis Elektroda, *Paddock*, Pengelasan SMAW, Uji Tarik, Uji *Bending*, Baja ST 37

Abstract

The paddock maintains the motorcycle upright and avoids the risk of falling off the motorcycle by the side standard. The load of the motorcycle on the paddock causes stress and deflection in the welded joint, which can result in cracks, bending, or fracture if the welding is poor. This study aims to determine the maximum tensile and bending strength of ST 37 steel welded joints for paddock applications. The experimental method was used to analyze the effect of electrode type variation (E6013, E7016, E7018) on ST 37 steel with butt joint, 1G welding position, 105 Ampere current, and tensile (ASTM E8) and bending (ASTM E290) testing. The results of this study are that there is a significant effect on the results of variations in electrode types on ST37 steel on tensile strength and bending strength. The largest tensile strength value in the variation of electrode type E7018 averaged 533.13 N/mm². While the lowest tensile strength value in the variation of electrode type E6013 averaged 505.93 N/mm². The largest bending strength value in the variation of electrode type E7018 averaged 2133.54 N/mm². While the lowest bending strength value in the variation of electrode type E6013 averaged 1837.49 N/mm².

Keywords: Electrode Type Variation, *Paddock*, SMAW Welding, Tensile Test, Bending Test, ST 37 Steel

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di berbagai sektor terus berkembang pesat dalam ranah ilmu pengetahuan yang semakin meluas, mendorong manusia untuk terus berinovasi, termasuk dalam bidang otomotif. Kemajuan dan perkembangan di bidang otomotif tak terlepas dari pemanfaatan logam sebagai bahan baku yang umumnya digunakan. Logam menjadi komponen utama dalam inovasi di bidang otomotif yang dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mempermudah tugas manusia dan menangani berbagai masalah dalam kehidupan sehari-hari. Logam baja karbon rendah ST 37 adalah salah satu yang paling sering digunakan dalam industri otomotif. Pemanfaatan logam baja ST 37 dalam industri otomotif terkait erat dengan proses pengelasan atau penyambungan antar logam yang merupakan komponen penting dalam pembuatan produk yang membuat pekerjaan manusia lebih mudah. Secara umum, Langkah-langkah pengelasan dapat

dikelompokkan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu pengelasan dengan tekanan (*Pressure Welding*), pengelasan cair, dan pematrian. Salah satu jenis pengelasan cair adalah *Electric Arc Welding*, yang dibagi menjadi dua kategori, yaitu *Consumable Electrode* dan *Non-Consumable Electrode*. *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) termasuk dalam kategori *Consumable Electrode* dan umumnya digunakan diberbagai sektor industri dalam bidang konstruksi. Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) memanfaatkan arus listrik bolak-balik (AC = *Alternating Current*) atau arus searah (DC = *Direct Current*), menjadikannya mudah diterapkan dalam proses manufaktur seperti pembuatan konstruksi kapal, dan otomotif salah satunya *paddock*.

Paddock merupakan standar optional yang menopang sepeda motor agar tidak miring untuk motor yang cuma memiliki sandar samping. *Paddock* memiliki beberapa fungsi, antara lain: menjaga kondisi ban tetap awet, menjaga posisi motor tetap tegak dan memudahkan ketika

melakukan servis ringan (Daytonaindonesia, 2019).

Berdasarkan informasi yang penulis dapatkan dari CV. SRAB_GARAGE menyatakan bahwa paddock yang dibuatnya pernah mengalami efek kegagalan seperti patah atau bengkok bisa menyebabkan sepeda motor terjatuh mengancam keselamatan pengendara dan penumpang. Paddock yang mengalami kerusakan struktural seperti retakan atau deformasi memerlukan uji tarik untuk menilai kekuatan dan ketahanannya terhadap tekanan. Selain itu, dalam proses produksi paddock tidak ada data yang mendukung informasi mengenai metode pengelasan optimal yang dapat diaplikasikan untuk mencapai kekuatan yang efisien (Brain Samuel Suranta Tarigan., 2022).

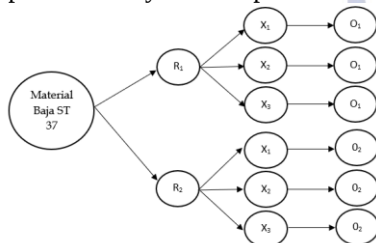
Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang "Pengaruh Variasi Jenis Elektroda Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Sambungan Las Pada Baja ST 37 Untuk Aplikasi Paddock" yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan las pada material baja ST 37 menggunakan metode pengelasan SMAW. Guna mendapatkan hasil jenis elektroda yang mempunyai kekuatan yang tinggi sehingga dapat diterapkan di dunia industri untuk acuan pengelasan pada material baja ST 37.

METODE

Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini ialah metode *eksperimental*. Metode *eksperimental* yang dilakukan adalah meneliti tentang pengaruh parameter pengelasan yaitu memvariasikan jenis elektroda E6013, E7016, dan E7018 dengan diameter masing-masing 3,2 mm yang digunakan untuk mencari kekuatan pengelasan yang optimal terhadap *tensile test* dan *bending test* pada material baja ST 37. Penelitian ini dilakukan dalam kondisi dan peralatan yang sudah disesuaikan.

Desain yang digunakan ialah desain penelitian pre-eksperimental, desain penelitian pre-eksperimental baik dari satu atau berbagai kelompok variabel terikat diamati untuk dapat mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari suatu aplikasi dari variabel bebas yang sebelumnya dianggap dapat atau menyebabkan perubahan.



Gambar 1. Desain Penelitian

Keterangan :

R₁ = Spesimen uji tarik

R₂ = Spesimen uji *bending*

X₁ = Variasi elektroda E6013

X₂ = Variasi elektroda E7016

X₃ = Variasi elektroda E7018

O₁ = Uji tarik

O₂ = Uji *bending*

Waktu dan Tempat Penelitian

• Waktu

Penelitian ini dilakukan mulai dari tanggal 7 mei – 27 mei 2024.

• Tempat

Tempat dilaksanakannya penelitian ini dilaksanakan Laboratorium Perlakuan Bahan Politeknik Negeri Malang.

• Objek

Penelitian ini menggunakan objek baja ST 37 dengan dilakukan perlakuan pengelasan SMAW dengan kuat arus 105 ampere.

Variabel Penelitian

• Variabel Independen

Variabel independen merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (Sugiyono, 2017:39). Variabel dalam penelitian ini adalah jenis elektroda seperti: E6013, E7016, dan E7018.

• Variabel Dependen

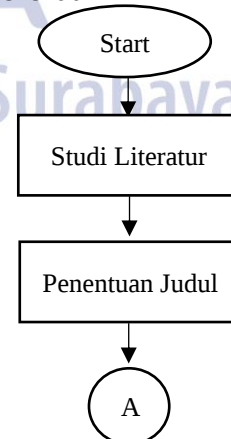
Variabel dependen merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel independen. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah kekuatan pengelasan yang disini peneliti menguji dengan uji tarik dan *bending*.

• Variabel Kontrol

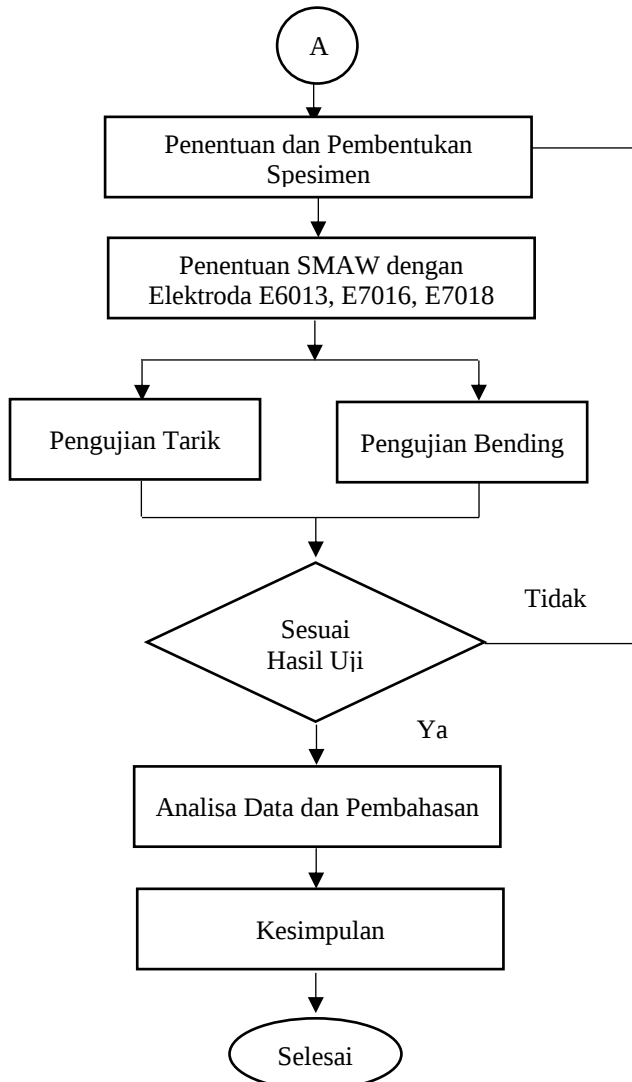
Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti.

- Material baja ST 37
- Jenis Pengelasan SMAW
- Ketebalan plat 6 mm.
- Posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi di bawah tangan atau 1G dan kampuh las V 60°.

Rancangan Penelitian



Pengaruh Variasi Jenis Elektroda Pengelasan Shield Metal Arc Welding (Smaw) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Sambungan Las Pada Material Baja St 37 Untuk Aplikasi Paddock



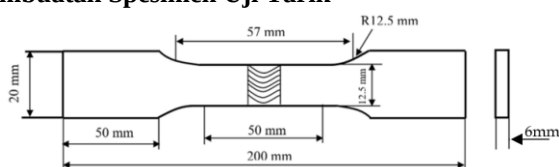
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Proses Pengelasan Spesimen

Berikut langkah-langkah pengelasan SMAW pada material baja ST 37:

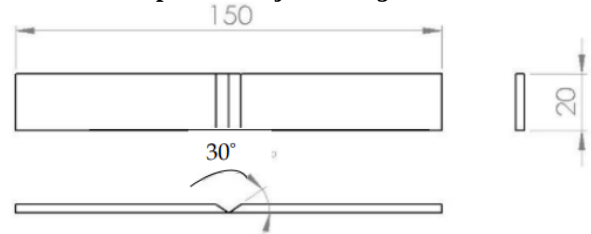
1. Menyiapkan material baja ST 37 dan perlengkapan las
2. Material dipotong sesuai dengan dimensi yang diinginkan kemudian diratakan atau dihaluskan dengan gerinda
3. Membuat bevel las dengan sudut 60°
4. Mengatur ampere las dan jenis elektroda yang sesuai dengan variabel
5. Lakukan pengelasan dibawah tangan
6. Pendinginan dilakukan diudara terbuka

Pembuatan Spesimen Uji Tarik



Gambar 3. Speseimen Uji Tarik ASTM E8

Pembuatan Spesimen Uji Bending



Gambar 4. Speseimen Uji Bendin ASTM E290

Teknik Analisis Data

Informasi tentang hasil tes dihitung untuk mendapatkan hasil rata-rata. Tes signifikansi perbedaan hasil tes di atas, dihitung dengan menggunakan metode analisis varian tunggal (*One Way Analysis Of Variance*).

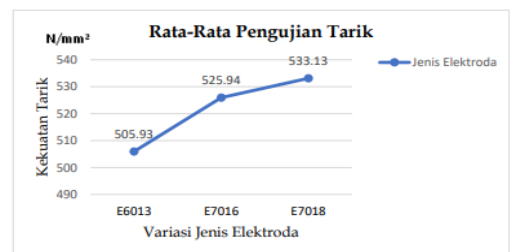
Metode ini diterapkan setelah data dikumpulkan dan akan disajikan secara grafis dalam bentuk diagram batang serta grafik. Hasilnya akan dihitung untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari setiap variabel. Dalam penggunaan anova ada beberapa syarat atau asumsi yang harus dipenuhi ialah objek harus independen dan data yang diamati juga independen pada kelompoknya. Selanjutnya dilanjutkan pengujian anova satu jalur.

Hasil dan pembahasan

• Uji Tarik

Tabel 1. Hasil Uji Tarik

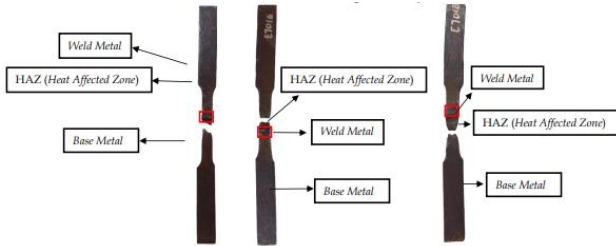
Spesimen	Lebar (b) (mm)	Tebal (d) (mm)	Luas Penampang (A ₀ = bxd) (mm ²)	Beban Tarik Max (P)		Kekuatan Tarik Max (σ = P/A ₀) (N/mm ²)	Rata-rata Tegangan Tarik Max (N/mm ²)
				Kg	N		
E6013	1	12,5	6	75	3855,20	37780,96	503,74
	2	12,5	6	75	3902,00	38239,60	509,86
	3	12,5	6	75	3858,80	37816,24	504,21
E7016	1	12,5	6	75	4050,80	39697,84	529,30
	2	12,5	6	75	3985,60	39058,88	520,78
	3	12,5	6	75	4039,00	39582,20	527,76
E7018	1	12,5	6	75	4051,00	39699,80	529,33
	2	12,5	6	75	4113,00	40307,40	537,43
	3	12,5	6	75	4076,40	39948,72	532,64



Gambar 5. Grafik Uji Tarik

Dari hasil uji tarik yang disajikan dalam bentuk grafik, terlihat bahwa rata-rata kekuatan tarik berbeda-beda. Nilai tarik rata-rata variasi jenis elektroda E6013 diperoleh sebesar 505,93 N/mm² dengan nilai tarik tertinggi ada pada spesimen ke-2 yaitu 509,86 N/mm². Nilai tarik rata-rata variasi jenis elektroda E7016 yang diperoleh sebesar 525,94 N/mm² dengan nilai tarik tertinggi didapatkan pada spesimen ke-1 yaitu 529,30 N/mm². Nilai tarik rata-rata variasi jenis elektroda E7018 diperoleh sebesar 533,13 N/mm² dengan nilai tarik tertinggi pada spesimen ke-2 yaitu 537,43 N/mm².

Berdasarkan hasil uji dalam penelitian ini, diketahui bahwa nilai kekuatan tarik yang diperoleh cenderung meningkat. Hal ini dikarenakan perbedaan dalam sifat mekanik dan komposisi kimia dari elektroda tersebut. Hasil pengelasan yang baik dilihat dari nilai kekuatan tarik yang besar, karena jika nilai kekuatan tarik semakin besar maka bahan akan semakin ulet.



Gambar 6. Patahan Spesimen Uji Tarik

Diketahui dari hasil pengujian kekuatan tarik pada gambar 5, memiliki rata-rata kekuatan tarik yang berbeda-beda. Dari data hasil penelitian variasi jenis elektroda pengelasan SMAW pada material baja ST 37 dengan menggunakan variasi jenis elektroda E6013 mempunyai rata-rata kekuatan tarik yaitu sebesar 505,93 N/mm², variasi jenis elektroda E7016 mempunyai rata-rata kekuatan tarik yaitu sebesar 525,94 N/mm², variasi jenis elektroda E7018 mempunyai rata-rata kekuatan tarik yaitu sebesar 533,13 N/mm². Dari ketiga jenis elektroda tersebut, terlihat bahwa variasi elektroda E7018 memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diketahui bahwa nilai kekuatan tarik cenderung meningkat. Hal ini dikarenakan perbedaan dalam sifat mekanik dan komposisi kimia dari elektroda tersebut. Berdasarkan AWS A5.1/A5.1M:2012 menyatakan bahwa elektroda E6013 mempunyai nilai kekuatan tarik sebesar 60 Ksi dan fluks dari kalium titanat tinggi, elektroda E7016 memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 70 Ksi dan fluks dari kalium hidrogen rendah, sedangkan E7018 memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 70 Ksi dan fluks dari serbuk besi hidrogen rendah. Untuk komposisi kimia dari variasi jenis elektroda dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Komposisi Kimia Elektroda

Elektroda	C	Si	Mn	P	S	Ni
E6013	0,08	0,30	0,37	0,012	0,10	-
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

Dari tabel di atas, terlihat bahwa peningkatan persentase total komposisi Mn (mangan) dan Si (silikon) per 0.1% dapat berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan mekanik sekitar 10 N/mm² pada sambungan pengelasan. Oleh karena itu, total persentase komposisi Mn (mangan) dan Si (silikon) yang semakin besar maka semakin baik hasil pengelasan tersebut. Elektroda dengan total persentase komposisi Mn (mangan) dan Si (silikon) yang tinggi dalam proses peleburan kawat elektroda dengan raw material menghasilkan kekuatan dan kekerasan dimana jumlah unsur karbida mangan yang terbentuk akan lebih banyak (Muhazir & Azwinur, 2019).

Hasil kekuatan tarik variasi jenis elektroda E6013 mempunyai nilai yang paling rendah dikarenakan jumlah

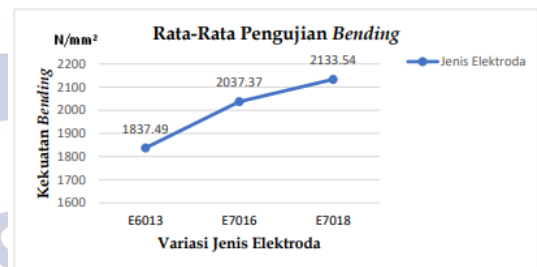
total persentase komposisi Mn (mangan) dan Si (silikon) sedikit. Sehingga hasil uji tarik dari variasi jenis elektroda E6013 memiliki nilai terendah karena material menjadi lebih mudah patah dan energi yang diperlukan untuk menarik material tersebut berkurang.

Hasil kekuatan tarik dari variasi elektroda E7016 lebih tinggi dibandingkan dengan elektroda E6013, tetapi lebih rendah daripada elektroda E7018. Hal ini disebabkan karena total persentase komposisi Mn (mangan) dan Si (silikon) dalam elektroda E7018 lebih tinggi dibandingkan dengan jenis elektroda lainnya. Sehingga dapat dilihat bahwa variasi jenis elektroda E7018 memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi jenis elektroda E6013 dan E7016.

• Uji Bending

Tabel 4. Hasil Uji Bending

Spesimen		Lebar (b) (mm)	Tebal (d) (mm)	Panjang (L) (mm)	Beban Lengkung Max (P)		Tegangan bending ($\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2}$) (N/mm ²)	Rata-rata Tegangan Bending (N/mm ²)
					(Kg)	(N)		
E6013	1	20	6	150	598,40	5846,32	1832,60	1837,49
	2	20	6	150	602,60	5905,48	1845,46	
	3	20	6	150	599,00	5870,20	1834,43	
E7016	1	20	6	150	649,60	6366,08	1989,40	2037,37
	2	20	6	150	674,80	6613,04	2066,57	
	3	20	6	150	671,40	6579,72	2056,16	
E7018	1	20	6	150	689,60	6758,08	2111,90	2133,54
	2	20	6	150	708,20	6940,36	2168,86	
	3	20	6	150	692,20	6783,56	2119,86	



Gambar 7. Grafik Uji Bending

Diketahui dari hasil pengujian bending yang disajikan berupa grafik memiliki rata-rata kekuatan bending yang berbeda-beda. Nilai bending rata-rata variasi jenis elektroda E6013 diperoleh sebesar 1837,49 N/mm² dengan nilai bending tertinggi ada pada spesimen ke-2 yaitu 1845,46 N/mm². Nilai bending rata-rata variasi jenis elektroda E7016 yang diperoleh sebesar 2037,37 N/mm² dengan nilai bending tertinggi didapatkan pada spesimen ke-2 yaitu 2066,57 N/mm². Nilai bending rata-rata variasi jenis elektroda E7018 diperoleh sebesar 2133,54 N/mm² dengan nilai tarik tertinggi pada spesimen ke-2 yaitu 2168,86 N/mm².

Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian ini, diketahui bahwa nilai kekuatan bending yang didapatkan cenderung naik. Hal ini dikarenakan perbedaan dalam sifat mekanik dan komposisi kimia dari elektroda tersebut. Hasil pengelasan yang baik dilihat dari nilai kekuatan

bending yang besar, karena jika nilai kekuatan *bending* semakin besar maka bahan akan semakin ulet.



Gambar 8. Lengkungan Spesimen Uji *Bending*

Diketahui dari hasil pengujian kekuatan *bending* pada gambar 7, memiliki rata-rata kekuatan *bending* yang berbeda-beda. Dari data hasil penelitian variasi jenis elektroda pengelasan SMAW pada material baja ST 37 dengan menggunakan variasi jenis elektroda E6013 mempunyai rata-rata kekuatan *bending* yaitu sebesar 1837,49 N/mm², variasi jenis elektroda E7016 mempunyai rata-rata kekuatan *bending* yaitu sebesar 2037,37 N/mm², variasi jenis elektroda E7018 mempunyai rata-rata kekuatan *bending* yaitu sebesar 2133,54 N/mm². Dari ketiga jenis elektroda tersebut, tampak bahwa elektroda E7018 memiliki nilai kekuatan *bending* tertinggi.

Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian ini, diketahui bahwa nilai kekuatan *beding* yang diperoleh cenderung meningkat. Hal ini dikarenakan perbedaan dalam sifat mekanik dan komposisi kimia dari elektroda tersebut. Berdasarkan AWS A5.1/A5.1M:2012 menyatakan bahwa elektroda E6013 mempunyai nilai kekuatan tarik sebesar 60 Ksi dan fluks dari kalium titanium tinggi, elektroda E7016 memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 70 Ksi dan fluks dari kalium hidrogen rendah, sedangkan E7018 memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 70 Ksi dan fluks dari serbuk besi hidrogen rendah. Untuk komposisi kimia dari variasi jenis elektroda dapat dilihat pada tabel 2.

Berdasarkan dari tabel 2 tampak bahwa peningkatan total persentase komposisi Mn (mangan) dan Si (silikon) per 0.1% dapat berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan mekanik sekitar 10 N/mm² pada sambungan pengelasan. Sehingga total persentase komposisi Mn (mangan) dan Si (silikon) yang semakin besar maka semakin baik hasil pengelasan tersebut. Elektroda dengan persentase total komposisi Mn (mangan) dan Si (silikon) yang tinggi selama proses peleburan kawat elektroda dengan *raw material* menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang lebih tinggi, karena jumlah unsur karbida mangan yang terbentuk lebih banyak (Muhazir & Azwinur, 2019).

Hasil kekuatan *bending* variasi jenis elektroda E6013 mempunyai nilai yang paling rendah dikarenakan total persentase komposisi Mn (mangan) dan Si (silikon) sedikit. Oleh karena itu, hasil uji *bending* untuk variasi jenis elektroda E6013 menunjukkan nilai terendah, karena material menjadi lebih mudah terbelah dan energi yang dibutuhkan untuk membelah material tersebut lebih kecil.

Hasil kekuatan *bending* variasi jenis elektroda E7016 mempunyai nilai yang lebih tinggi dari elektroda E6013 tetapi lebih rendah dari elektroda E7018. Ini disebabkan oleh total persentase komposisi Mn (mangan) dan Si

(silikon) pada elektroda E7018 yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis elektroda lainnya. Sehingga dapat dilihat bahwa variasi jenis elektroda E7018 memiliki nilai kekuatan *bending* lebih tinggi dibandingkan dengan variasi elektroda E6013 dan E7016.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan analisa data pengujian tarik dan pengujian *bending* pada material baja ST 37, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil pengujian tarik menunjukkan ada pengaruh yang signifikan antara jenis elektroda E6013 dengan jenis elektroda E7016 dan E7018, sedangkan pada variasi jenis elektroda E7016 dengan E7018 tidak terdapat pengaruh yang signifikan. Pada jenis elektroda E6013 memperoleh nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 505,93 N/mm². Pada jenis elektroda E7016 memperoleh nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 525,94 N/mm². Pada jenis elektroda E7018 memperoleh nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 533,13 N/mm². Dari hasil pengujian tarik tersebut, elektroda jenis E7018 memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan elektroda jenis E6013 dan E7016. Nilai kekuatan tarik yang tinggi menunjukkan bahwa elektroda E7018 lebih efektif dalam menghasilkan sambungan las yang kuat.
- Hasil pengujian *bending* menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara variasi jenis elektroda E6013, E7016, dan E7018. Pada jenis elektroda E6013 mendapatkan kekuatan *bending* rata-rata sebesar 1837,49 N/mm². Pada jenis elektroda E7016 mendapatkan kekuatan *bending* rata-rata sebesar 2037,37 N/mm². Pada jenis elektroda E7018 mendapatkan kekuatan *bending* rata-rata sebesar 2133,54 N/mm². Dari hasil pengujian *bending* juga menunjukkan bahwa elektroda jenis E7018 memiliki kekuatan *bending* tertinggi dibandingkan dengan elektroda jenis E6013 dan E7016. Kekuatan *bending* yang tinggi menandakan bahwa sambungan las lebih mampu menahan deformasi plastis.

Saran

Pada penelitian pengaruh variasi jenis elektroda pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik dan *bending* sambungan las pada material baja ST 37 saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

- Pada pengelasan *paddock* menggunakan baja ST 37 disarankan menggunakan jenis elektroda E7018 agar hasil pengelasan optimal.
- Pada penelitian selanjutnya disarankan dengan variasi jenis elektroda pengelasan SMAW lainnya yang digunakan pada baja karbon rendah serta kampuh, arus, dan ketebalan material yang berbeda sehingga dapat memberikan perbedaan yang signifikan serta melakukan pengujian kekerasan (*hardness test*) dan uji struktur makro atau mikro.

DAFTAR PUSTAKA

- AWS A5.1/A5.1M., 2012, Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding.
- ASTM., 2003, Metal Test Methods and Analytical Procedures, Annual Book of ASTM Standard, Sec. 3, Vol. 03.01, E647-00, pp.615-657.
- Azwinur, & Muhazir. (2019). Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Material SS400. *polimesin*, 19-25.
- Bintoro, G. (2000). *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*. Yogyakarta: Kanisius.
- Brain Samuel Suranta Tarigan. (2022). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Shield Metal Arc Welding (Smaw) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekuk Pada Baja St 37. *Jurnal Teknik Mesin Unesa*, 10(03), 119–124.
- Daryanto. (2012). *Teknik Las*. Bandung: Alfabeta.
- Kenyon, W. (1985). *Dasar – Dasar Pengelasan*. Jakarta: Erlangga.
- Septyan, A. N. (2012). pengaruh Variasi Jumlah Layer Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Dissimilar Metal Baja ST 37 Dengan Baja SUS 304.
- Siswanto, S., Hakim, L., & Dyah, A. I. (2022). Perbandingan Jenis Elektroda Las Terhadap Uji Tarik Material Plat ST 37. *Majamecha*, 4(1), 24–33.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- Sukarno, Asiri, M. H., & Mardin. (2022). Analisis Kekuatan Tarik Dan Bending Dari Beberapa Jenis Kampuh V,X,I Pada Pengelasan Smaw Terhadap Baja Karbon Medium.
- Sunarni. (2007). *Teknik Pengelasan Logam*. Jakarta: Ganeca Exact.
- Surdia, T., dan Saito, S. (2000). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Kelima. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wahyudi, R., Nurdin., dan S. (2019). Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Pada Pengelasan SMAW Penyambungan Baja Karbon Rendah Dengan Baja Karbon Sedang Terhadap Tensile Strength. *Journal of Welding Technology*, 1(2), 43–47.
- Wirjosumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradnya Paramita, 8.

