

# PENGARUH VARIASI *FLUKS* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK HASIL SAMBUNGAN LAS GMAW BAJA AISI 1018

Yustiasih Purwaningrum<sup>1,\*</sup>, Daffa Rizal Firmansyah<sup>2</sup>, Edo Setya Noorseta<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Mesin FTI Universitas Islam Indonesia

e-mail: <sup>1</sup>yustiasih.purwaningrum@uii.ac.id, <sup>2</sup>daffa.firmansyah@alumni.uui.ac.id, <sup>3</sup>edo.noorseta@alumni.uui.ac.id

\*Korespondensi: yustiasih.purwaningrum@uii.ac.id

**Abstract:** The aimed of this study was to determine the effect of flux variations on physical and mechanical properties of GMAW welded joints. This research uses AISI 1018 steel with a size of 300 mm x 100 mm and a thickness of 5 mm. The welding process is carried out using the Gas Metal Arc Welding (GMAW) method, ER70S-6 filler and shielding gas mixture of Argon and CO<sub>2</sub> (50% and 50%). The flux variations used are ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan SiO<sub>2</sub>. The tests carried out are dye penetrant testing, chemical composition testing, microstructure observation, tensile testing, bending testing and hardness testing. The results of dye penetrant testing show that welding results with all flux variations can be well jointed. Testing the chemical composition of the welding results shows that the chemical elements of the welding results will rise according to the main chemical elements of the flux. The highest value of tensile strength and bending strength of welds is found in welds with the addition of ZnO flux. This is in accordance with the results of microstructure observations that show welds with ZnO flux have the most microstructures in the form of accicular ferrite compared to grain boundary ferrite and widmanstatten ferrite. Accicular microstructure will increase the strength and toughness of the material due to its small shape and random directional orientation. The hardness number of welding results for all welding variations has almost the same value, which is approximately 190 VHN.

**Keywords:** GMAW, Flux, AISI 1018.

## PENDAHULUAN

Baja merupakan material yang paling banyak digunakan dalam konstruksi. Baja mempunyai unsur utama berupa besi dan unsur paduan utama karbon. Mampu las baja dapat dilihat dari nilai karbon ekivalennya. Baja dikategorikan menjadi 5 jenis berdasarkan mampu lasnya [1].

Pengelasan GMAW banyak digunakan dalam industri terutama konstruksi karena mudah dilakukan dan dapat digunakan untuk berbagai jenis aplikasi pengelasan yang berbeda [2]. GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) merupakan salah satu jenis pengelasan yang menggunakan elektroda terumpan dan gas pelindung yang bersifat *inert* yang dipasok secara kontinyu. Elektroda pada las GMAW mempunyai dua fungsi yaitu sebagai busur las dan sebagai logam pengisi sambungan las [3]. Ada beberapa metode untuk meningkatkan sifat mekanik hasil pengelasan GMAW yaitu dengan metode *heat treatment (preheat dan post weld heat treatment)* dan penambahan *fluks* pada proses pengelasan.

Sifat mekanik berupa kekuatan tarik dan keuletan hasil pengelasan GMAW akan meningkat dengan penambahan *fluks* oksida [4]. Pada pengelasan GMAW baja AISI 1020 dengan gas pelindung Argon menunjukkan bahwa hasil las dengan *fluks* (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> dan MgCO<sub>3</sub>) pada area logam las dapat meningkatkan kedalaman penetrasi sekitar 50% dan meningkatkan sifat mekanik sebesar 3% dibandingkan dengan lasan yang dibuat tanpa bahan *fluks* [5].

Penelitian yang dilakukan pada pengelasan GMAW dengan logam induk baja tahan karat SS-202 dan menggunakan variasi 3 variasi *fluks* yaitu ammonium ferro-sulfat (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(FeSO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, sodium bi-karbonat (NaHCO<sub>3</sub>), dan ammonium karbonat (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang dicampur dengan spritus menunjukkan bahwa penetrasi tertinggi terdapat pada pada *fluks* ammonium ferro-sulfat yaitu sebesar 2,81 mm. Sedangkan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada ammonium karbonat dengan nilai 595,74 HVN. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengamatan mikrostruktur dari zona fusi dimana terdapat lebih banyak butiran ferrit [6].

Hasil pengelasan GMAW dengan menggunakan 8 variasi *fluks* yaitu NaHCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, CuO, MnO, dan SiO<sub>2</sub> menunjukkan bahwa *fluks* dapat mengubah geometri permukaan las. Perubahan geometri tersebut tidak berpengaruh terhadap struktur mikro dan kekerasan sambungan las [7].

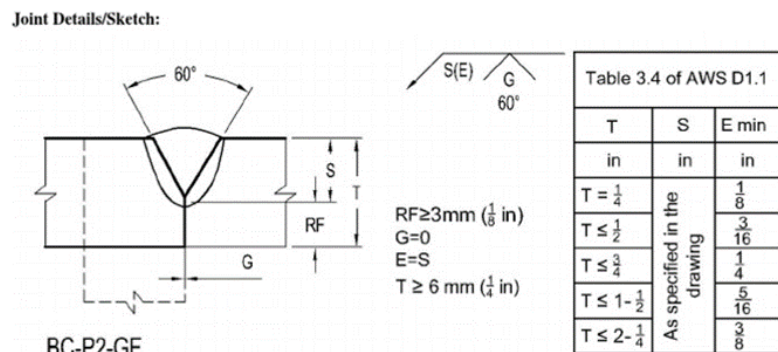
Penelitian lain yang dilakukan dengan menggunakan 5 variasi *fluks* yaitu Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, dan boraks pada pengelasan MIG pada baja AISI 1018 menunjukkan hasil las dengan menggunakan *fluks* dapat meningkatkan kedalaman penetrasi daerah las. Selain itu penggunaan *fluks* dapat meningkatkan nilai aspek rasio pada daerah HAZ sebesar 0.5 namun dapat mengurangi rasio ukuran butiran pada daerah las [8].

Penggunaan campuran gas pelindung yaitu 75% Ar dan 25% CO<sub>2</sub> dapat membuat menjadi busur las lebih stabil, mengurangi percikan las dan dapat meningkatkan sifat mekanik hasil las [9].

Dari penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan *fluks* akan meningkatkan sifat mekanik hasil pengelasan. Selain itu penelitian lain juga menunjukkan variasi campuran gas pelindung dapat memperbaiki proses pengelasan yang dapat menghasilkan sifat mekanik las lebih baik. Tujuan penelitian ini adalah menggabungkan dua macam variasi penelitian sebelumnya yaitu variasi jenis *fluks* dan variasi gas pelindung. Penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh variasi *fluks* pada sifat fisik dan mekanik hasil pengelasan GMAW baja AISI 1018 menggunakan gas pelindung campuran antara Argon dan CO<sub>2</sub>.

## METODE PENELITIAN

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 1018 berbentuk plat dengan tebal 5 mm. Plat dipotong dengan ukuran Panjang 300 mm dan lebar 100 mm. Kampuh yang digunakan sesuai dengan standar AWS D1.1 yaitu *v-groove* dengan sudut 60°, kedalaman 4 mm dan *root face* 1 mm sesuai dengan standar AWS D1.1 (Gambar 1).



Gambar 1. Welding Procedure Specification AWS D1.1[10]

Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan las GMAW semiotomatis dengan parameter seperti terlihat pada Tabel 1. Pengelasan dilakukan dengan 2 variasi utama yaitu pengelasan GMAW tanpa *fluks* dan pengelasan dengan menggunakan *fluks*. Variasi *fluks* yang digunakan adalah ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>. *Fluks* tersebut berbentuk *fluks*, sehingga agar dapat digunakan maka perlu dibuat pasta *fluks*.

Tabel 1. Parameter Pengelasan

| Parameter             |   |
|-----------------------|---|
| Gas pelindung         | Campuran (50% Argon & 50% CO <sub>2</sub> ) |
| Tekanan gas pelindung | 5 – 10 bar                                  |
| Jenis elektroda       | ER70S-6                                     |
| Diameter elektroda    | 0,9 mm                                      |
| Kuat arus (I)         | 90 – 110 A                                  |
| Tegangan (E)          | 18 – 20 V                                   |
| Kecepatan Pengelasan  | 51,7 mm/s                                   |

Setelah dilakukan proses pengelasan, dilakukan proses pembuatan spesimen sesuai dengan standar pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian *dye penetrant*, pengujian komposisi kimia, pengamatan struktur mikro, pengujian tarik, pengujian bending dan pengujian kekerasan.

Pengujian kualitas pengelasan dilakukan dengan menggunakan metode *dye penetrant*. Bahan yang digunakan adalah *cleaner*, *penetrant* dan *developer* seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bahan Uji *Dye Penetrant*

Pengujian tarik dan tekan dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) (Gambar 3). Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan spesimen dengan standar JIZ 2201 sedangkan pengujian tekan dilakukan dengan menggunakan standar JIZ 2204.



Gambar 3. *Universal Testing Machine*

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Vickers Microhardness (Gambar 4) dengan menggunakan beban 200 gr. Pengujian dilakukan pada daerah logam induk, HAZ (*Heat Affected Zone*) dan daerah las. Setiap daerah hasil pengelasan diuji dengan pengulangan 3 kali.




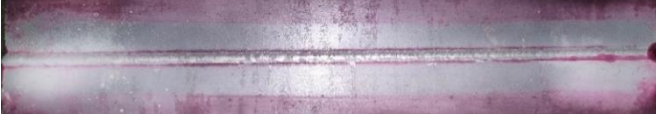


Gambar 4. *Universal Testing Machine*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian *Dye Penetrant*

Foto hasil pengujian *non destructive* dengan metode *dye penetrant* dapat dilihat pada Tabel 2. Dari gambar terlihat bahwa semua variasi hasil las dapat tersambung dengan baik dan tidak terlihat adanya cacat pada permukaan. Pengujian *dye penetrant* hanya dapat mendeteksi kerusakan pada permukaan luar saja.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Dye Penetrant*

| <i>Fluks</i>                   | Gambar Spesimen  |
|--------------------------------|--|
| Tanpa <i>Fluks</i>             |  |
| ZnO                            |  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |  |
| SiO <sub>2</sub>               |  |

### Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan pada 5 variasi yaitu logam induk, logam las tanpa *fluks*, logam las dengan *fluks* ZnO, logam las dengan *fluks* Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan logam las dengan *fluks* SiO<sub>2</sub>.

Tabel 3. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

| Unsur (%) | Logam Induk | Tanpa <i>Fluks</i> | ZnO    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> |
|-----------|-------------|--------------------|--------|--------------------------------|------------------|
| C         | 0,1736      | 0,1020             | 0,1093 | 0,1305                         | 0,1010           |
| Zn        | 0,0013      | 0,0006             | 0,0019 | 0,0006                         | 0,0008           |
| Al        | 0,0349      | 0,0002             | 0,0034 | 0,0059                         | 0,0008           |
| Si        | 0,2735      | 0,6515             | 0,5216 | 0,6100                         | 0,6225           |
| Mn        | 0,6954      | 1,2091             | 0,9742 | 1,1181                         | 1,0818           |
| Cu        | 0,0137      | 0,1895             | 0,1854 | 0,1902                         | 0,1914           |
| S         | 0,0170      | 0,0178             | 0,0186 | 0,0176                         | 0,0205           |
| Ni        | 0,0446      | 0,0115             | 0,0077 | 0,0086                         | 0,0097           |
| Cr        | 0,0150      | 0,0213             | 0,0186 | 0,0214                         | 0,0200           |
| Mo        | 0,0021      | 0,0005             | 0,0002 | 0,0007                         | 0,0001           |
| P         | 0,0130      | 0,0128             | 0,0152 | 0,0117                         | 0,0154           |
| W         | 0,0001      | 0,0001             | 0,0004 | 0,0001                         | 0,0003           |
| Ti        | 0,0020      | 0,0015             | 0,0017 | 0,0016                         | 0,0013           |
| Pb        | 0,0004      | 0,0001             | 0,0152 | 0,0001                         | 0,0001           |
| Ca        | 0,0031      | 0,0002             | 0,0010 | 0,0017                         | 0,0004           |
| Fe        | 98,669      | 97,752             | 98,094 | 97,846                         | 97,889           |

Dari Tabel 3 komposisi kimia logam induk yaitu baja AISI 1018 dapat dikategorikan sebagai baja karbon rendah yang memiliki keseimbangan sifat mekanik yaitu kekuatan, keuletan, dan ketangguhan. Selain itu nilai mampu las baja AISI 1018 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Kemampuan las yang baik dapat diukur dengan menggunakan nilai  $C_{ek}$ . Baja dapat dikategorikan mempunyai mampu las baik jika memiliki nilai  $C_{ek} < 0,4 - 0,5$  [11]. Rumus perhitungan  $C_{ek}$  ada 2 yaitu berdasarkan standar IIW (*International Institut of Welding*) dan AWS (*American Welding Society*). Berikut perhitungan nilai  $C_{ek}$  menurut AWS untuk spesimen baja AISI 1018 yang digunakan pada penelitian ini.

$$C_{ek} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu+Ni}{15} + \frac{Cr+Mo+V}{5} \quad (1)$$

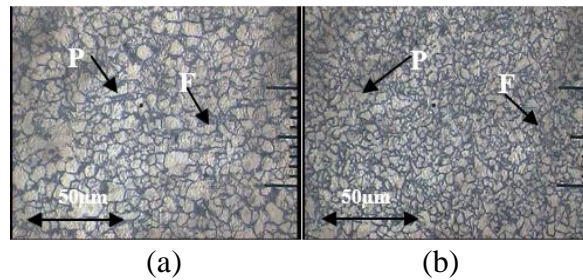
$$C_{ek} = 0,1736 + \frac{0,6954}{6} + \frac{0,0137+0,0446}{15} + \frac{0,0150-0,0021+0}{5}$$

$$C_{ek} = 0,1736 + 0,1159 + 0,003867 + 0,00258 = 0,295947$$

Berdasarkan hasil perhitungan baja AISI 1018 termasuk baja dengan kategori mampu las baik. Aplikasi material ini adalah untuk konstruksi, *plat mounting*, dan *body* kendaraan. Hasil pengujian komposisi kimia pada hasil pengelasan dengan variasi *fluks* menunjukkan terjadinya peningkatan jumlah unsur kimia sesuai dengan tambahan jenis *fluks* yang digunakan.

### Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 200x. Pengamatan dilakukan pada logam induk, daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan daerah las.

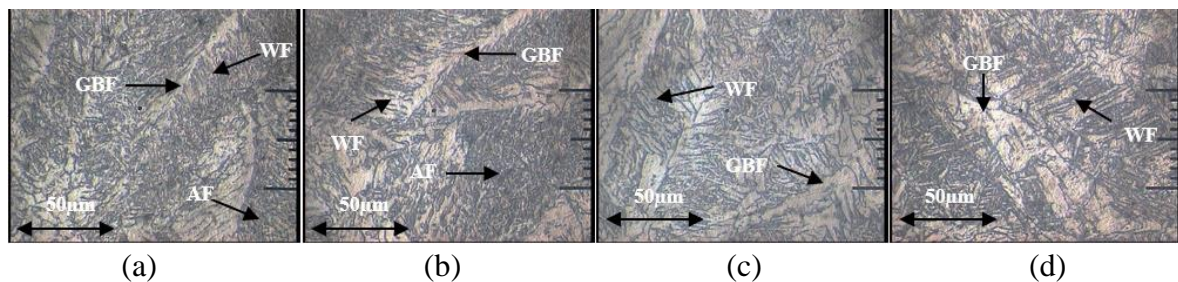


Gambar 5. Struktur Mikro Hasil Las (a) Logam Induk (b) HAZ

Keterangan:

P : *Perlite* F : *Ferite*

Struktur mikro daerah logam induk dan daerah HAZ untuk semua variasi pengelasan sama yaitu berupa *ferrite* dan *pearlite* (Gambar 5). Hal tersebut disebabkan karena pada kedua daerah tersebut tidak tercampur dengan *filler* (logam pengisi) dan panas pengelasan belum cukup untuk mengubah bentuk struktur mikronya. Gambar 5 menunjukkan ukuran struktur mikro HAZ lebih kecil dibandingkan logam induk karena pada daerah HAZ terdapat pengaruh panas akibat proses pengelasan. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian [8] yang menyimpulkan penambahan *fluks* pada proses pengelasan dapat mengurangi ukuran butir pada struktur mikro.



Gambar 6. Struktur Mikro Daerah Las dengan variasi *Fluks*  
(a) Tanpa *Fluks* (b) ZnO (c) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (d) SiO<sub>2</sub>

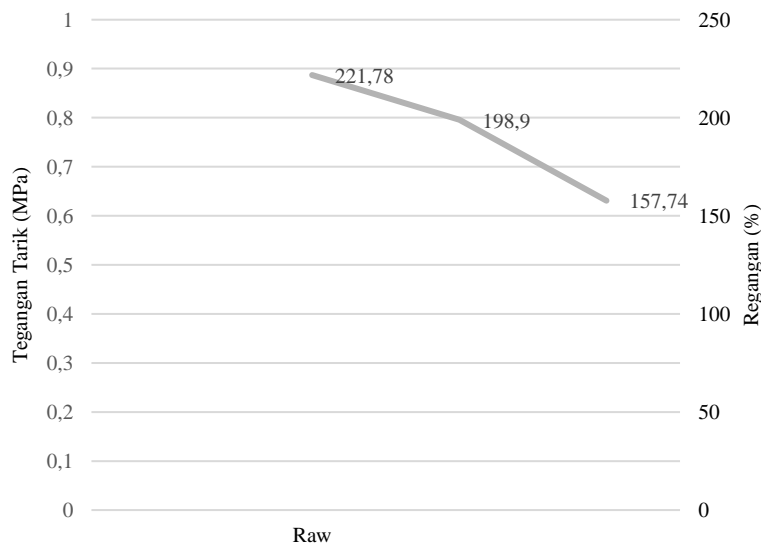
Keterangan:

AF : *Accicular Ferrite* WF : *Widmanstatten Ferrite* GBF : *Grain Boundary Ferrite*

Gambar 6 menunjukkan struktur mikro daerah las. Dari gambar tersebut terlihat bahwa struktur mikro yang terbentuk adalah berupa *Accicular Ferrite* (AF), *Windmanstatten Ferrite* (WF) dan *Grain Boundary Ferrite* (GBF) untuk semua variasi pengelasan. Struktur ini terbentuk akibat siklus termal yang terjadi pada daerah logam las yaitu terjadi pemanasan sampai suhu tinggi yang kemudian diikuti oleh pendinginan yang relatif cepat dan adanya inklusi. Hasil pengelasan dengan menggunakan *fluks* ZnO mempunyai jumlah AF lebih banyak dibandingkan dengan variasi pengelasan yang lain. AF mempunyai bentuk kecil dan orientasi arah yang acak.

## Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Dari hasil pengujian tarik didapatkan tegangan tarik dan regangan dari material hasil pengelasan (Gambar 7).

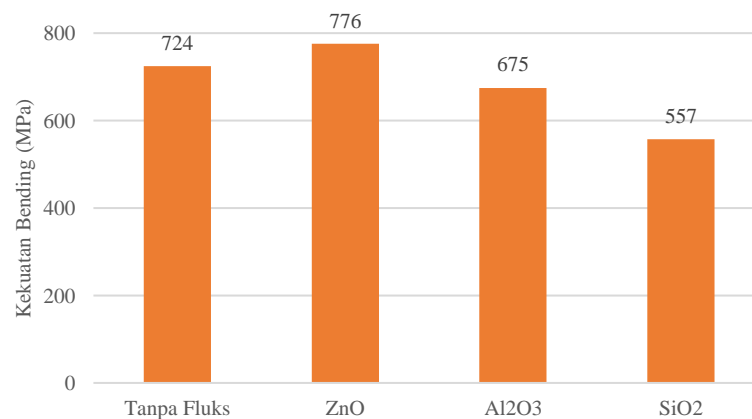


Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Tarik

Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada hasil las dengan menggunakan *fluks* Zn dengan nilai 400,8 MPa. Nilai tersebut lebih tinggi 36,84% dibandingkan hasil las tanpa *fluks*. Peningkatan nilai kekuatan tarik tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan variasi *fluks* saja dengan peningkatan nilai kekuatan tarik sebesar 30% [5]. Nilai tersebut sesuai dengan hasil pengamatan struktur mikro yang menunjukkan hasil las dengan *fluks* ZnO didominasi oleh struktur mikro AF. Struktur mikro AF akan menghasilkan kekuatan dan keuletan yang tinggi.

## Pengujian Bending

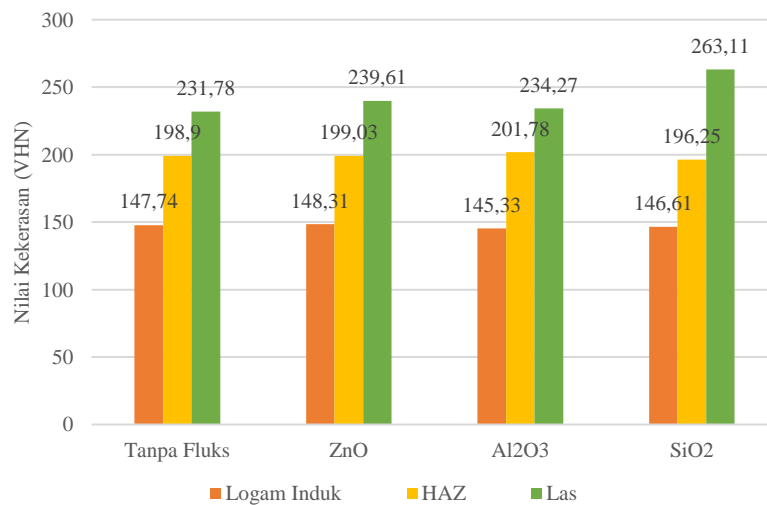
Pengujian bending dilakukan dengan metode *three point bending*. Hasil pengujian bending dapat terlihat pada Gambar 8. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada hasil las dengan menggunakan *fluks* ZnO dengan nilai 776 MPa, diikuti hasil las tanpa *fluks*, hasil las dengan *fluks* Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan nilai bending terendah terdapat pada hasil las dengan *fluks* SiO<sub>2</sub>. Tren urutan tersebut sama dengan hasil pengujian tarik baik untuk kekuatan tariknya maupun regangannya.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Bending

## Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian tarik dapat terlihat pada Gambar 9. Pengujian tarik dilakukan menggunakan metode *Vickers Microhardness* dengan beban 200 grf. Pengujian dilakukan acak untuk semua daerah hasil pengelasan yaitu logam induk, HAZ dan daerah las.



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan

Nilai kekerasan logam induk untuk semua variasi pengelasan hampir sama karena logam induk yang digunakan sama yaitu AISI 1018 dan logam induk merupakan daerah yang tidak terpengaruh panas pengelasan. Nilai kekerasan HAZ lebih tinggi dibandingkan logam induk karena struktur mikro daerah ini mempunyai bentuk lebih kecil karena pengaruh panas pengelasan. Bentuk struktur mikro yang kecil akan meningkatkan nilai kekerasannya. Sedangkan nilai kekerasan daerah las tertinggi terdapat pada hasil las dengan menggunakan *fluks* SiO<sub>2</sub>. Kekerasan yang tinggi pada variasi ini disebabkan karena struktur mikro yang terbentuk didominasi oleh Widmanstatten Ferrite (WF) [6]. Sedangkan untuk variasi *fluks* yang lain yaitu ZnO dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, hasil pengamatan struktur mikronya menunjukkan adanya Ferit acicular sehingga nilai kekerasannya lebih rendah. Pada variasi ini *fluks* tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasannya sesuai dengan hasil penelitian [7] yang mempunyai kesimpulan variasi *fluks* tidak berpengaruh terhadap struktur mikro dan kekerasan hasil las.

## SIMPULAN

Hasil pengelasan dengan semua variasi pengelasan menunjukkan bahwa sambungan dapat terbentuk dengan baik karena tidak terlihat adanya cacat hasil pengelasan. Hasil pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik menunjukkan daerah logam induk dan HAZ untuk semua hasil pengelasan mempunyai struktur mikro berupa *ferrite* dan *pearlite*. Struktur mikro yang terbentuk pada daerah las berupa *Accicular Ferrite*, *Grain Boundary Ferrite* dan *Widmanstatten Ferrite* untuk semua variasi pengelasan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan *fluks* ZnO pada proses pengelasan GMAW dengan logam induk AISI 1018 dapat meningkatkan sifat mekanik hasil lasannya. Nilai kekuatan tarik hasil las dengan *fluks* ZnO meningkat 36,84% dibandingkan tanpa *fluks*. Sedangkan nilai kekuatan bendungnya naik 7,18%. Untuk pemakaian *fluks* Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub> kurang efektif untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Ginzbug, dan B. Robert, *Flat Rolling Fundamental*. In *Flat Rolling Fundamental*, Marcell Dekker, 2000.

- [2] K. Weman dan G. Linden, *MIG Welding Guide*. In *MIG Welding Guide* (p. 248), Woodhead Publishing Limited, 2006.
- [3] R.W. Mesler, *Principles Of Welding*. In *Principles Of Welding*, Wiley-VCH, 2004.
- [4] K.R. Madavi, B.F. Jogi, dan G.S. Lohar, *Investigational study and microstructural comparison of MIG welding process for with and without activated flux*, *Materials Today: Proceedings*, 2021. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.240>
- [5] H.Y. Huang, *Effects of activating flux on the welded joint characteristics in gas metal arc welding*, *Materials & Design* (1980-2015), 31(5), 2488–2495, 2010. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.11.043>
- [6] A. Chakraborty, C. Sharma, S. Rathee, dan M. Srivastava, *Influence of activated flux on weld bead hardness of MIG welded austenitic stainless steel*, *Materials Today: Proceedings*, 47, 6884–6888, 2021. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.168>
- [7] B. Varbai, R. Kormos, dan K. Májlínger, *Effects of Active Fluxes in Gas Metal Arc Welding*, *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, vol. 61, no. 1, 2017. <https://doi.org/10.3311/PPme.9756>
- [8] A. Baghel, C. Sharma, S. Rathee, dan M Srivastava, *Influence of activated flux on micro-structural and mechanical properties of AISI 1018 during MIG welding*, *Materials Today: Proceedings*, 47, 6947–6952, 2021.
- [9] N. Ghosh, P. Kumar, dan G. Nandi, *GMAW Dissimilar Welding of AISI 409 Ferritic Stainless Steel to AISI 316L Austenitic Stainless Steel by Using AISI 308 Filler Wire*, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 1334–1341, 2017.
- [10] American Welding Society D1 Committee on Structural Welding, *Structural Welding Code: Steel*, American Welding Society, 2<sup>nd</sup> Printed, March 2022. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.210>
- [11] N. Bailey, F.R. Coe, P.H.M. Hart, N. Jenkins, dan R.J. Pargeter, *Welding Steel Without Hydrogen Cracking*, A Volume in Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining Technologies, 2<sup>nd</sup> Edition, 1993.