

**PENGARUH POST WELD HEAT TREATMENT (PWHT)
TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN
SAMBUNGAN LAS STAINLESS STEEL**

Reisa Ramandani W¹, Muhammad Wahyu Darajat² dan Wijoyo^{3*}

ABSTRACT

Welding applications are often used in steel structures to meet design demands. There are several procedures that need to be considered in order to obtain optimal welding results, one of which is the treatment of the material after the welding process. The purpose of this study was to investigate the effect of post weld heat treatment (PWHT) temperature on microstructure and hardness of stainless-steel welding joints 301. The main material used was stainless steel 301, with filler E308. Welding is carried out using TIG welding with cooling the ambient air and then carried out post weld heat treatment with variations in temperature of 250°C, 450°C and 650°C with water cooling media. Microstructure observations and hardness testing were carried out on each specimen. The results of the microstructure observation show that the post weld heat treatment treatment of stainless steel 301 is dominated by the presence of ferrite and austenite which undergo changes in the shape and size of the grains. This condition resulted in an increase in the value of post-treatment weld hardness, which is the highest hardness value at a treatment with a temperature of 650°C, which is 289.73 VHN.

Keywords: *Hardness, PWHT, Stainless Steel 301, Microstructure*

PENDAHULUAN

Stainless steel jenis austenitik sering digunakan pada bidang teknik terutama pada industri besar dan maju seperti industri peleburan, manufaktur, industri kimia dan industri lain karena memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan baja tahan karat lainnya. Baja tahan karat austenitik mempunyai sifat mampu las dan ketahanan korosi yang lebih baik. Baja tahan karat jenis austenitik juga tahan terhadap temperatur tinggi maupun rendah. Salah satu contoh *stainless steel austenitic* adalah *stainless steel 301*, yang memiliki kandungan krom 16% - 18% dan nikel 6% - 8%. Pada kenyataan aplikasi di lapangan, struktur baja sering kali

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Surakarta, Indonesia

*Corresponding author:
joyowi@yahoo.co.id

perlu dilakukan proses penyambungan untuk memenuhi tuntutan desain, antara lain dengan mengaplikasikan penyambungan dengan cara pengelasan. Untuk mendapatkan hasil pengelasan yang optimal, ada prosedur yang perlu diperhatikan, salah satunya adalah perlakuan material setelah proses pengelasan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi tegangan dalam, meningkatkan keuletan dan ketangguhannya. Proses pengelasan akan mengakibatkan perubahan struktur mikro sehingga dengan sendirinya sifat-sifat mekanis yang dimiliki material juga akan berubah (Kou, S., 1987).

Proses perlakuan panas dapat didefinisikan sebagai proses perubahan sifat mekanik material/logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui pengaturan pemanasan dan laju pendinginan (Sonawan, H., & Suratman, R., 2004). Pada proses fabrikasi sering dilakukan perlakuan panas paska pengelasan atau *post weld heat treatment (PWHT)*. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi besarnya tegangan sisa yang terjadi akibat proses pengelasan sehingga dapat mengurangi resiko *crack* atau *failure* pada saat digunakan. Untuk mengembalikan kembali kepada sifat yang diinginkan terutama dalam ketangguhan maka struktur yang berubah tadi dikembalikan lagi ke struktur semula melalui pemanasan pada temperatur tertentu dan dalam jangka waktu tertentu. Proses *post weld heat treatment* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu memasukkan benda uji ke dalam dapur atau melakukan pemanasan setempat di dekat daerah lasan saja. Parameter yang harus dijaga selama proses *post weld heat treatment* adalah *heating rate*, *holding temperature* dan *cooling rate*.

Saefuloh, I., dkk. (2018), menyatakan bahwa kekerasan pada baja karbon laterit hasil proses *quenching* dan tempering dengan media pendingin air, oli dan udara menunjukkan kekerasan tertinggi pada proses *quenching* dan tempering dengan media pendingin air. Struktur mikro didominasi fasa martensit dan austenite sisa pada media *quenching* air, fasa sedikit martensit, bainit dan austenite sisa pada media *quenching* oli, dan fasa ferit dan pearlite pada media *quenching* udara.

Purnomo (2010), dalam penelitiannya yang bertujuan untuk meningkatkan ketangguhan baja JIS G4051 S15C melalui perlakuan *heat treatment*, menyatakan bahwa setelah proses perlakuan *heat treatment hardening*, baik dengan pendinginan air maupun oli, mengakibatkan nilai kekerasan bahan menjadi meningkat dibandingkan sebelum/tanpa *treatment*. Perlakuan *tempering* setelah *hardening* meningkatnya nilai keuletan bahan dari hasil uji impak tetapi nilai kekerasannya menurun.

Widyatmoko, A., Amin, M., & Solechan (2017), menyatakan bahwa variabel arus listrik dan diameter elektroda sangat berpengaruh terhadap karakteristik kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) *stainless steel* 304. Kekerasan las mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan penggunaan arus listrik dari 120 Ampere, 130 Ampere dan 140 Ampere.

Supriyanto & Yulian, A. (2012), menyatakan proses *tempering* pada hasil lasan *stainless steel* dapat meningkatkan nilai ketangguhan sambungan las *stainless steel* 316. Proses *tempering* pada hasil lasan *stainless steel* dapat meningkatkan nilai ketangguhannya. Perlakuan *tempering* hasil lasan dengan pendinginan udara ketangguhannya lebih baik dibanding dengan hasil *tempering* lasan pendinginan air.

Muzakki, K., & Arif, M. (2016), melakukan penelitian *post weld heat treatment* pada baja tahan karat *stainless steel* 304. Perlakuan *post weld heat treatment* dilakukan pada variasi temperatur 550°C, 650°C dan 750°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan PWHT mempunyai perbedaan yang signifikan terhadap nilai uji tarik. Hasil PWHT yang optimal adalah pada temperatur 650°C dengan nilai rata-rata uji tarik 584,67 MPa.

Srisuwan, N., dkk. (2016), menyatakan perlakuan panas mempengaruhi endapan *chromium carbide* (*chromium carbide precipitation*) dan nilai kekerasan. Penelitian tersebut menggunakan material 35Cr-45Ni-Nb alloy. Material yang telah mengalami perlakuan panas dengan temperatur tinggi (800 °C - 1100 °C) dalam waktu 1 jam mengakibatkan terjadinya endapan *chromium carbide*. Namun setelah dilakukan proses *heat treatment* pada suhu 600 °C dan 900 °C selama satu jam dengan pendinginan udara sekitar, terjadi penurunan endapan *chromium carbide* dan nilai kekerasan dibandingkan dengan spesimen sebelum dilakukan proses *heat treatment*.

Tukur, S.A., & Dambatta, M.S. (2014), melakukan penelitian mengenai pengaruh temperatur *heat treatment* terhadap mekanikal propertis pada material *stainless steel* AISI 304. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa *austenitic stainless steel* sensitif terhadap perlakuan panas pada suhu 470 °C sampai dengan 750 °C yang menyebabkan *carbide precipitaton* atau endapan karbid. Pada penelitian tersebut spesimen dilakukan proses *heat treatment* pada temperatur 660 °C selama 30 menit dengan pendinginan udara, kemudian dilakukan proses *anneal* selama 30 menit dengan variasi temperatur 1010 °C, 1050 °C, 1090 °C, 1140 °C dan 1190 °C dengan pendinginan air. Nilai kekerasan paling tinggi pada temperatur 660 °C yaitu 41 HRC. Nilai kekerasan mengalami penurunan yang signifikan

setelah dilakukan proses anneal pada temperatur 1010 °C dan 1050 °C, yaitu 20,4 HRC. Nilai kekerasan naik lagi setelah dilakukan proses *anneal* pada temperatur 1090 °C, yaitu 24 HRC.

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh temperatur *post weld heat treatment* (PWHT) terhadap struktur mikro dan kekerasan sambungan las *stainless steel* 301.

METODE

1. Bahan dan Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan utama *stainless steel* 301 dengan tebal 2 mm, *filler* E308, diameter 2,6 mm. Komposisi kimia *stainless steel* 301 terlihat pada Tabel 1. Pengelasan menggunakan mesin las GTAW. Tungku pemanas (*furnace*) untuk pemberian perlakuan *post weld heat treatment* (PWHT) dengan variasi temperatur 250°C, 450°C dan 650°C. Mikroskop metalurgi untuk pengamatan struktur mikro dan mesin uji kekerasan *microvickers* untuk pengujian kekerasan.

2. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Pengelasan dilakukan dengan las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) dengan posisi pengelasan *vertical single run* dan pendinginan udara. Selanjutnya hasil lasan dilakukan proses PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) pada tungku pemanas (*furnace*), dengan variasi temperatur 250°C, 450°C dan 650°C. Waktu penahanan adalah 60 menit, kemudian dilakukan proses pendinginan dengan menggunakan media air.

3. Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan pada semua benda uji baik yang belum mengalami perlakuan maupun yang telah mengalami perlakuan panas paska pengelasan. Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop metalurgi, yang bertujuan untuk mengetahui terjadi perubahan struktur mikro pada spesimen uji akibat perlakuan yang diberikan. Berdasarkan struktur mikro maka sifat mekanis lain dapat diprediksi.

Tabel 1. Komposisi kimia *stainless steel* tipe 301 dalam % berat

Unsur	Komposisi (%)
Fe	Balance
C	0,0817
Si	0,488
Mn	1,18
P	0,0373
S	0,0070
Cr	16,7
Mo	0,173
Ni	7,93
Al	0,0138
Co	0,174
Cu	0,213
Nb	0,0461
Ti	0,0165
V	0,0912
W	<0,0250
Pb	<0,0100

4. Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

Pengujian kekerasan atau *hardness test* dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh perlakuan terhadap sifat keras dari spesimen uji. Pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan *microvikers*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

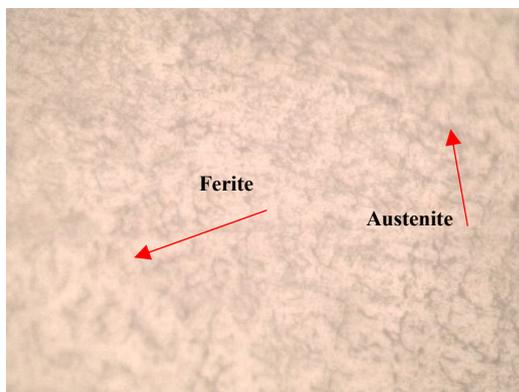
1. Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan pada setiap spesimen yang belum mengalami perlakuan panas maupun yang sudah mengalami perlakuan panas dengan variasi temperatur paska pengelasan. Hasil foto mikro dapat dilihat pada Gambar 1.

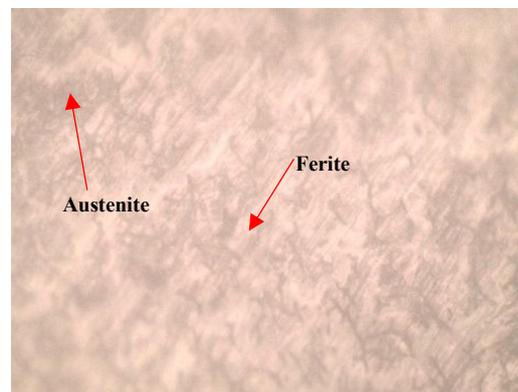
Gambar 1, menunjukkan bahwa hasil pengamatan foto mikro dari spesimen uji sebelum dan sesudah mengalami perlakuan terjadi perubahan yang signifikan. Struktur mikro pada spesimen sebelum perlakuan adalah ferite dan austenite yang tersusun rata, Gambar 1.a. Setelah mengalami perlakuan struktur mikro berubah ukuran dan bentuknya. Pada spesimen

PWHT 250°C struktur mikro mengalami pembesaran ukuran ferrite maupun austenite, Gambar 1.b. Begitu juga pada spesimen PWHT 450°C selain ukuran menjadi besar dan kasar juga berbentuk kolom, Gambar 1.c. Sedangkan pada spesimen PWHT 650°C ukuran butir kembali mengecil dengan butiran-butiran bulat merata, Gambar 1.d.

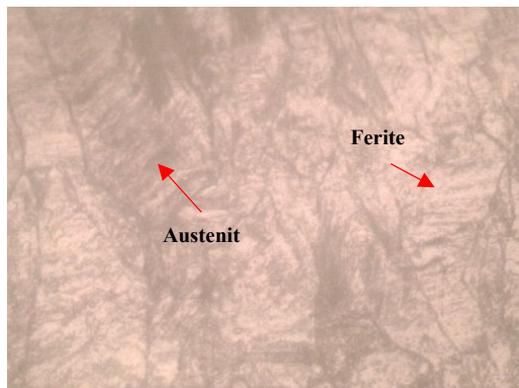
Hasil ini sesuai dengan hasil beberapa penelitian yang terdahulu (Purnomo, 2010: h.66-67, Saefuloh, dkk., 2018: h.61-62, Widyatmoko, dkk., 2017: h.45-46, Supriyanto & Yulian, 2012: h.51). Proses PWHT pada material mengakibatkan terjadinya perubahan pada struktur mikro, ukuran butir menjadi semakin kasar atau halus.



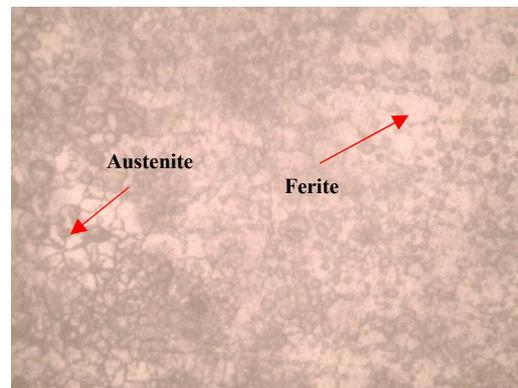
a. Spesimen tanpa PWHT



b. Spesimen PWHT 250°C



c. Spesimen PWHT 450°C

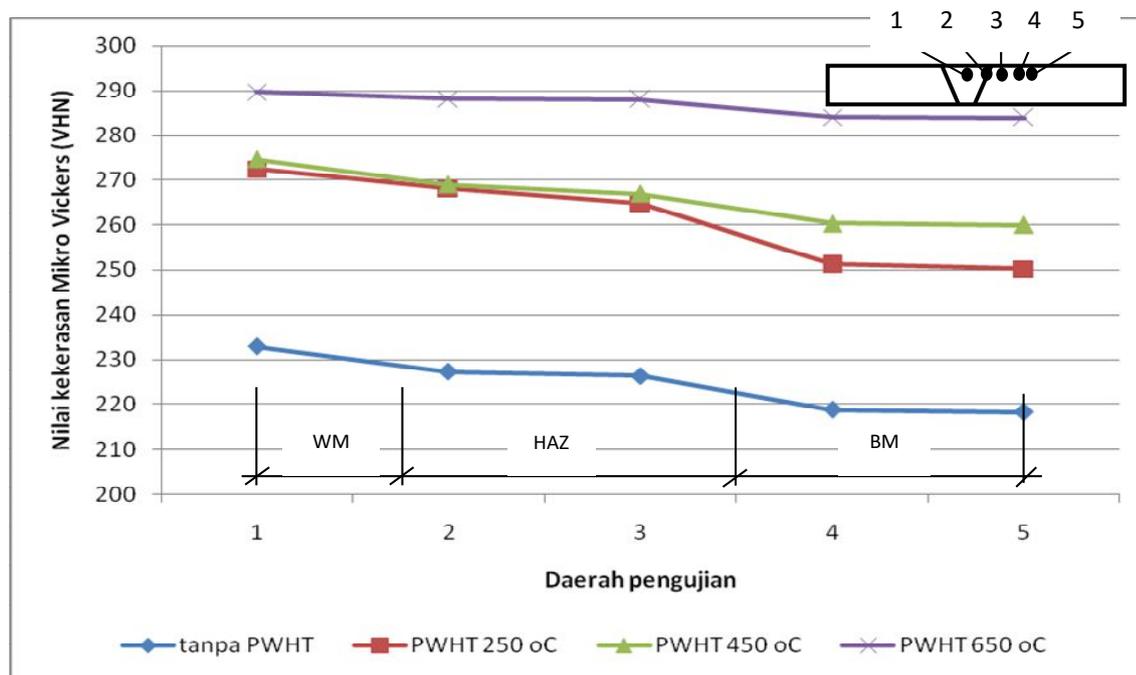


d. Spesimen PWHT 650°C

Gambar 1. Foto struktur mikro logam las dengan berbagai perlakuan (500X)

2. Uji Kekerasan

Uji kekerasan pada daerah logam las (WM), daerah HAZ dan logam induk (BM) spesimen tanpa *post weld heat treatment* dan pada spesimen yang dilakukan *post weld heat treatment*. Hasil uji kekerasan dari spesimen terlihat seperti pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Grafik kekerasan dari berbagai variasi perlakuan PWHT

Hasil pengujian kekerasan pada Gambar 2, menunjukkan bahwa pemberian perlakuan PWHT akan meningkatkan kekerasan material. Dari grafik tersebut terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya temperatur PWHT berupa *quenching* maka kekerasan logam mengalami kenaikan yang sangat signifikan yaitu lebih besar dari 30% dari logam yang tidak diberi perlakuan. Kekerasan logam hasil perlakuan meningkat secara merata mulai dari logam las (WM), daerah HAZ maupun logam induk (BM) pada variasi PWHT 250°C, 450°C dan 650°C. Kondisi ini dapat dilihat pada hasil foto struktur mikronya. Perlakuan PWHT 250°C dan 450°C menghasilkan struktur mikro dengan butiran yang besar akibatnya pada saat pengujian kekerasan diperoleh nilai yang besar karena sifat permukaan besar yang keras. Sedangkan pada PWHT 650°C butiran kecil tetapi karena bentuk bulat-bulat kecil dan tercampur merata maka mengakibatkan Kristal menjadi lebih padat dan keras. Hal ini terbukti dari hasil uji kekerasan yang dihasilkan adalah tertinggi.

Penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya (Purnomo, 2010: h.66-67, Saefuloh, dkk., 2018: h.61-62, Widyatmoko, dkk., 2017: h.45-46, Supriyanto dan Yulian, 2012: h.51). Pada PWHT yang diikuti dengan *quenching* maka akan meningkatkan kekerasan material. Semakin tinggi temperatur PWHT yang diikuti dengan *quenching* maka kekerasannya akan berbanding lurus dengan temperturnya.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian PWHT yang diikuti dengan *quenching* mengakibatkan berubahnya struktur mikro material logam las. Perubahan terjadi pada bentuk dan ukuran butir.
2. Peningkatan temperatur PWHT yang diikuti dengan *quenching* meningkatkan nilai kekerasan dari material logam *stainless steel* 301.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Internastional Handbook Committee. (2004). *Metallography and Microstructure. ASM Metals Handbook*, vol 09. United States of America.
- Kou, S. (1987). *Welding Metallurgy*, New York: John Willey, Sons, Inc.
- Muzakki, A.K., & Irfai, M.A., (2016). Pengaruh PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) Hasil Las MIG (Metal Inert Gas) Terhadap Kekuatan Tarik Pada Bahan Stainless Steel 304. Universitas Negeri Surabaya, Jawa Timur.
- Purnomo. (2010). Pengaruh Perlakuan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Impak Baja Jis G 4051 S15c Sebagai Bahan Konstruksi. TRAKSI. Vol. 10. No. 1, Juni 2010. <http://103.97.100.145/Index.Php/Jtm/Issue/View/141>
- Tukur, S.A., & Dambatta, M.S., (2014). *Effect of Heat Treatment Temperature on Mechanical Properties of the AISI 304 Stainless Steel*. Kano University of Science and Technology, Wudil Kano State, Nigeria.
- Saefuloh, I., Haryadi, Zahrawani1, A., & Adjiantoro, B. (2018). Pengaruh Proses Quenching Dan Tempering Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Paduan Laterit. FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta Vol. IV, No. 1, April 2018, hal. 56 – 64. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl/article/view/3372/2512>
- Sonawan, H., & Suratman, R., (2004). *Pengelasan Logam*, Alfabeta, Bandung.
- Srisuwan N., Eihed K., Kreatseweekul N., Yingsamphanchareon T., & Kaewvilai A., (2016). *The Study of Heat Treatment Effects on Chromium Carbide Precipitation of 35Cr-45Ni-Nb Alloy for Repairing Furnace Tubes*, MDPI, Besel, Switzerland.
- Supriyanto & Yulian, A., (2012). Kajian Pengaruh Tempering Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pengelasan Stainless Steel. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Janabadra, Yogyakarta.

Widyatmoko, A., Amin, M., dan Solechan. (2017). Pengaruh Arus Pengelasan Las Tig Terhadap Karakteristik Sifat Mekanis Stainless Steel Type 304. *TRAKSI* Vol. 17 No. 1 Juni 2017. <http://103.97.100.145/index.php/jtm/issue/view/891>