



Pengaruh Proses *Normalizing* Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las pada Logam Tidak Sejenis

Unggul Satria Jati^{a,*}, Dian Prabowo^b, Anjar Kustiawan^c

^{a,b}Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap, Jl. Dr. Soetomo No.1, Karangcengis, Sidakaya, Kec. Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah 53212

^cProgram Studi Teknik Mesin SMK Muhammadiyah 01 Purbalingga, Jl. Letnan Jenderal S. Parman, Bancar, Kec. Purbalingga, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah 53315

INFO ARTIKEL

Histori artikel:

Diajukan 25 Mei 2021

Diterima 31 Juli 2021

Tersedia Online 31 Juli 2021

ABSTRAK

Pengelasan tidak sejenis atau *dissimilar metals* merupakan kebutuhan yang penting bagi dunia industri. Jenis pengelasan tersebut juga banyak digunakan untuk sambungan-sambungan yang mempunyai kegunaan khusus. Penelitian ini membahas mengenai penyambungan material yang tidak sejenis dengan menambahkan proses normalising, dengan tujuan untuk mendapatkan hasil sambungan pengelasan yang terbaik pada sifat materialnya. Material yang digunakan adalah baja tahan karat AISI 304 dan baja karbon A36 dilas menggunakan las Gas Metals Arc Welding (GMAW) posisi mendatar dengan pengaturan tegangan 20 volt, arus 100 Amper. dan filler yang digunakan adalah ER308 dengan variasi normalising 400^oC, 500^oC dan 600^oC. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji tarik. Setelah dilakukan 12 kali percobaan spesimen maka didapatkan hasil bahwa proses normalising pada sambungan las GMAW dengan material tidak sejenis mempunyai pengaruh yang signifikan dimana spesimen kekuatan tariknya lebih baik dibandingkan tidak mendapatkan perlakuan. Pengaruh tersebut teramati pada spesimen dengan proses normalising 600^oC yang menghasilkan kekuatan tarik paling besar yaitu 500,12 Mpa dan nilai regangan tarik yaitu 15,69%. Sedangkan pada spesimen tanpa proses normalising menghasilkan kekuatan tarik sebesar 471,08 Mpa dan regangan tarik sebesar 11,99 %.

Kata kunci : Logam tak sejenis, normalising, Las, Kekuatan tarik

E – MAIL

unggulsatriajati@pnc.ac.id*

dianprabowo87@gmail.com

anjarawan493@gmail.com

ABSTRACT

Dissimilar welding or dissimilar metal is an important requirement in industrial world. This welding also widely used for joints that have special purposes. This study discussed about the connection of dissimilar material by added a normalizing process, with the aim to get the best welding joint on the material properties. The materials used were stainless steel AISI 304 and carbon steel A36, welded using the Gas Metal Arc Welding (GMAW) in a horizontal position with 20 Volt, 100 Ampere setting. The filler used was ER308 with the normalizing variations of 400^oC, 500^oC, and 600^oC. Tensile test was carried out in this study. After 12 specimen experiments were conducted, it was found that normalizing process on the GMAW welding joint with dissimilar materials had a significant effect where the specimen's tensile strength was better than those not treated. This could be observed on the specimen with 600^oC normalizing process which resulted in the highest tensile strength 500.12 MPa and tensile strain 15.69%. Meanwhile, the specimen without normalizing process resulted in the tensile strength of 471.08 MPa and tensile strain of 11.99%.

Keywords: *Dissimilar metal, normalizing, welding, tensile strength*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu dan teknologi semakin tahun semakin pesat peningkatannya, hal ini merupakan tantangan yang harus dihadapi dan diatasi dengan seksama bagi semua pihak. Banyak hal yang dapat dilakukan untuk mengikuti perkembangan kemajuan ilmu dan teknologi. Yaitu dapat dilakukan dengan cara ikut mempelajari teknologi yang sedang berkembang pesat, terutama di bidang pengelasan. Pada industri *manufactur* dimana industri otomotif merupakan salah satunya, Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) banyak diaplikasikan untuk menyambung dua atau lebih material logam dengan cara mencairkan logam pengisi dan kemudian digunakan gas untuk melindungi hasil lasan tersebut [1].

Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) adalah sebuah pengembangan atau inovasi dari pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Pengelasan GMAW memiliki dua macam gas pelindung yaitu *active* dan *inert gas*, las GMAW atau las MIG mengalami banyak perubahan dimana perubahan tersebut terlihat pada *wire* atau kawat elektroda, dan kawat elektroda tersebut yang sering digunakan yaitu dari 0,9 – 1,6 mm [2]. Pada hasil pengelasan MIG salah satu faktor terpenting adalah dengan pemilihan logam pengisian atau *wire* dan gas pelindung yang digunakan [3].

Baja tahan karat atau baja *austenite*, memiliki kadar 18% Cr-8% Ni dan baja tersebut mempunyai struktur material yaitu *face centered cubic*, dimana struktur tersebut didapatkan dari proses penambahan unsur paduan yang bisa menstabilkan fasa *austenite* dalam beberapa kondisi temperatur sangat rendah (-150°C), baja tahan karat hanya bisa ditingkatkan kekuatannya dengan proses *hardening* dan hanya mempunyai fasa tunggal. Struktur *face centered cubic* mempunyai sifat yaitu *non-magnetic* dan pada temperatur rendah memiliki kekuatan tinggi. Selain itu juga memiliki kekuatan tahan karat, mampu di las dan dapat dibentuk [4]. Berbeda pada baja karbon rendah dimana memiliki sifat mekanis yang baik, tangguh, ulet dan mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi yaitu mencapai 80.000 Psi [5].

Pengelasan dengan material logam yang berbeda banyak terjadi suatu masalah dimana masalah tersebut diakibatkan oleh perbedaan titik leleh, koefisien pemuaian dan sifat material yang berbeda, maka dari itu perlu adanya sebuah metode

pemanasan pada material agar permasalahan tersebut teratasi, diketahui bahwa baja tahan karat bisa dilakukan penyambungan pengelasan dengan baja yang mempunyai kadar karbon rendah [5].

Proses Normalising adalah suatu proses material dengan perlakuan *heat treatment* sampai hingga mencapai struktur mikro *austenite* kemudian didinginkan dengan udara normal atau terbuka sampai material menjadi suhu kamar, proses tersebut dapat menjadikan material lebih ulet dan keras [6].

Plat baja ASTM A36 merupakan suatu baja karbon rendah dengan unsur kandungan karbon kurang dari 0,3 % C. Oleh sebab itu baja ASTM A36 banyak digunakan dalam dunia konstruksi, karena mempunyai beberapa kelebihan yaitu ulet dan tangguh namun sayangnya baja ini mempunyai kelemahan yaitu tingkat kekerasan yang rendah dan ketahanan materialnya [7]. Pada pengelasan *dissimilar metals* masalah yang sering terjadi adalah pada titik leleh dimana kualitas koefisien dan struktur metalurginya hasilnya tidak sempurna, untuk memperbaiki hal tersebut maka perlu adanya proses perlakuan panas normalising maka dari itu tujuan dalam penelitian ini, yaitu untuk mengetahui pengaruh normalising pada hasil pengelasan material yang berbeda dilihat dari kekuatan tariknya.

Penelitian dengan metode normalising pada pengelasan argon dengan baja karbon rendah didapatkan bahwa proses normalizing dapat berpengaruh pada hasil pengelasan dimana mempunyai rata-rata kekerasan 78,67 HRB dan kekuatan tarik 45,835 (kgf/mm^2) [8]. Penelitian dengan perlakuan normalising dengan variasi temperatur pada material baja karbon dimana mendapatkan data bahwa variasi temperatur normalising ada pengaruh pada tingkat kekuatan material yaitu dengan kekuatan tarik 45,835 Kgf/mm^2 dan rata-rata kekerasannya mencapai 78,67 HRB yaitu pada suhu 860°C [9]. Penelitian proses normalizing terhadap nilai kekerasan pada sambungan las baja UIC-54 mendapatkan hasil yaitu angka kekerasan material pada daerah *base metal* terdapat pada temperatur 775°C dengan nilai 272,9 VHN [10]. Penelitian dengan metode perlakuan panas normalising dengan material aluminium 6061 dengan melihat hasilnya yaitu sifat mekanik dan sifat fisis. Proses pengelasan tersebut dibantu mesin *milling* dengan suhu 415°C dan

pemanasan didalam tungku selama 2 jam. Hasilnya adalah kekuatan tariknya pada perlakuan normalising lebih baik mencapai 66,90 Mpa dan tegangan tertinggi mencapai 96,84 Mpa [11]. Penelitian pengelasan dengan logam tidak sejenis pada material Stainless Steel 304 L dan baja AISI 1040 dengan menggunakan variasi jenis kampuh mendapatkan hasil bahwa ada perbedaan kekuatan tarik dari jenis kampuh yang digunakan, dimana hasil yang paling baik kekuatan tariknya yaitu dengan kampuh V sudut 30⁰ dan kuat arus 120 A mencapai 468 MPa, bahwa semakin sempit sudut kampuh yang digunakan maka semakin baik pula kekuatan tariknya dimana panas yang dihasilkan oleh kampuh tersebut lebih merata dan kecepatan pendinginanannya seragam [12]. Penelitian perlakuan *normalizing* pada baja tulangan *deform* pasca kebakaran dimana mendapatkan hasil bahwa perlakuan *normalizing* dapat meningkatkan kekuatan material, pada pengujian ini perlakuan *normalizing* yang dilakukan dari temperatur 400-800⁰C dan kekuatan tarik terbesar yang dihasilkan yaitu pada suhu 600⁰C dengan 597,85 N/mm² sedangkan kekuatan tarik terendah pada suhu 400⁰C sebesar 443,9 N/mm² [13].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Obyek penelitian pada penelitian ini adalah mengetahui pengaruh normalizing pada kekuatan tarik dan struktur mikro dengan material tidak sejenis yaitu antara baja tahan karat austenitik AISI 304 dengan baja karbon A36. Sedangkan untuk Variable Penelitian ada tiga macam yaitu :

1. Variabel Terikat
Variabel terikat pada penelitian adalah kekuatan tarik, struktur mikro dan las GMAW.
2. Variabel Bebas
Variabel bebas pada penilian ini adalah dengan menggunakan suhu normalising yaitu 400⁰C, 500⁰C dan 600⁰C
3. Variabel Kontrol
Dalam melakukan penelitian perlu adanya variabel kontrol dengan waktu normalising 15 menit dengan jumlah spesimen 12.

Proses pengujian

- a. Pengujian tarik

$$\sigma = F/A \quad (1)$$

Dimana :

Σ : Tegangan Tarik (N/m²)

A : luas penampang (m²)

F : Gaya yang bekerja (N)

- b. *Ultimate Tensile Strength* (UTS)

$$UTS = P_{maks}/A_0 \text{ (Kg/mm}^2\text{)} \quad (2)$$

Dimana :

Plat : Original CSA

W x t

W : Lebar spesimen

t : tebal spesimen

- c. Total Elongasi Regangan

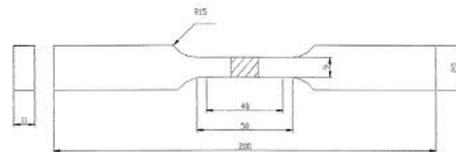
$$\delta = \frac{I_f - I_o}{I_o} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana :

I_f : Panjang awal

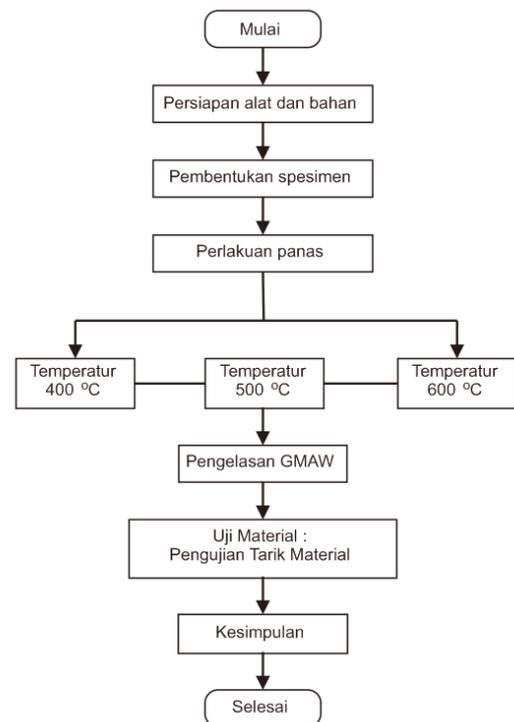
I_o : Panjang akhir

Berikut adalah gambar spesimen dalam uji tarik terdapat pada gambar 1.



Gambar 1. Dimensi spesimen uji tarik dan kekerasan (JIZ,2201-1981) [14]

2.1 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesimen Pengujian Tarik

Saat melakukan pengujian, spesimen dilakukan sebanyak 3 kali. Karena, penelitian menggunakan 4 perlakuan maka terdapat 12 sampel pengujian. Dibawah ini ditunjukkan Gambar 2 mengenai spesimen uji tarik.



Gambar 3. Spesimen Uji Tarik

3.2 Pengujian Tarik

Setelah dilakukan pengujian tarik maka didapat data seperti di tabel [1] dibawah ini :

Tabel 1. Data Hasil Uji Tarik

No	Perlakuan Panas	Teg. Luluh (Mpa)	Teg. Maks. (Mpa)	Regangan %
1	Tanpa	337.41	496.74	11.58
2	Pemanasan	303.6	443.1	13.55
3		322.97	473.4	10.83
	Rata rata	321.33	471.08	11.99
4	Pemanasan	348.99	516.85	16.47
5	400°C	304.94	459.62	14.9
6		317.12	473.44	14.5
	Rata rata	323.68	483.30	15.29
7	Pemanasan	330.26	478	16.54
8	500°C	348.8	500.85	15.15
9		312.78	473.65	14.57
	Rata rata	330.61	484.17	15.42
10	Pemanasan	327.24	479.65	15.27
11	600°C	343.98	515.96	15.86
12		337.97	504.76	15.95
	Rata rata	336.40	500.12	15.69

a. Tegangan Luluh

Kenaikan tegangan spesimen tanpa pemanasan ke spesimen dengan pemanasan 400°C

$$\Delta\sigma = \frac{If-Io}{Io} \times 100\% = \frac{323,68 \text{ MPa} - 321,33 \text{ MPa}}{321,33 \text{ MPa}} \times 100\% = 0,73\%$$

Kenaikan tegangan luluh spesimen pemanasan 400°C ke spesimen dengan pemanasan 500°C

$$\Delta\sigma = \frac{If-Io}{Io} \times 100\% = \frac{330,61 \text{ MPa} - 323,68 \text{ MPa}}{323,68 \text{ MPa}} \times 100\%$$

$$= 2,14\%$$

Kenaikan tegangan luluh spesimen pemanasan 500°C ke spesimen dengan pemanasan 600°C

$$\Delta\sigma = \frac{If-Io}{Io} \times 100\% = \frac{336,40 \text{ MPa} - 330,61 \text{ MPa}}{330,61 \text{ MPa}} \times 100\% = 1,75\%$$

b. Tegangan Tarik

Kenaikan tegangan tarik spesimen tanpa pemanasan ke spesimen dengan pemanasan 400°C

$$\Delta\sigma = \frac{\sigma U - \sigma U0}{\sigma U0} \times 100 = \frac{483,30 \text{ MPa} - 471,08 \text{ MPa}}{471,08 \text{ MPa}} \times 100\% = 2,5\%$$

Kenaikan tegangan tarik spesimen dengan pemanasan 400°C ke spesimen dengan pemanasan 500°C

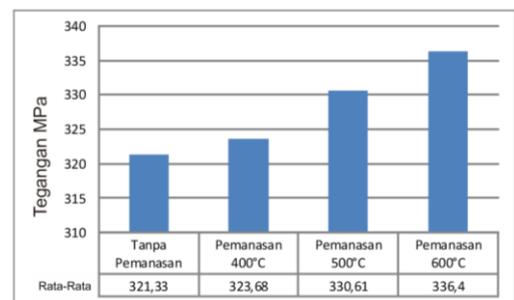
$$\Delta\sigma = \frac{\sigma U - \sigma U0}{\sigma U0} \times 100\% = \frac{484,17 \text{ MPa} - 483,30 \text{ MPa}}{483,30 \text{ MPa}} \times 100\% = 0,01\%$$

Kenaikan tegangan tarik spesimen dengan pemanasan 500°C ke spesimen dengan pemanasan 600°C

$$\Delta\sigma = \frac{\sigma U - \sigma U0}{\sigma U0} \times 100\% = \frac{500,12 \text{ MPa} - 484,17 \text{ MPa}}{484,17 \text{ MPa}} \times 100\% = 3,2\%$$

Setelah data hasil pengujian didapat maka dapat diketahui pernyataan sebagai berikut :

- a. Pemanasan pada spesimen sangat berpengaruh terhadap kekuatan tariknya.
- b. Dari penelitian diperoleh besarnya kekuatan luluh pada pengujian pemanasan pada spesimen dimana dapat disimpulkan bahwa pengujian tarik spesimen pemanasan mempunyai nilai kekuatan luluh paling tinggi pada pemanasan 600°C seperti ditampilkan pada tabel 2 dibawah ini.



Gambar 4. Spesimen tegangan luluh

c. Regangan Tarik

Kenaikan regangan tarik spesimen tanpa pemanasan ke spesimen dengan pemanasan 400°C

$$\begin{aligned} \Delta\sigma &= \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100\% & (11) \\ &= \frac{15,29\% - 11,99\%}{11,99 \text{ MPa}} \times 100\% \\ &= 27,5\% \end{aligned}$$

Kenaikan regangan tarik spesimen dengan pemanasan 400°C ke spesimen dengan pemanasan 500°C

$$\begin{aligned} \Delta\sigma &= \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100\% & (12) \\ &= \frac{15,42\% - 15,29\%}{15,29\%} \times 100\% \\ &= 0,08\% \end{aligned}$$

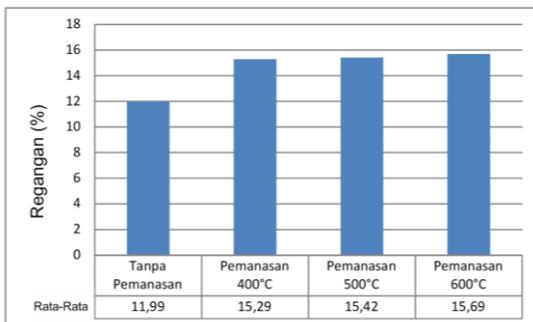
Kenaikan regangan tarik spesimen dengan pemanasan 500°C ke spesimen dengan pemanasan 600°C

$$\begin{aligned} \Delta\sigma &= \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100\% & (13) \\ &= \frac{15,69\% - 15,42\%}{15,42\%} \times 100\% \\ &= 1,7\% \end{aligned}$$

Setelah data hasil pengujian didapat maka dapat diketahui pernyataan sebagai berikut :

- a. Penormalan pada spesimen sangat berpengaruh terhadap regangan tariknya.
- b. Dari penelitian diperoleh besarnya regangan tarik pada pengujian pemanasan pada spesimen dimana dapat disimpulkan bahwa pengujian tarik spesimen pemanasan mempunyai nilai paling tinggi pada pemanasan 600°C Seperti Gambar 5 di bawah ini.

c.



Gambar 5. Spesimen tegangan Tarik

IV. PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diatas maka didapat sebuah kesimpulan yaitu proses normalising mempunyai pengaruh signifikan pada penyambungan logam dengan las GMAW dimana :

- a. Spesimen tanpa pemanasan mempunyai kekuatan tarik paling rendah yaitu 471,08 Mpa dan mendapatkan regangan tarik hanya 11,99 %
- b. Spesimen dengan pemanasan 600°C menghasilkan kekuatan tarik paling besar yaitu 500,12 Mpa dan mendapatkan regangan tarik paling besar yaitu dengan 15,69%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhamad Alip, *Teori dan Praktek Las*. Jakarta: P2LPTK, 1989.
- [2] Ausaid, *Dasar Las MIG/MAG (GMAW)*. Batam Institutional Development Project, 2001.
- [3] I. Sabry, A. Hamid, and D. T. Thekkuden, "Optimization of metal inert gas - welded aluminium 6061 pipe parameters using analysis of variance and grey relational analysis," *SN Appl. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2020, doi: 10.1007/s42452-020-1943-9.
- [4] ASTM, *Annual Book of ASTM Standards, Volume 3*. ASTM International, 2012.
- [5] J. William D. Callister, *Material Science and Engineering*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- [6] Nisith R. Mandal, *Ship Construction and Welding*. Springer, 2017.
- [7] H. P. dan I. S. Jaenal Arifin, "Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Smaw Baja Astm A36," *Momentum*, vol. 13, no. 1, pp. 27–31, 2017.
- [8] Basuki Widodo, "Analisis Perlakuan Panas Normalising Pada Pengelasan Argon Terhadap Sifat Mekanik Hasil Lasan Baja Karbon Rendah," *J. Teknol. Technoscientia*, vol. 2, no. 1, pp. 30–41, 2009.
- [9] Yusep Sukrawan, "Perubahan Sifat Mekanik Akibat Proses Normalizing Pada Hasil Las Baja Karbon," *TORSI*, vol. 8, no. 2, 2010.
- [10] Y. U. Adityo Ristyanto, Gunawan Dwi Haryadi, "Pengaruh Proses Normalizing Terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Sambungan Las Thermite Simillar Baja Uic-54 (Union Internasionale Des Chemins De Fer -54)," *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 36–45, 2014.
- [11] I. B. S. Saputro, Budiawan Eko, "Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan Dengan Metode Friction Stir Welding (FSW) Pada Aluminium Sejenis (Al Serie AA-6061) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis," 2019.
- [12] dan I. Q. Eriek Wahyu Restu Widodo, Vuri Ayu Setyowati, Suheni, "Variasi Jenis Kampuh Las Dan Kuat Arus Pada Pengelasan Logam Tidak Sejenis Material Stainless Steel 304L Dan Baja Aisi 1040 Dengan Gas

Tungsten Arc Welding,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. VI*, pp. 327–332, 2018.

- [13] S. W. Rayel Prialdo, Tri Widagdo, “Pengaruh Perlakuan Panas Normalizing Terhadap Kekuatan Tarik Pada Baja Tulangan Deform Pasca Kebakaran,” *Mach. J. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 15–22, 2021.
- [14] Tata Surdia dan Shinroku Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2000.