**ANALISA PENGARUH VARIASI KUAT ARUS METODE PENGELASAN SMAW PADA MATERIAL *STAINLESS STEEL* 304 TERHADAP STRUKTUR MICRO DAN UJI BENDING**

Muhammad Ludfi

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [Muhammad.20014@mhs.unesa.ac.id](mailto:Muhammad.20014@mhs.unesa.ac.id)

**Yunus**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [yunus@unesa.ac.id](mailto:yunus@unesa.ac.id)

Abstrak

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 pada material Stainless steel 304 terhadap Struktur Micro dan kekuatan bending. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Dalam penelitian ini plat stainless steel 304 akan dilas dengan metode SMAW dengan elektroda NSN-308 dengan diameter 3,2 mm serta menggunakan arus 100, 115, dan 130 A. kemudian dilakukan pembentukan spesimen serta dilakukan uji Struktur Micro dan kekuatan 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 Struktur Micro dan kekuatan bending. Perubahan struktur Micro yang mempunyai hasil foto micro yang baik yaitu memiliki fasa ferrite yang bagus adalah pada variasi arus pengelasan 115 A. Nilai bending tertinggi ialah 1288.730 N/mm2 variasi arus 115 A serta nilai kekuatan bending terendah ialah 1217.397 N/mm2 variasi arus 100 A.

**Kata Kunci** : *Stainless Steel 304*, Struktur Micro, Bending, SMAW, Kuat Arus

*Abstract*

*One of the connection processes that is often used is the SMAW (Shield Metal Arc Welding) welding process. At the company PT Unilever Indonesia Tbk, in the industry of making bar soap (Personal Wash). The process of mixing soap chips, colors and perfumes is carried out by a stirrer (blade) using stainless steel metal material. With heavy soap chips, the stirrer blade is often broken by heavy loads even though welding has been done. The purpose of this study is to determine whether there is an effect of current variation on 304 Stainless steel material on Micro Structure and bending testing. This research is an experimental research. In this study, 304 stainless steel plate will be welded by SMAW method with NSN-308 electrode with a diameter of 3.2 mm and using a current of 100, 115, and 130 A. then specimen formation is carried out and Micro Structure test and bending strength using ATSM E290 standard. The experimental data were analyzed by one way anova method and t-test. The results of this study are that there is a significant effect on the results of variations in current and electrode diameter in 304 stainless steel material on Micro Structure and bending strength. Micro structure changes that have good micro photo results, namely having a good ferrite phase, are in the 115 A welding current variation. The highest bending value is 1288.730 N/mm2 current variation 115 A and the lowest bending strength value is 1217.397 N/mm2 current variation 100 A.*

***Keywords:*** *Stainless Steel 304, Micro Structure, Bending, SMAW, Current Strength*

# **PENDAHULUAN**

Zaman saat ini dengan seiring kemajuan teknologi ikut berdampak terhadap berkembangnya suatu alat di berbagai industri. Bahan baku logam menjadi sesuatu yang tidak dapat dipisahkan dari peralatan yang digunakan oleh industry terutama pada penyambungan. Untuk mendapatkan kekuatan yang maksimal. Ada beberapa teknik penyambungan yang salah satunya ialah pengelasan. Pengelasan merupakan salah satu jenis penyambungan diantara penyambungan yang lain seperti baut dan keling.

Salah satu proses las yang sering digunakan adalah proses las SMAW (Shield Metal Arc Welding) yang disebut juga las busur. Pengelasan SMAW adalah suatu proses penyambungan logam yang menggunakan listrik sebagai sumber panas dan elektroda sebagai bahan pengisi. Pengelasan banyak digunakan untuk perbaikan dan pemeliharaan semua perkakas logam, baik menambal retakan, sambungan sementara atau memotong bagian logam. Pengelasan SMAW banyak dipilih karena prosesnya yang sederhana dan ekonomis serta sifat mekanik dan fisik yang baik dari hasil pengelasan yang terkontrol.

Pada saat ini penggunaan las SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) sering digunakan pada banyak indusri salah satunya indusri yang sebagaian 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.

Pada saat ini penggunaan las SMAW (Shielding Metal Arc Welding) sering digunakan pada banyak indusri salah satunya industri yang sebagaian 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. Pada penyambungan material di PT ini menggunakan arus 100 amphere. Maka permasalahan yang terjadi pada setiap menyambungan pada material konstruksi adalah berapa besar kekuatan sambungan las setelah mengalami pengelasan.

Menurut standar American Welding Society (AWS), pada pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) atau pengelasan dengan elektroda berlapis, tidak ada ketentuan yang spesifik mengenai diameter elektroda pengelasan untuk material *stainless steel* 304. Namun, dalam praktiknya, diameter elektroda yang umum digunakan untuk pengelasan *stainless steel* 304 berkisar antara 2,0 mm (1/64 inci) hingga 4,8 mm (3/16 inci) atau lebih besar.

**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 100, 115, 130 Ampere dengan diameter elektroda dan 3,2 mm yang digunakan untuk mecari kekuatan pengelasan yang optimal terhadap *uji struktur micro dan bending* pada material *stainless steel* 304.. Penelitian ini dilakukan dalam kondisi dan peralatan yang sudah disesuikan.

**Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan mulai dari 15 Mei 2024 sampai 2 Juni 2024. 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 3,2 mm x 300 mm.

**Variabel**

* Variabel Bebas : kuat arus yang dipakai
* Variabel Terikat : kekuatan pengelasan yang disini peneliti menguji dengan pengamatan Struktur Micro dan kekuatan bending.
* Variabel Kontrol :
* Material Stainless Stell 304
* Elektroda jenis NSN-308 3,2 mm x 300 mm
* Jenis Pengelasan SMAW
* Posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi di bawah tangan atau 1G dan kampuh las V.

**Diagram Alir Penelitian**

Kesimpulan

Kuat arus

Struktur mMikro

Pembuatan specimen Uji Bending

Pengujian bending struktur mikro

Ada kegagalan uji

Analisis dan pembahasan

Selesai

mulai

Studi literatur

Persiapan dan pembuatan specimen

Pengelasan SMAW

**Gambar 1.** Diagram Alur 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.

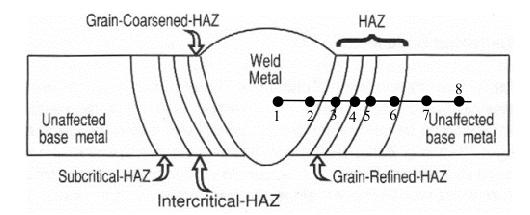
3. Membuat kampuh las dengan sudut 70o

4. Mengatur ampere las sesuai variasi penelitian

5. Lakukan pengelasan dibawah tangan

6. Pendinginan dilakukan di udara terbuka

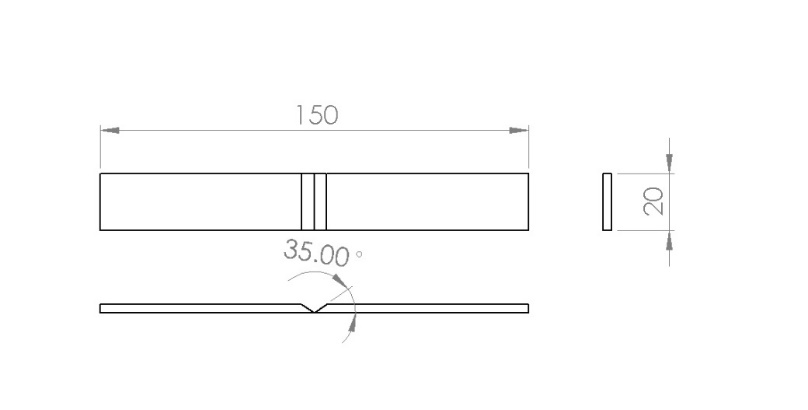
**Pembuatan Spesimen Uji Struktur Micro**

Spesimen uji bending 3 variasi arus pengelasan dipotong kemudian diratakan sisi sisi nya supaya specimen halus dan terlihat kandungan bahannya. Setelah itu specimen diamplas salah satu permukaannya dengan grit 240, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500 dan 2000. Hasil permukaan yang halus ini akan dilakukan pengamatan strukturmicro. 

**Gambar 2.** Spesimen Uji Struktur Micro

**Pembuatan Spesimen Uji Bending**

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

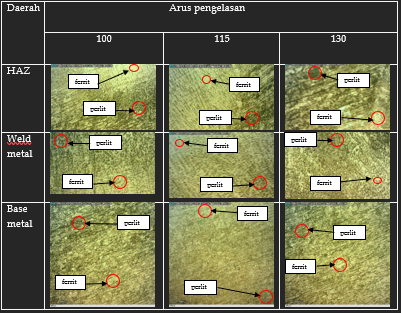


**Gambar 3.** Spesimen Uji Bending

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Hasil Penelitian Struktur Micro**

**Tabel 1.** Hasil Uji Struktur Micro



Berdasarkan hasil foto micro dari pengelasan SMAW *stainlees steel 304* di peroleh fasa ferrite dan perlite. Perubahan fasa terjadi pada daerah HAZ , *weld metal* dan *base metal*. Struktur micro yang terbentuk di antara nya adalah struktur ferrite yang bewarna terang, bersifat ulet serta lunak. Struktur micro perlite mempunyai berwarna gelap bersifat kaku dan sedikit getas. Untuk penjelasan hasil uji struktur mikro yang terbentuk sebagai berikut:

* Variasi Arus 100 A

Struktur mikro pada daerah *Weld Metal* terlihat kandungan partikel Perlite lebih dominan dibandingkan dengan ferrite. Butir ferrite terlihat lebih besar daripada perlite. Perubahan ukuran butir terjadi karena panas yang dihasilkan oleh las. Hasil las memiliki kekuatan bending paling rendah.

* Variasi Arus 115 A

Struktur mikro pada daerah *Weld Metal* terlihat kandungan partikel ferrite lebih dominan dibandingkan dengan perlite. Butir ferrite terlihat lebih besar daripada perlite. Perubahan ukuran butir terjadi karena panas yang dihasilkan oleh las. Hasil las memiliki kekuatan bending lebih tinggi.

* Variasi Arus 130 A

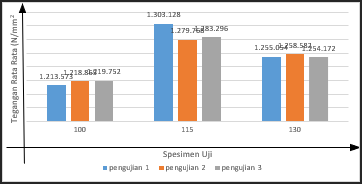
Struktur mikro pada daerah *Weld Metal* terlihat kandungan partikel ferrite lebih dominan dibandingkan dengan perlite. Butir ferrite terlihat lebih besar daripada perlite. Perubahan ukuran butir terjadi karena panas yang dihasilkan oleh las. Hasil las memiliki kekuatan bending yang berada di Tengah Tengah antara variasi arus 100 A dan 115 A.

**Data Hasil Penelitian Uji Bending**

**Tabel 2.** Hasil Uji Bending

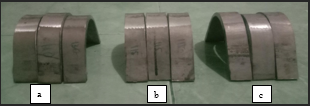
****

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



**Gambar 4.** Grafik Pengujian Bending

Rata-rata beban maksimal dari uji bending pada specimen dengan variasi arus 100 Ampere adalah 2705.32 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan bending maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 100 Ampere sebesar 1217.397 N/mm2. Rata-rata beban maksimal dari uji bendung pada specimen dengan variasi arus 115 Ampere adalah 2863.84 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan bending maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 115 Ampere sebesar 1288.730 N/mm2. Rata-rata beban maksimal dari uji kekuatan bending pada specimen dengan variasi arus 130 Ampere adalah 2790.97 N, kemudian didapatkan hasil kekuatan bending maksimum rata-rata pada specimen variasi arus 130 Ampere sebesar 1255.9365 N/mm2.



**Gambar 5**. Hasil Uji Bending

a) Kuat Arus 100 A elektroda

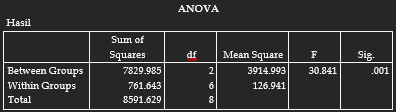
b) Kuat Arus 115 A elektroda

c) Kuat Arus 130 A elektroda

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.

## **Uji** **Persyaratan Pengujian Hipotesis**

1). Uji HIpotesis Minor



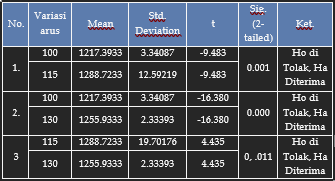
Berdasarkan uji ANOVA didaptkan F sebesar 30.841 dengan nilai signifikansi sebesar 0,001 dan diketahui bahwa nilai sig<0,05. Dengan demikian Ho ditolak dan Ha diterima.

Hipotesis dapat diterima apabila nilai sig<0,05. Hipoteis pada penelitian ini yaitu “terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada material *stainless steel* 304 terhadap nilai bending dengan variasi arus 100 , 115 dan 130.”

**2). Uji Hipotesis Minor**

Uji hipotesis minor menggunakan metode *independent Sample T Test*. Uji ini digunakan untuk mengetahui perbandingan setiap variasi. Hipotesis dapat diterima apabila nilai sig<0,05

**Tabel 2.** Hasil Uji Hipotesis Minor Uji Bending



1. Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 100 A dan 115 A

Berdasarkan uji-t didapatkan nilai t hitung sebesar -9.483 dan -9.483 dengan nilai sig sebesar 0,001, 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 bending antara arus 100 A dan 1150 A, dimana nilai tarik variasi arus 115 A lebih besar dibandingkan dengan variasi arus 100 A.

1. Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 100 A dan 130 A

Berdasarkan uji-t didapatkan nilai t hitung sebesar -16.380 dan -16.380 dengan nilai sig sebesar 0,000, 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 arus 100 A dan 130 A, dimana nilai tarik variasi arus 130 A lebih besar dibandingkan dengan variasi arus 100 A.

1. Analisa Hasil uji-t antara variasi arus 115 A dan 130 A

Berdasarkan uji-t didapatkan nilai t hitung sebesar 4.435 dan 4.435 dengan nilai sig sebesar 0,011, maka Ho ditolak dan Ha diterima. Sehingga dinyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada material *stainless steel* 304 terhadap nilai kekuatan tarik antara arus 115 A dan 130 A, dimana nilai tarik variasi arus 115 A lebih besar dibandingkan dengan variasi arus 130 A.

**Hasil Penelitian**

* Proses Pengelasan

Penelitian ini menggunakan specimen *stainless steel* 304 dengan ketebalan 5 mm. Penelitian ini menggunakan variasi arus 100, 115, 130 Ampere 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 Struktur Micro**

Melalui hasil pengamatan metalografi di atas terlihat bahwa perubahan struktur mikro sejalan dengan hasil pengujian bending pada masing-masing spesimen yang disebabkan oleh faktor-faktor berikut:

* Perbedaan signifikan pada struktur mikro daerah pengelasan disebabkan oleh pemberian kuat arus yang berbeda-beda, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Winardi et al., 2020) menyatakan bentuk dan ukuran strukturnya berbeda, karena nilai arus yang diberikan berbeda, sehingga kekuatan lasnya juga berbeda.
* Perbedaan struktur yang terjadi disebabkan oleh variasi masukan panas yang diberikan sehingga struktur perlite dan ferrite terdistribusi semakin merata hal tersebut dapat meningkatkan nilai kekuatan suatu material, seperti yang dikemukakan oleh (Susilo, 2023) menyatakan bahwa masukan panas yang lebih besar akan mengakibatkan butiran perlit berukuran kecil dan lebih merata distribusinya, sehingga menyebabkan nilai kekuatan akan meningkat namun dapat menurunkan nilai ketangguhan.
* Nilai kekuatan bending pada setiap variasi arus pada spesimen mengalami peningkatan disebabkan oleh perubahan struktur perlite yang lebih kecil dan rapat, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Lopo et al., 2023) menyatakan fasa perlit yang lebih kecil dan rapat pada material memiliki nilai kekuatan bending lebih tinggi.
* Peningkatan nilai kekuatan bending dan penurunan ketangguhan hasil pengelasan disebabkan oleh perubahan perbedaan struktur mikro selama proses pengelasan. Semakin rapat dan padat butir perlite, maka kuat bendingnya semakin tinggi dan sebaliknya. Perubahan nilai ketangguhan disebabkan oleh perubahan struktur butir ferit yang terjadi. Ferit adalah larutan padat dari atom murni dengan sel kubik dan memiliki sifat lebih lunak dan ulet, sedangkan perlit juga terdiri dari lapisan halus dan memiliki sifat lebih kuat dan lebih keras daripada ferit, namun ferit lebih tangguh daripada perlit. Hal ini dapat terjadi karena adanya perbedaan masukan panas (arus) pada daerah pengelasan selama proses pengelasan (Winardi et al., 2020).
* Penurunan nilai ketangguhan disebabkan oleh semakin banyaknya pertumbuhan fasa perlite yang berukuran kecil dan merata pada setiap variasi arus dan pemberian perlakuan, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (M. A. P. Putra et al, 2023) menyatakan semakin banyak pertumbuhan fasa perlit dan merata distribusinya dapat meningkatkan kekuatan serta kekerasan pada spesimen, sedangkan semakin banyak fasa ferit yang terbentuk spesimen akan semakin tangguh.
* **Uji Bending**

Dari hasil uji bending didapatkan bahwa variasi arus 100 Ampere memiliki nilai kekuatan rata-rata 1217.397 N/mm2. Variasi arus 115 Ampere memiliki nilai kekuatan rata-rata 1288.730 N/mm2. Variasi arus 130 Ampere memiliki nilai kekuatan rata-rata 1255.9365 N/mm2. Specimen yang diperlakukan variasi 115 Ampere memiliki kekuatan bending yang tinggi dan specimen yang diberi perlakuan variasi 100 Ampere memiliki kekuatan bending paling rendah.

**Kesimpulan**

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

* **Hasil Pengujian Struktur Micro**

Hasil dari pengamatan foto micro didapatkan fasa *ferrite* yang memiliki sifat ulet serta lunak, serta fasa *perlite* yang memiliki sifat kaku dan sedikit getas. Dari spesimen variasi arus yang di uji, diketahui bahwa perubahan struktur micro pada arus 115 ampere memiliki fasa *ferrite* yang lebih banyak daripada fasa *perlite*, oleh karena itu pada arus ini memiliki hasil paling baik. Sedangkan pada arus 100 mengalami peleburan elektroda yang kurang maksimal sehingga memiliki fasa *perlite* yang lebih banyak daripada *ferrite*. Begitu juga pada arus tertinggi 130 ternyata juga tidak mendapatkan hasil yang baik juga karena masih memiliki fasa *perlite* yang banyak daripada *ferrite*.

Dengan demikian diketahui bahwa Struktur mikro dapat mempengaruhi sifat mekanik seperti kekuatan, elastisitas, dan ketahanan terhadap pembebanan. Oleh karena itu, struktur mikro yang baik dapat meningkatkan kekuatan bending material yang lebih baik pula.

* **Hasil Pengujian Bending**

Hasil dari pengujian bending diketahui pengaruh arus pada penyambungan pengelasan dengan variasi arus 100, 115 dam 130 Ampere mempunyai hasil berturut-turut 1217.397 N/mm2, 1288.730 N/mm2 dan 1255.9365N/mm2. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar arus yang di berikan tidak selalu mempunyai hasil yang paling bagus pada struktur micro dan kekuatan Bending, hal ini di dukung oleh beberapa peneliti sebelumnya.

Kekuatan bending terbesar terdapat pada arus 115 A dengan 1288.730 N/mm2 . Hal ini menunjukkan bahwa dengan kuat arus memberikan pengaruh yang signifikan pada kekuatan bending. Dalam hasil uji hipotesis mayor penggunaan variasi arus berpengaruh signifikan terhadap pengujian kekuatan bending. Dilanjutkan dengan pengujian hipotesis minor di dapatkan hasil bahwa variasi arus 115 ampere mempunyai nilai bending yang lebih besar di bandingkan dengan arus 100 dan 130 A.

**Saran**

Dalam analisa pengaruh variasi kuat arus metode pengelasan SMAW pada material *stainless steel* 304 terhadap struktur micro dan bending tidak lepas dari kekurangan pada proses analisa serta penyusunan laporan. Untuk peneliti selanjutnya di sarankan untuk lebih teliti lagi ketika melakukan pengujian variasi arus agar dapat memperoleh data yang lebih akurat. Karna tidak selalu arus yang paling tinggi mempunyai kekuatan bending yang paling tinggi pula.

**DAFTAR PUSTAKA**

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.

Ayu Setyowati, V., Wahyu Restu Widodo, E., & Mesin -Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya Jl Arief Rahman Hakim, T. (2016). Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Stainless Steel 304. In *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan Iv*.

Anzharie, D. C. ., Ari, M., & Kurniyanto, H. . (2020). Analisis Penambahan Gas Argon Pada Gas Pelindung Flux Cored Arc Welding Terhadap Struktur Mikro, Kekuatan Tarik dan Nilai Kekerasan Pada Material A 516 G70. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL NCIET*, 1, 79.

Candra Putra, R., & Hakim, L. (2022a). *Analisa Kekuatan Sambungan Las Smaw Pipa Galvanis 2 Inch Pipa Pdam Dengan Metode Uji Tarik*. *6*(1).

Candra Putra, R., & Hakim, L. (2022b). *Analisa Kekuatan Sambungan Las Smaw Pipa Galvanis 2 Inch Pipa Pdam Dengan Metode Uji Tarik*. *6*(1).

Candra Putra, R., & Hakim, L. (2022c). *Analisa Kekuatan Sambungan Las Smaw Pipa Galvanis 2 Inch Pipa Pdam Dengan Metode Uji Tarik. 6(1).*

Candra Putra, R., & Hakim, L. (2022d). *Analisa Kekuatan Sambungan Las Smaw Pipa Galvanis 2 Inch Pipa Pdam Dengan Metode Uji Tarik*. *6*(1).

Candra Putra, R., & Hakim, L. (2022e). *Analisa Kekuatan Sambungan Las Smaw Pipa Galvanis 2 Inch Pipa Pdam Dengan Metode Uji Tarik*. *6*(1).

Candra Putra, R., & Hakim, L. (2022f). *Analisa Kekuatan Sambungan Las Smaw Pipa Galvanis 2 Inch Pipa Pdam Dengan Metode Uji Tarik*. *6*(1).

Deivandra, \*, Bhakti, G., Dwi Haryadi, G., & Umardani, Y. (2013). Analisis Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Hasil Las Titik Dan Brazing Untuk Industri Rumahan. In *Jurnal Teknik Mesin S-1* (Vol. 1, Issue 2).

Fahmi Arifin, dkk. (2018). Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Smaw Terhadap Uji Bending Dan Struktur Mikro Pada Pipa Stainless Steel 316 Astm A213.

Farhan, M., Azharul, F., & Sholih, H. (2023). Pengujian Pengelasan Plat Stainless Steel JIS SS304 Menggunakan Mikro Struktur. In *Jurnal Creative Research in Engineering* (Vol. 3, Issue 1).

Febrian, F., Paridawati, & Wibowo, S. (2018). Pengaruh Polaritas Pada Kekerasan dan Struktur Mikro Las SMAW Material ST 40 Elektroda E 6013. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6, No 2.

Ismail, A. . (2015). Analisa Pengaruh Variasi Heat Input dan Temperatur PWHT Terhadap Struktur Mikro dan SIfat Mekanik Pada Baja Paduan Rendah Dengan Proses Pengelasan SMAW. In *Repository ITS*. Institut Teknologi Sepuluh November.

Kenyon, W. (1985). Dasar – Dasar Pengelasan. Jakarta: Erlangga.

Lopo, E. ., Chamim, M., Atmoko, N. ., Margono, & Wijayanto, H. . (2023). Analisis Pengaruh Arus Pada Pengelasan Bertingkat (Multilayer Welding) Terhadap Struktur Mikro dan Kuat Tarik Sambungan Material ASTM A106. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14, 209.

Lowther, E., Djamil, S., & Siradj, E. . (2016). Pengaruh Perbedaan Laju Waktu Proses Pembekuan Hasil Cor Aluminium 319 Dengan Cetakan Logam Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis. POROS, 14, 71.

Mikro, P. K. A. L. S. T. S., & Dan, K. T. (n.d.). *Yunus*.

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.*

Ningrum, R. ., & Yunus. (2019). Pengaruh Preheat Material ST 41, Variasi Arus, dan Rekondisi Elektroda E7018 Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Hasil Las. *Unesa E-Journal*, 7, 42.

Nugroho, E., Dharma, U. ., & Thalabi, Y. (2018). Pengaruh Preheat dan Variasi Arus Pengelasan Menggunakan Elektroda LB 52 Terhadap Komposisi Kimia Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Pada Pengelasan Baja Mangan Austenitik. Jurnal Teknik Mesin Univ. *Muhammadiyah Metro*, 7, 239–245.

*Pengujian Struktur Mikro Besi Pejal Baja St60 Dengan Microscope Digital 16 Mp\_Zaenudin Amin*. (n.d.).

Prasmayobi, U. (2016). Studi Kekuatan Bending Dan Kekerasan Pada Pengelasan Aluminium Dengan Menggunakan Las Smaw (Shielded Metal Arc Weling).

Setiawan, A , 2016, Penelitian stainless steel 304 terhadap pengaruh pengelasan gas tungsten arc welding GTAW untuk variasi arus 50A,100A dan 160A dengan uji kompossi,uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji impact.Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Setyowati, 2016, Variasi arus dan sudut pengelasan pada material *Austenitic stainless steel* 304 terhadap kekuatan Tarik dan struktur makro. Teknik Mesin – Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

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.

Wahyuningsih, T., Syahril, M., & Saputra, E. (n.d.). *Analisis Proses Pengelasan Pada Material Pipa Galvanis Dengan Type Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw)*.

Wibowo, H., Ilman, M. ., & Iswanto, P. . (2016). Analisa Heat Input Pengelasan Terhadap Distorsi, Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis Baja A36. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5.

Winardi, Y., Fadelan, Munaji, & W.N, K. (2020). Pengaruh Elektroda Pengelasan Pada Baja AISI 1045 dan SS 202 Terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik. Jurnal Pendidikan Teknik *Mesin Undhiksa*, 8, 89.