

ANALISA PENGARUH VARIASI KUAT ARUS DAN DIAMETER ELEKTRODA METODE PENGELASAN SMAW PADA MATERIAL *STAINLESS STEEL* 304 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN BENDING

Olivian Yundia Pratama

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: Olivian.21078@mhs.unesa.ac.id

Yunus

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: yunus@unesa.ac.id

Abstrak

Peralatan di industri tidak terlepas dengan bahan baku logam, untuk itu bahan baku logam tidak dapat dipisahkan dengan hal penyambungan. Salah satu proses penyambungan yang sering digunakan adalah proses pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding). Pada perusahaan PT Unilever Indonesia Tbk, pada industri pembuatan sabun batang (Personal Wash). Proses pencampuran chip sabun, warna dan parfum dilakukan oleh pengaduk (blade) menggunakan bahan logam stainless steel, dengan chip sabun yang berat, blade pengaduk sering mengalami patah terkena beban yang berat walaupun sudah dilakukan penyambungan dengan pengelasan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh variasi arus dan diameter elektroda pada material Stainless steel 304 terhadap kekuatan tarik dan bending. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Dalam penelitian ini plat stainless steel 304 akan dilas dengan metode SMAW dengan elektroda NSN-308 dengan diameter 2 mm dan 2,6 mm serta menggunakan arus 70, 80, 90 A posisi pengelasan dibawah tangan (1G) kemudian dilakukan pembentukan spesimen serta dilakukan uji kekuatan tarik dengan memakai standart ASTM E8 dan bending memakai standart ATSM E290. Data hasil eksperimen dianalisis dengan metode one way anova dan uji-t. Hasil dari penelitian ini ialah terdapat pengaruh signifikan pada hasil variasi arus dan diameter elektroda pada material stainless steel 304 terhadap uji kekuatan tarik dan bending. Nilai kekuatan Tarik terbesar dari variasi diameter elektroda 2 mm dan 2,6 mm ialah 358,00 N/mm² dan 483,79 N/mm² variasi arus 90 A serta nilai kekuatan tarik terendah ialah 305,96 N/mm² dan 305,49 N/mm² variasi arus 70 A. Nilai bending tertinggi dari variasi diameter elektroda 2 mm dan 2,6 mm ialah 1490,60 N/mm² dan 2451,66 N/mm² variasi arus 90 A serta nilai kekuatan bending terendah ialah 948,78 N/mm² dan 1108,15 N/mm² variasi arus 70 A.

Kata Kunci : *Stainless Steel 304, Kekuatan Tarik dan Bending, SMAW, Kuat Arus, Diameter Elektroda*

Abstract

The equipment in industries is closely associated with metal raw materials, and thus, these raw metal materials cannot be separated without joining processes. One of the frequently utilized joining processes is Shielded Metal Arc Welding (SMAW). In PT Unilever Indonesia Tbk's bar soap manufacturing industry (Personal Wash), the mixing of soap chips, colors, and fragrances is performed using a stainless steel metal blade. However, despite the welding joining process, the mixing blade often fractures when subjected to heavy loads due to the weight of the soap chips. The objective of this research is to determine the influence of variations in current strength and electrode diameter on the tensile and bending strength of Stainless Steel 304 material. This study adopts an experimental approach. Stainless Steel 304 plates will be welded using the SMAW method employing NSN-308 electrodes with diameters of 2 mm and 2.6 mm, and currents of 70 A, 80 A, and 90 A in the downhand welding position (1G). Subsequently, specimen formation will be conducted, followed by tensile strength testing adhering to ASTM E8 standards, and bending strength testing following ATSM E290 standards. Experimental data will be analyzed using one-way ANOVA and t-tests. The results reveal a significant impact of variations in current strength and electrode diameter on the Stainless Steel 304 material's tensile and bending strength. The highest tensile strength values for electrode diameter variations of 2 mm and 2.6 mm are 358,00 N/mm² and 483,79 N/mm² at a current of 90 A, while the lowest tensile strength values are 305,96 N/mm² and 305,49 N/mm² at a current of 70 A. Regarding bending strength, the highest values for electrode diameter variations of 2 mm and 2.6 mm are 1490,60 N/mm² and 2451,66 N/mm² at a current of 90 A, and the lowest bending strength values are 948,78 N/mm² and 1108,15 N/mm² at a current of 70 A.

Keywords: *Stainless Steel 304, Tensile and Bending Strength, SMAW, Current Strength, Electrode Diameter.*

PENDAHULUAN

Dalam era modernisasi, perkembangan alat-alat juga mengalami dampak signifikan, baik dalam industri kecil maupun besar. Di industri, peralatan sangat terkait dengan bahan baku logam, yang tidak bisa dipisahkan dari teknik

penyambungan guna memastikan kekuatan optimal. Salah satu metode penyambungan, seperti pengelasan, menjadi penting dalam konteks ini. Pengelasan, termasuk dalam berbagai teknik penyambungan seperti baut dan keling, merupakan proses yang sering digunakan.

Pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) atau

yang dikenal sebagai las busur, adalah salah satu teknik pengelasan logam yang memanfaatkan listrik sebagai sumber panasnya dan elektroda sebagai material pengisi. Proses pengelasan ini sering digunakan untuk perbaikan dan pemeliharaan berbagai perkakas logam, baik untuk menambal retakan, menyambung sementara, maupun memotong bagian logam. Keunggulan pengelasan SMAW terletak pada sederhana dan ekonomis, serta sifat mekanik dan fisik yang baik pada hasil pengelasan yang dapat dikendalikan.

Saat ini penggunaan pengelasan SMAW (Shielding Metal Arc Welding) sering digunakan pada banyak industri salah satunya industri yang sebgai besar pembuatan produknya menggunakan mesin dan logam khususnya stainless steel, seperti pada perusahaan PT Unilever Indonesia Tbk, pada industri pembuatan sabun batang (Personal Wash). Proses pencampuran chip sabun, warna dan parfum dilakukan oleh pengaduk (blade) menggunakan bahan logam stainless steel, dengan chip sabun yang berat, blade pengaduk sering mengalami patah terkena beban yang berat walaupun sudah dilakukan penyambungan dengan pengelasan. Maka permasalahan yang terjadi pada setiap menyambungan pada material konstruksi adalah berapa besar kekuatan sambungan las setelah mengalami pengelasan.

Banyak faktor yang memengaruhi kekuatan hasil pengelasan, seperti kecepatan pengelasan, jarak antara elektroda, penyesuaian arus yang digunakan, jenis elektroda, diameter elektroda, dan sebagainya. Kualitas pengelasan juga sangat dipengaruhi oleh jenis material yang dilas, sehingga pemilihan jenis dan ukuran elektroda menjadi penting untuk mencapai kekuatan pengelasan yang optimal.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus Dan Diameter Elektroda Metode Pengelasan SMAW Pada Material Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending” yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan las pada material *stainless steel* 304 dengan metode pengelasan SMAW (Shielding Metal Arc Welding). Guna mendapatkan hasil arus dan diameter elektroda yang mempunyai kekuatan yang tinggi sehingga dapat diterapkan di dunia industri untuk acuan pengelasan pada material stainless steel 304.

METODE

Metode Penelitian yang digunakan pada penelitian ini ialah metode eksperimen. Metode eksperimen yang dilakukan adalah meneliti tentang pengaruh parameter pengelasan yaitu memvariasikan kuat arus 70, 80, 90 Ampere dan diameter elektroda 2,0 mm dan 2,6 mm yang digunakan untuk mencari kekuatan pengelasan yang optimal terhadap tensile test dan bending test pada material stainless steel 304. Penelitian ini dilakukan dalam kondisi dan peralatan yang sudah disesuaikan.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari 19 Juli 2023 sampai 5 September 2023. Tempat dilaksanakannya penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengelasan, Jurusan Teknik

Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya dan Laboratorium Perlakuan Bahan Politeknik Negeri Malang.

Objek Penelitian

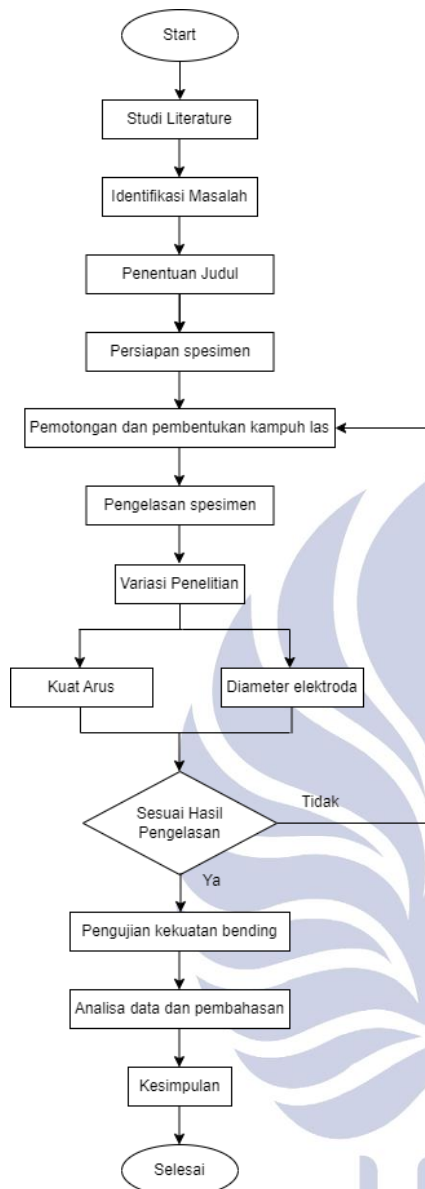
Penelitian ini menggunakan objek stainless steel 304 dengan dilakukan perlakuan pengelasan SMAW dengan elektroda NSN-308 2,0 mm x 300 mm dan NSN-308 2,6 mm x 300 mm.

Variabel

- Variabel Bebas : kuat arus, ketebalan dan diameter elektroda yang dipakai.
- Variabel Terikat : kekuatan pengelasan yang disini peneliti menguji dengan pelakuan Tarik dan bending.
- Variabel Kontrol :
 - a. Material *Stainless Steel* 304
 - b. Elektroda jenis NSN-308 2,0 mm x 300 mm dan NSN-308 2,6 mm x 300 mm
 - c. Jenis Pengelasan SMAW
 - d. Posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi di bawah tangan atau 1G dan kampuh las V.

Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus Dan Diameter Elektroda Metode Pengelasan Smaw Pada Material *Stainless Steel* 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

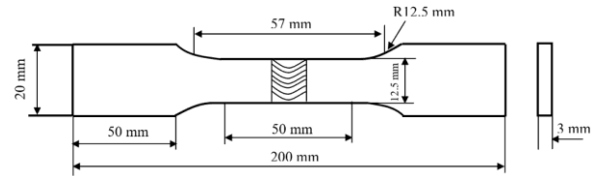
Proses Pengelasan Spesimen

Berikut Langkah-langkah pengelasan SMAW pada material *Stainless Steel* 304:

1. Menyiapkan material *stainless steel* 304 dan perlengkapan las
2. Potong bahan sesuai dimensi yang diinginkan dan gunakan gerinda tangan untuk meratakan atau menghaluskannya.
3. Membuat kampuh las dengan sudut 70°
4. Mengatur ampere las sesuai variasi penelitian
5. Lakukan pengelasan dibawah tangan
6. Pendinginan dilakukan di udara terbuka

Pembuatan Spesimen Uji Tarik

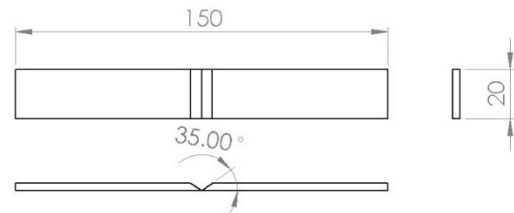
Pengujian tarik dilakukan dengan cara melakukan pembebanan perlahan hingga spesimen putus. Pembuatan spesimen mengacu pada standar ASTM E8/EM8.



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik

Pembuatan Spesimen Uji Bending

Uji bending dilakukan dengan menerapkan pembebanan lentur secara bertahap pada sampel sampai titik kelelahan tercapai. Pembuatan sampel uji bending mengikuti pedoman dari standar ASTM E290.



Gambar 3. Spesimen Uji Bending

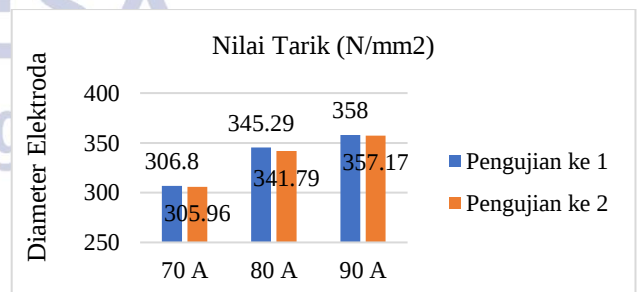
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Penelitian Pengujian Tarik

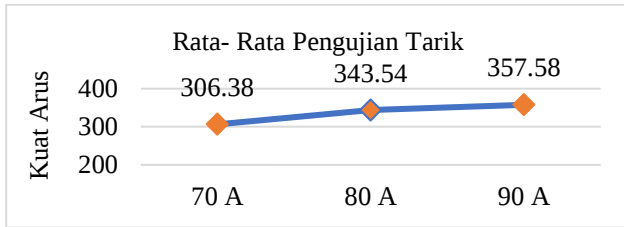
Tabel 1. Hasil Uji Tarik Diameter Elektroda 2mm

Arus	Diameter Elektroda (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban (N)	Tegangan Tarik Max (N/mm ²)	Tegangan Tarik Rata-rata (N/mm ²)
70	2,0	12,5	3	11505.16	306,80	306,38
	2,0	12,5	3	11473.78	305,96	
80	2,0	12,5	3	12948.70	345,29	343,54
	2,0	12,5	3	12817.29	341,79	
90	2,0	12,5	3	13425.30	358,00	357,58
	2,0	12,5	3	13393.92	357,17	

Berdasarkan hasil dari pengujian telah diperhitungkan, diperoleh seperti tabel diatas, Langkah selanjutnya ialah pengolahan data serta disajikan dalam bentuk grafik sehingga dapat mempermudah dalam penganalisaan data.

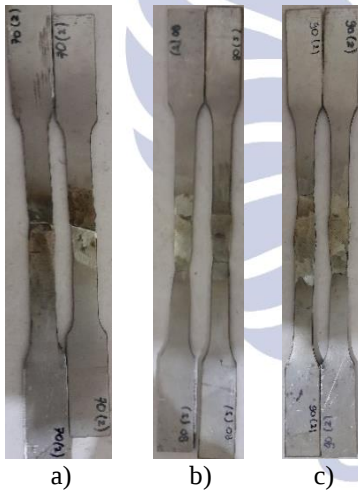


Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Tarik Berdasarkan Diameter Elektroda 2,0 mm



Gambar 5. Grafik Rata-rata Hasil Pengujian Tarik Berdasarkan Variasi Arus

Rata-rata beban maksimal dari uji Tarik pada specimen dengan variasi arus 70 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm adalah 11,489,47 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan Tarik maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 70 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm sebesar 306,38 N/mm². Rata-rata beban maksimal dari uji Tarik pada specimen dengan variasi arus 80 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm adalah 12,882,99 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan Tarik maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 80 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm sebesar 343,54 N/mm². Rata-rata beban maksimal dari uji Tarik pada specimen dengan variasi arus 90 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm adalah 13,409,61 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan Tarik maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 90 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm sebesar 357,58 N/mm².



Gambar 6. Hasil Uji Tarik Elektroda Diameter 2 mm

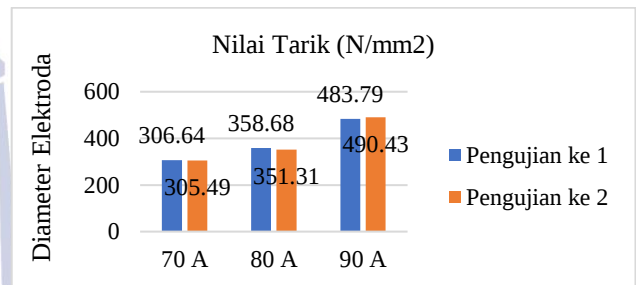
- Kuat Arus 70 A elektroda diameter 2,0 mm
- Kuat Arus 80 A elektroda diameter 2,0 mm
- Kuat Arus 90 A elektroda diameter 2,0 mm

Jika kita membandingkan rata-rata tegangan tarik, didapati bahwa tegangan bending rata-rata tertinggi tercatat pada pengaturan 90 A dengan diameter elektroda 2 mm, mencapai 358,00 N/mm². Sebaliknya, nilai tegangan tarik rata-rata terendah terjadi pada konfigurasi 70 A dengan diameter elektroda 2 mm, hanya mencapai 305,96 N/mm².

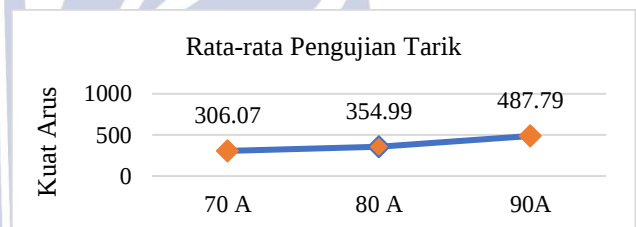
Tabel 2. Hasil Uji Tarik Diameter Elektroda 2,6 mm

Arus	Diameter Elektroda	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban (N)	Tegangan Tarik Max (N/mm ²)	Tegangan Tarik Rata-rata (N/mm ²)
70	2,6 mm	12,5	3	11499.27	306,64	306,07
	2,6 mm	12,5	3	11456.12	305,49	
80	2,6 mm	12,5	3	13450.80	358,68	354,99
	2,6 mm	12,5	3	13174.25	351,31	
90	2,6 mm	12,5	3	18142.30	483,79	487,79
	2,6 mm	12,5	3	18391.39	490,43	

Berdasarkan hasil dari pengujian telah diperhitungkan, diperoleh seperti tabel diatas, Langkah selanjutnya ialah pengolahan data serta disajikan dalam bentuk grafik sehingga dapat mempermudah dalam penganalisaan data.



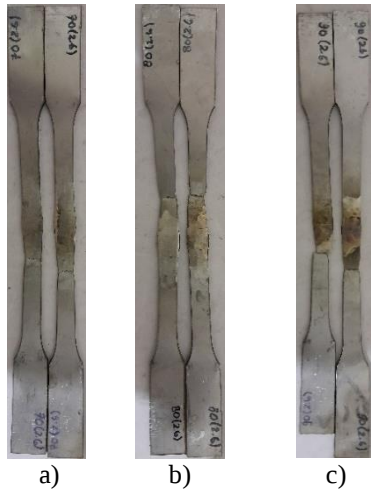
Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Tarik Berdasarkan Diameter Elektroda 2,6 mm



Gambar 8. Grafik Rata-rata Hasil Pengujian Tarik Berdasarkan Variasi Arus

Rata-rata beban maksimal dari uji Tarik pada specimen dengan variasi arus 70 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm adalah 11,477,69 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan Tarik maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 70 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm sebesar 306,07 N/mm². Rata-rata beban maksimal dari uji Tarik pada specimen dengan variasi arus 80 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm adalah 13,312,525 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan Tarik maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 80 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm sebesar 354,99 N/mm². Rata-rata beban maksimal dari uji Tarik pada specimen dengan variasi arus 90 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm adalah 18,266,84 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan Tarik maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 90 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm sebesar 490,43 N/mm².

Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus Dan Diameter Elektroda Metode Pengelasan Smaw Pada Material *Stainless Steel* 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending



Gambar 9. Hasil Uji Tarik Elektroda Diameter 2,6mm

- a) Kuat arus 70 A elektroda diameter 2,6 mm
- b) Kuat arus 80 A elektroda diameter 2,6 mm
- c) Kuat arus 90 A elektroda diameter 2,6 mm

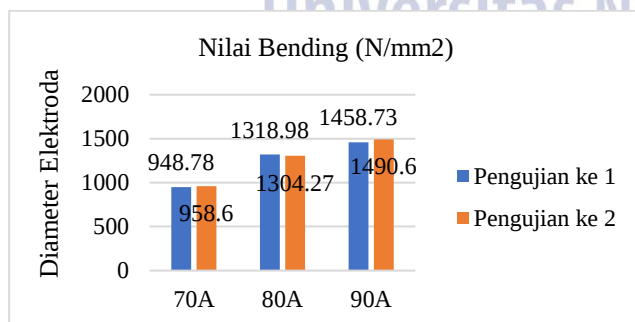
Dari perbandingan rata-rata tegangan tarik, disimpulkan bahwa tegangan bending rata-rata tertinggi terdapat pada pengaturan 90 A dengan diameter elektroda 2,6 mm, mencapai 490,43 N/mm². Sementara itu, nilai tegangan tarik rata-rata terendah terjadi pada variasi 70 A dengan diameter elektroda 2,6 mm, hanya mencapai 305,49 N/mm².

Data Hasil Penelitian Uji Bending

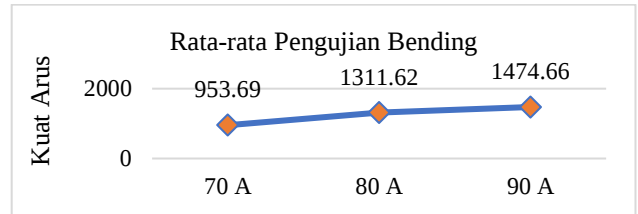
Tabel 3. Hasil Uji Bending Elektroda Diameter 2 mm

Arus	Diameter Elektroda	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban (N)	Tegangan (N/mm ²)	Tegangan Rata-rata (N/mm ²)
70	2,0 mm	20	3	759.03	948,78	953,69
	2,0 mm	20	3	766.88	958,60	
80	2,0 mm	20	3	1055.19	1318,98	1311,62
	2,0 mm	20	3	1043.42	1304,27	
90	2,0 mm	20	3	1166.99	1458,73	1474,66
	2,0 mm	20	3	1192.48	1490,60	

Dengan data tegangan bending yang terkumpul, memungkinkan pembuatan grafik yang membandingkan rata-rata tegangan bending dari variasi arus dan diameter elektroda.

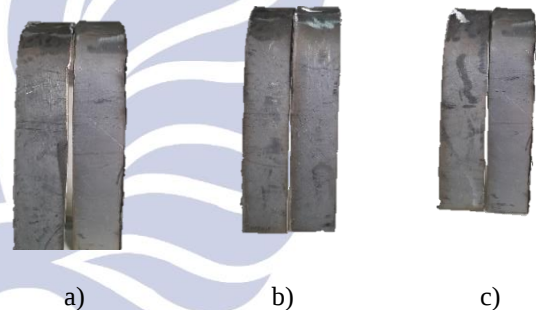


Gambar 10. Grafik Pengujian Bending Berdasarkan Diameter Elektroda 2,0 mm



Gambar 11. Grafik Pengujian Bending Berdasarkan Variasi Arus

Rata-rata beban maksimal dari uji bending pada specimen dengan variasi arus 70 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm adalah 762.95 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan bending maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 70 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm sebesar 953,69 N/mm². Rata-rata beban maksimal dari uji bending pada specimen dengan variasi arus 80 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm adalah 1049.30 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan bending maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 80 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm sebesar 1311,62 N/mm². Rata-rata beban maksimal dari uji kekuatan bending pada specimen dengan variasi arus 90 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm adalah 1179,73 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan bending maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 90 Ampere dengan diameter elektroda 2 mm sebesar 1474,66 N/mm².



Gambar 12. Hasil Uji Bending Elektroda Diameter 2,0 mm

- a) Kuat Arus 70 A elektroda diameter 2,0 mm
- b) Kuat Arus 80 A elektroda diameter 2,0 mm
- c) Kuat Arus 90 A elektroda diameter 2,0 mm

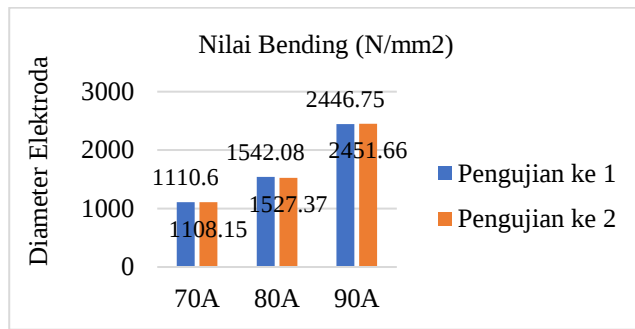
Hasil perbandingan rata-rata tegangan bending menunjukkan bahwa nilai tertinggi tercatat pada pengaturan 90 A dengan diameter elektroda 2 mm, mencapai 1499,60 N/mm². Sebaliknya, tegangan bending rata-rata terendah terjadi pada variasi 70 A dengan diameter elektroda 2 mm, hanya mencapai 948,78 N/mm².

Tabel 4. Hasil Uji Bending Elektroda Diameter 2,6 mm

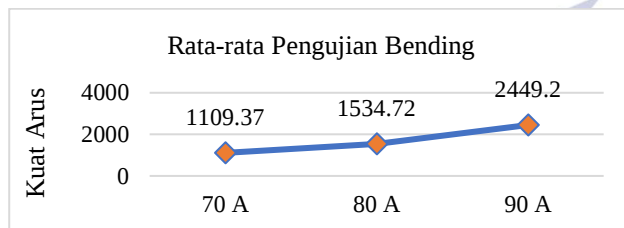
Arus	Diameter Elektroda	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban (N)	Tegangan (N/mm ²)	Tegangan Rata-rata (N/mm ²)
70	2,6 mm	20	3	888,48	1110,60	1109,37
	2,6 mm	20	3	886,52	1108,15	
80	2,6 mm	20	3	1233,67	1542,08	1534,72
	2,6 mm	20	3	1221,90	1527,37	
90	2,6 mm	20	3	1957,40	2446,75	2449,20
	2,6 mm	20	3	1961,33	2451,66	

Dengan data tegangan bending yang terkumpul, memungkinkan pembuatan grafik yang membandingkan

rata-rata tegangan bending dari variasi arus dan diameter elektroda.

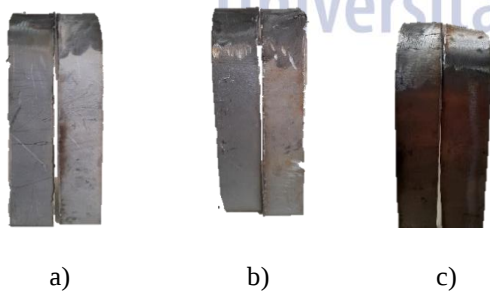


Gambar 13. Grafik Pengujian Bending Berdasarkan Diameter Elektroda 2,6 mm



Gambar 14. Grafik Pengujian Bending Berdasarkan Variasi Arus

Rata-rata beban maksimal dari uji bending pada specimen dengan variasi arus 70 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm adalah 887.50 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan bending maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 70 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm sebesar 1110,60 N/mm². Rata-rata beban maksimal dari uji bending pada specimen dengan variasi arus 80 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm adalah 1227,78 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan bending maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 80 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm sebesar 1534,72 N/mm². Rata-rata beban maksimal dari uji Tarik pada specimen dengan variasi arus 90 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm adalah 1,959.36 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan bending maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 90 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm sebesar 2449,20 N/mm².



Gambar 15. Hasil Uji Bending Elektroda Diameter 2,6 mm

- a) Kuat arus 70 A elektroda diameter 2,6 mm
- b) Kuat arus 80 A elektroda diameter 2,6 mm
- c) Kuat arus 90 A elektroda diameter 2,6 mm

Hasil perbandingan rata-rata tegangan lentur menunjukkan bahwa nilai paling tinggi dicapai saat menggunakan elektroda berdiameter 2,6 mm pada variasi 90 A, mencapai 2451,66 N/mm². Di sisi lain, nilai paling rendah terjadi pada variasi 70 A dengan elektroda yang sama berdiameter 2,6 mm, hanya mencapai 1108,15 N/mm².

Pembahasan

• Uji Tarik

1) Uji Hipotesis Minor Kuat Arus

Metode uji hipotesis menggunakan *Independent Sample T Test* pada kasus minor. Uji ini dimaksudkan untuk memeriksa perbedaan antara setiap variasi. Hipotesis akan diterima jika nilai signifikansi kurang dari 0,05.

Tabel 5. Hasil Uji Hipotesis Minor Uji Tarik

No.	Variasi Diameter	Variasi arus	Mean	Std. Deviation	t	Sig. (2-tailed)	Ket.
1.	2,0	70	306,3800	0,59397	-20,648	0,002	Ho di Tolak, Ha Diterima
		80	343,5400	2,47487	-20,648		
2.	2,0	70	306,3800	0,59397	-86,723	0,001	Ho di Tolak, Ha Diterima
		90	357,5850	0,58690	-86,723		
3	2,0	80	343,5400	2,47487	-7,809	0,016	Ho di Tolak, Ha Diterima
		90	357,5850	0,58690	-7,809		
4	2,6	70	306,0650	0,81317	-13,119	0,006	Ho di Tolak, Ha Diterima
		80	354,9950	5,21138	-13,119		
5	2,6	70	306,0650	0,81317	-53,732	0,001	Ho di Tolak, Ha Diterima
		90	487,1100	4,69519	-53,732		
6	2,6	80	354,9950	5,21138	-26,636	0,001	Ho di Tolak, Ha Diterima
		90	487,1100	4,69519	-26,636		

Berdasarkan hasil uji-t, dapat dianalisa sebagai berikut:

- a) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 70 A dan 80 A diameter elektroda 2,0mm

Dengan nilai uji t sebesar -20,648 dan signifikansi 0,002, Hipotesis nol (Ho) telah disangkal dan hipotesis alternatif (Ha) diterima. Oleh karena itu, kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa proses pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik antara arus 70 A dan 80 A. Secara tambahan, perlu dicatat bahwa kekuatan tarik pada arus 70 A lebih tinggi daripada arus 80 A.

- b) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 70 A dan 90 A diameter elektroda 2,0mm

Dengan nilai uji t sebesar -86,723 dan signifikansi sebesar 0,001, hipotesis nol (Ho) ditolak dan hipotesis alternatif (Ha) diterima. Ini menunjukkan bahwa proses pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 tidak memberikan pengaruh signifikan pada nilai kekuatan tarik antara arus 70 A dan 90 A. Dalam konteks ini, penting untuk mencatat bahwa kekuatan tarik pada variasi arus 90 A lebih tinggi daripada pada variasi arus 70 A.

- c) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 80 A dan 90 A diameter elektroda 2,0mm

Dengan nilai uji t sebesar -7,809 dan signifikansi 0,016, hipotesis nol (H_0) ditolak sementara hipotesis alternatif (H_a) diterima. Ini menyiratkan bahwa proses pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 tidak memiliki pengaruh signifikan pada nilai kekuatan tarik antara arus 80 A dan 90 A. Dalam konteks ini, perlu diperhatikan bahwa kekuatan tarik pada variasi arus 90 A lebih tinggi daripada pada variasi arus 80 A.

- d) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 70 A dan 80 A diameter elektroda 2,6mm

Dengan nilai uji t sebesar -13,119 dan signifikansi 0,006, hipotesis nol (H_0) tidak diterima sementara hipotesis alternatif (H_a) diterima. Ini mengindikasikan adanya pengaruh yang signifikan dari proses pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara arus 70 A dan 80 A. Selain itu, perlu dicatat bahwa kekuatan tarik pada variasi arus 80 A lebih tinggi dibandingkan dengan variasi arus 70 A.

- e) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 70 A dan 90 A diameter elektroda 2,6mm

Dengan nilai uji t sebesar -53,732 dan signifikansi 0,001, hipotesis nol (H_0) tidak berlaku sementara hipotesis alternatif (H_a) terbukti benar. Ini menggambarkan adanya pengaruh yang signifikan dari proses pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara arus 70 A dan 90 A. Penting dicatat bahwa kekuatan tarik pada variasi arus 90 A lebih tinggi daripada variasi arus 70 A.

- f) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 80 A dan 90 A diameter elektroda 2,6mm

Dengan nilai uji t sebesar -26,636 dan signifikansi 0,001, hipotesis nol (H_0) tidak dapat diterima sementara hipotesis alternatif (H_a) diterima. Ini menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari proses pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara arus 80 A dan 90 A. Selain itu, terbukti bahwa kekuatan tarik pada variasi arus 90 A lebih tinggi daripada pada variasi arus 80 A.

2) Uji Hipotesis Minor Diameter Elektroda

Uji hipotesis minor menggunakan Independent Sample T Test untuk membandingkan perbedaan antar variasi. Kesimpulan dari hipotesis akan diterima jika nilai signifikansi (sig) kurang dari 0,05.

Tabel 6. Hasil Uji Hipotesis Minor Uji Tarik

No.	Variasi Arus	Variasi Diameter	Mean	Std. Deviation	t	Sig. (2-tailed)	Ket.
1.	70	2,0	306,3800	0,59397	0,442	0,701	Ha di Tolak, H_0 Diterima
		2,6	306,3800	0,81317	0,442		
2.	80	2,0	343,5400	2,47487	-2,808	0,107	Ha di Tolak, H_0 Diterima
		2,6	354,9950	5,21138	-2,808		
3	90	2,0	357,5850	0,58690	-38,712	0,001	Ho di Tolak, H_a Diterima
		2,6	487,1100	4,69519	-38,712		

- a) Analisa Hasil uji-t antara variasi Diameter 2,0 dan 2,6mm pada 70 A

Dari nilai uji t sebesar 0,442 dengan nilai signifikansi 0,701, maka hipotesis alternatif (H_a) ditolak dan hipotesis nol (H_0) diterima. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan dari hasil pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara diameter 2,0 mm dan 2,6 mm pada 70 A.

- b) Analisa Hasil uji-t antara variasi Diameter 2,0 dan 2,6mm pada 80 A

Dari nilai uji t sebesar -2,808 dengan nilai signifikansi 0,107, maka hipotesis alternatif (H_a) ditolak dan hipotesis nol (H_0) diterima. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan dari hasil pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara diameter 2,0 mm dan 2,6 mm pada 80 A.

- c) Analisa Hasil uji-t antara variasi Diameter 2,0 dan 2,6mm pada 90 A

Dari hasil uji t dengan nilai -38,712 dan signifikansi sebesar 0,001, maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima. Ini menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari hasil pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara diameter 2,0 mm dan 2,6 mm pada 90 A.

• Uji Bending

1) Uji Hipotesis Minor Kuat Arus

Uji hipotesis minor menggunakan metode Independent Sample T Test. Metode ini bermanfaat untuk memahami perbandingan antara berbagai variasi yang ada. Kesimpulan dari hipotesis akan bisa dianggap valid jika nilai signifikansi (sig) berada di bawah 0,05.

Tabel 7. Hasil Uji Hipotesis Minor Uji Bending

No.	Variasi Diameter	Variasi arus	Mean	Std. Deviation	t	Sig. (2-tailed)	Ket.
1.	2,0	70	953,6900	6,94379	-40,475	0,001	Ho di Tolak, Ha Diterima
		80	1311,6250	10,40154	-40,475		
2.	2,0	70	953,6900	6,94379	-31,244	0,001	Ho di Tolak, Ha Diterima
		90	1474,6650	22,53549	-31,244		
3	2,0	80	1311,6250	10,40154	-9,290	0,011	Ho di Tolak, Ha Diterima
		90	1474,6650	22,53549	-9,290		
4	2,6	70	1109,3750	1,73241	-57,046	0,001	Ho di Tolak, Ha Diterima
		80	1534,7250	10,40154	-57,046		
5	2,6	70	1109,3750	1,73241	-488,337	0,001	Ho di Tolak, Ha Diterima
		90	2449,2050	3,47189	-488,337		
6	2,6	80	1534,7250	10,40154	-117,938	0,001	Ho di Tolak, Ha Diterima
		90	2449,2050	3,47189	-117,938		

- a) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 70 A dan 80 A diameter elektroda 2,0mm

Dari nilai uji t sebesar -40,475 dengan signifikansi 0,001, hipotesis nol (Ho) ditolak dan hipotesis alternatif (Ha) diterima. Ini mengindikasikan adanya pengaruh yang signifikan dari proses pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan bending antara arus 70 A dan 80 A. Lebih lanjut, perlu dicatat bahwa nilai kekuatan tarik pada variasi arus 80 A lebih tinggi dibandingkan dengan variasi arus 70 A.

- b) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 70 A dan 90 A diameter elektroda 2,0mm

Dari nilai uji t sebesar -31,244 dengan signifikansi 0,001, hipotesis nol (Ho) ditolak dan hipotesis alternatif (Ha) diterima. Ini menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari proses pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara arus 70 A dan 90 A. Dalam hal ini, perlu dicatat bahwa nilai kekuatan tarik pada variasi arus 90 A lebih tinggi dibandingkan dengan variasi arus 70 A.

- c) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 80 A dan 90 A diameter elektroda 2,0mm

Dari nilai uji t sebesar -9,290 dengan signifikansi 0,011, hipotesis nol (Ho) ditolak dan hipotesis alternatif (Ha) diterima. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan dari hasil pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara arus 80 A dan 90 A. Namun, perlu dicatat bahwa nilai kekuatan tarik pada variasi arus 90 A lebih tinggi dibandingkan dengan variasi arus 80 A.

- d) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 70 A dan 80 A diameter elektroda 2,6mm

Dari nilai uji t sebesar -57,046 dengan signifikansi 0,001, hipotesis nol (Ho) ditolak dan hipotesis alternatif (Ha) diterima. Ini menandakan adanya pengaruh yang signifikan dari hasil pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara arus 70 A dan 80 A. Lebih lanjut, perlu dicatat bahwa nilai

kekuatan tarik pada variasi arus 80 A lebih tinggi dibandingkan dengan variasi arus 70 A.

- e) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 70 A dan 90 A diameter elektroda 2,6mm

Dari nilai uji t sebesar -488,337 dengan signifikansi 0,001, hipotesis nol (Ho) ditolak dan hipotesis alternatif (Ha) diterima. Hal ini menandakan adanya pengaruh yang signifikan dari hasil pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara arus 70 A dan 90 A. Lebih lanjut, nilai kekuatan tarik pada variasi arus 90 A terbukti lebih tinggi dibandingkan dengan variasi arus 70 A.

- f) Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 80 A dan 90 A diameter elektroda 2,6mm

Dari nilai uji t sebesar -117,938 dengan signifikansi 0,001, hipotesis nol (Ho) ditolak dan hipotesis alternatif (Ha) diterima. Ini menandakan adanya pengaruh yang signifikan dari hasil pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara arus 80 A dan 90 A. Lebih lanjut, nilai kekuatan tarik pada variasi arus 90 A terbukti lebih tinggi dibandingkan dengan variasi arus 80 A.

2) Uji Hipotesis Minor Diameter Elektroda

Pengujian hipotesis minor memanfaatkan metode Independent Sample T Test. Tes ini dimaksudkan untuk memahami perbandingan di antara berbagai variasi. Validitas hipotesis dapat terkonfirmasi jika nilai signifikansi (sig) kurang dari 0,05.

Tabel 8. Hasil Uji Hipotesis Minor Uji Bending

No.	Variasi Arus	Variasi Diameter	Mean	Std. Deviation	t	Sig. (2-tailed)	Ket.
1.	70	2,0	953,6900	6,94379	-30,765	0,001	Ha di Tolak, Ho Diterima
		2,6	1109,3750	1,73241	-30,765		
2.	80	2,0	1311,6250	10,40154	-21,449	0,002	Ho di Tolak, Ha Diterima
		2,6	1534,7250	10,40154	-21,449		
3	90	2,0	1474,6650	22,53549	-60,444	0,001	Ho di Tolak, Ha Diterima
		2,6	2449,2050	3,47189	-60,444		

- a) Analisa Hasil uji-t antara variasi Diameter 2,0 dan 2,6mm pada 70 A

Nilai t berdasarkan uji t sebesar -30,765 dengan nilai sig sebesar 0,001, maka Ha ditolak dan Ho diterima. Sehingga dinyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara diameter 2,0 A dan 2,6 pada 70 A.

- b) Analisa Hasil uji-t antara variasi Diameter 2,0 dan 2,6mm pada 80 A

Nilai t berdasarkan uji t sebesar -21,449 dengan nilai sig sebesar 0,002, maka Ho ditolak dan Ha diterima. Sehingga dinyatakan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara diameter 2,0 A dan 2,6 pada 80 A.

- c) Analisa Hasil uji-t antara variasi Diameter 2,0 dan 2,6mm pada 90 A

Nilai t berdasarkan uji t sebesar -60,444 dengan nilai sig sebesar 0,001, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Sehingga dinyatakan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada material stainless steel 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara diameter 2,0 A dan 2,6 pada 90 A.

Hasil Penelitian

• Proses Pengelasan

Penelitian ini menggunakan specimen stainless steel 304 dengan ketebalan 3 mm. Penelitian ini menggunakan variasi arus 70, 80, 90 Ampere dan variasi elektroda 2,0 dan 2,6 mm dengan menggunakan kampuh las 70° dengan menggunakan metode pengelasan SMAW. Setelah melalui proses pengelasan tersebut, plat didinginkan dengan media udara sehingga laju pendinginannya termasuk laju pendinginan lambat.

• Uji Tarik

Dari hasil pengujian tarik, ditemukan bahwa spesimen dengan variasi arus 70 Ampere menggunakan elektroda diameter 2,0 mm memiliki kekuatan rata-rata $306,80 \text{ N/mm}^2$. Untuk variasi arus 80 Ampere dengan elektroda diameter 2,0 mm, kekuatan rata-ratanya adalah $343,54 \text{ N/mm}^2$. Sementara itu, variasi arus 90 Ampere dengan elektroda diameter 2,0 mm mencatat kekuatan rata-rata $357,58 \text{ N/mm}^2$. Di sisi lain, spesimen dengan variasi arus 70 Ampere dan elektroda diameter 2,6 mm memiliki kekuatan rata-rata $306,07 \text{ N/mm}^2$. Variasi arus 80 Ampere dengan elektroda diameter 2,6 mm mencapai kekuatan rata-rata $354,99 \text{ N/mm}^2$. Sedangkan spesimen dengan variasi arus 90 Ampere dan elektroda diameter 2,6 mm menunjukkan kekuatan rata-rata $487,79 \text{ N/mm}^2$. Secara khusus, spesimen yang mengalami perlakuan variasi 90 Ampere menunjukkan kekuatan tarik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen yang mengalami variasi 70 Ampere.

• Uji Bending

Dari hasil uji bending, didapati bahwa spesimen dengan variasi arus 70 Ampere menggunakan elektroda diameter 2,0 mm memiliki kekuatan rata-rata $953,69 \text{ N/mm}^2$. Untuk variasi arus 80 Ampere dengan elektroda diameter 2,0 mm, kekuatan rata-ratanya adalah $1311,62 \text{ N/mm}^2$. Sementara itu, variasi arus 90 Ampere dengan elektroda diameter 2,0 mm mencatat kekuatan rata-rata $1474,66 \text{ N/mm}^2$. Di sisi lain, spesimen dengan variasi arus 70 Ampere dan elektroda diameter 2,6 mm memiliki kekuatan rata-rata $1109,37 \text{ N/mm}^2$. Variasi arus 80 Ampere dengan elektroda diameter 2,6 mm mencapai kekuatan rata-rata $1534,72 \text{ N/mm}^2$. Sedangkan spesimen dengan variasi arus 90 Ampere dan elektroda diameter 2,6 mm menunjukkan kekuatan rata-rata $2449,20 \text{ N/mm}^2$. Secara khusus, spesimen yang mengalami perlakuan variasi 90 Ampere menunjukkan kekuatan bending yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen yang mengalami variasi 70 Ampere.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian serta pembahasan tentang dampak variasi arus yang kuat dan diameter elektroda dalam metode pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik dan bending pada material stainless steel 304, kesimpulannya adalah sebagai berikut:

1. Hasil Pengujian Tarik Berdasarkan Variasi Arus

Hasil dari pengujian tarik dengan variasi arus 70, 80 dan 90 A pada elektroda diameter 2,0 mm. mempunyai hasil berturut-turut $306,38 \text{ N/mm}^2$, $343,54 \text{ N/mm}^2$ dan $357,58 \text{ N/mm}^2$. Untuk variasi arus 70, 80 dan 90 A pada elektroda diameter 2,6 mm. mempunyai hasil berturut-turut $306,07 \text{ N/mm}^2$, $354,99 \text{ N/mm}^2$ dan $487,79 \text{ N/mm}^2$. Dengan ini menunjukkan bahwa semakin besar arus memberikan pengaruh yang signifikan pada kekuatan Tarik.

2. Hasil Pengujian Bending Berdasarkan Variasi Kuat Arus

Hasil dari pengujian bending dengan variasi arus 70, 80, 90 Ampere pada elektroda diameter 2,0 mm. mempunyai hasil berturut-turut $953,69 \text{ N/mm}^2$, $1311,62 \text{ N/mm}^2$, $1474,66 \text{ N/mm}^2$. Untuk variasi arus 70, 80 dan 90 A pada elektroda diameter 2,6 mm. mempunyai hasil berturut-turut $1109,37 \text{ N/mm}^2$, $1534,72 \text{ N/mm}^2$ dan $2449,20 \text{ N/mm}^2$. Dengan ini menunjukkan bahwa semakin besar arus memberikan pengaruh yang signifikan pada kekuatan Bending.

3. Hasil Pengujian Tarik Berdasarkan Variasi Diameter Elektroda

Hasil pengujian tarik menunjukkan perbedaan dalam kekuatan tarik antara diameter elektroda 2,0 mm pada arus 70 A yang mencapai $306,38 \text{ N/mm}^2$ sebagai nilai terendah, sementara pada arus 90 A mencapai $357,58 \text{ N/mm}^2$ sebagai nilai tertinggi. Pada diameter elektroda 2,6 mm, nilai terendah pada arus 70 A sebesar $306,07 \text{ N/mm}^2$, sedangkan nilai tertinggi pada arus 90 A sebesar $487,79 \text{ N/mm}^2$. Temuan ini menunjukkan bahwa diameter elektroda yang digunakan pada kuat arus tinggi memberikan dampak yang signifikan pada kekuatan tarik.

4. Hasil Pengujian Bending Berdasarkan Variasi Diameter Elektroda

Hasil uji bending pada elektroda berdiameter 2,0 mm menunjukkan bahwa kekuatan tarik terendah, sebesar $953,69 \text{ N/mm}^2$, terjadi pada arus 70 A, sementara kekuatan bending tertinggi, mencapai $1474,66 \text{ N/mm}^2$, tercatat pada arus 90 A. Pada elektroda berdiameter 2,6 mm, kekuatan tarik terendah terjadi pada arus 70 A dengan $1109,37 \text{ N/mm}^2$, dan kekuatan bending tertinggi tercatat pada arus 90 A dengan $2449,20 \text{ N/mm}^2$. Dari temuan ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan diameter elektroda pada arus yang kuat memiliki dampak signifikan pada kekuatan bending.

Saran

Dalam menganalisis dampak variasi kuat arus dan diameter elektroda dalam metode pengelasan SMAW pada stainless steel 304 terhadap kekuatan tarik dan kekuatan

bending, perlu diakui adanya keterbatasan dalam proses analisis dan penyusunan laporan. Oleh karena itu, disarankan supaya penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan eksperimen berikutnya. Pengujian kekerasan dan struktur makro atau mikro serta pemeriksaan langsung pada proses pengelasan diusulkan sebagai langkah tambahan untuk memperkuat analisis data yang telah ada. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan relevansi penelitian ini sebagai referensi yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifa Rizky Khanigia. (2017). Pengaruh Variasi Diameter Elektroda Dan Fluida Pendingin Pada Proses Las Smaw Terhadap Kekuatan Tarik Baja St 37.
- Ade Amelia S. (2022). Pengaruh Suhu Pada Proses Post Weld Heat Treatment Annealing Terhadap Kekuatan Bending Dan Kekerasan Pipa Astm 106 Grade B Dengan Pengelasan Smaw.
- Azwinur, Jalil, S. A., & Husna, A. (2017). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Pada Proses Pengelasan Smaw. *Journal Polimesin*.
- Fahmi Arifin, dkk. (2018). Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Smaw Terhadap Uji Bending Dan Struktur Mikro Pada Pipa Stainless Steel 316 Astm A213.
- Kenyon, W. (1985). *Dasar – Dasar Pengelasan*. Jakarta: Erlangga.
- Lestari, N., Sidharta, B. W., & Purnomo, A. (2020). Pengaruh Arus Pengelasan Ss 304 Menggunakan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Terhadap Kekuatan Mekanisnya.
- Nata, O. D. (2021). Analisis Kekuatan Uji Bending Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Material Ss400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai Variasi Arus Listrik. Analisis Kekuatan Uji Bending Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Material Ss400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai Variasi Arus Listrik.
- Prasmayobi, U. (2016). Studi Kekuatan Bending Dan Kekerasan Pada Pengelasan Aluminium Dengan Menggunakan Las Smaw (Shielded Metal Arc Weling).
- M. Shobri, Pardi. (2019). Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Pada Proses Las SMAW Menggunakan Elektroda Type E6013.
- Muhammad Sandi Pradana. (2020). Analisa Pengaruh Diameter Kawat Las Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik
- Siswanto, & Amri. (2011). *Konsep Dasar Teknik Las (Teori Dan Praktik)*. Jakarta: Prestasi Pustaka Publiisher.
- Siswanto, R. (2018). *Teknologi Pengelasan Teknologi Pengelasan*.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta, CV.
- Sukaini, Tarkina, & Fandi. (2013). *Teknik Las Busur Listrik Manual/Smaw*. Malang: Pppptk Boe Malang.
- 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.
- Sumarji. (2011). *Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe Ss 304 Dan Ss 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph*.
- Suratman.M. (2007). *Teknik Mengelas Asetilin, Brazing Dan Las Busur Listrik (2 Ed.)*. Bandung: Cv Pustaka Grafika.
- Vuri Ayu Setyowati, dkk. (2016). Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Makro.
- Wirjosumarto, H., & Okumura, T. (2008). *Teknologi Pengelasan Logam*.