

Effect of Fluid Cooling on The Mechanical Properties and Microstructure of SS 304

Tumpal Ojahan R¹, Yusup Hendronursito² dan Arif Hidayat¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati - Bandar Lampung

²Balai Penelitian Teknologi Mineral, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia - Lampung Selatan, Lampung.

*Korespondensi: tumpal-ojahan@yahoo.com

Abstract. Stainless steel materials widely used in the industrial and medical equipment because having the nature of corrosive, capable of preventing contamination, can be recycled, decorative and easily cleared. The welding process of stainless steel is very challenging. The purpose of this research to know the cooling influence against mechanical properties and micro structure by varying fluid cooling (Water, Oli and Air) using GTAW welding with discharge of the parameters a stream of gas 17 liters per minute, the current 130 Ampere and Electrodes EWTh-2. The results of tensile test value is $\sigma_y = 374,0 \text{ MPa}$, $\sigma_{max} = 626,0 \text{ MPa}$, $\Delta L = 27,5 \text{ mm}$ and $\epsilon = 54,8\%$ water fluid. The value is $\sigma_y = 335,3 \text{ MPa}$, $\sigma_{max} = 543,7 \text{ MPa}$, $\Delta L = 22,1 \text{ mm}$ and $\epsilon = 44,2\%$ oil fluid. The value is $\sigma_y = 299,3 \text{ MPa}$, $\sigma_{max} = 481,3 \text{ MPa}$, $\Delta L = 19,4 \text{ mm}$ and $\epsilon = 38,8\%$ air fluid. The results of hardness test value of water fluid in welding area = 74,93 HRb, HAZ = 75,50 HRb. The results value of oil fluid in welding area = 74,77 HRb, HAZ = 74,60 HRb. The results value of air fluid in welding area = 73,40 HRb, HAZ = 74,43 HRb. The phase that is formed before welding is the austenite phase, through welding there are adding the phase carbide crom. From the testing mechanical properties that has been in conclusion that for GTAW welding with the material stainless steel 304 cooling kind of fluid the list is water cooling fluid.

Abstrak Material stainless steel banyak digunakan di dunia industri dan alat-alat kesehatan karena memiliki sifat korosif yang baik, mampu mencegah kontaminasi, dapat didaur ulang, dekoratif dan mudah dibersihkan. Penggunaan stainless steel tidak lepas dari proses pengelasan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pendinginan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dengan memvariasikan Fluida Pendingin (Air, Oli dan Udara) menggunakan las GTAW dengan parameter debit aliran gas 17 liter/menit, arus 130 Amper dan Elektroda EWTh-2. Hasil Pengujian Tarik nilai rata-rata $\sigma_y = 374,0 \text{ MPa}$, $\sigma_{max} = 626,0 \text{ MPa}$, $\Delta L = 27,5 \text{ mm}$ dan $\epsilon = 54,8\%$ fluida air. Nilai rata-rata $\sigma_y = 335,3 \text{ MPa}$, $\sigma_{max} = 543,7 \text{ MPa}$, $\Delta L = 22,1 \text{ mm}$ dan $\epsilon = 44,2\%$ fluida oli. Nilai rata-rata $\sigma_y = 299,3 \text{ MPa}$, $\sigma_{max} = 481,3 \text{ MPa}$, $\Delta L = 19,4 \text{ mm}$ dan $\epsilon = 38,8\%$ fluida udara. Hasil pengujian kekerasan nilai rata-rata fluida air daerah weld = 74,93 HRb, HAZ = 75,50 HRb. Nilai rata-rata fluida oli daerah weld = 74,77 HRb, HAZ = 74,60 HRb. Nilai rata-rata fluida udara daerah weld = 73,40 HRb, HAZ = 74,43 HRb. Fasa yang terbentuk sebelum pengelasan adalah fasa austenite, setelah dilakukan pengelasan terdapat penambahan fasa karbida crom. Dari hasil pengujian sifat mekanik yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa untuk pengelasan GTAW dengan material stainless steel jenis 304 fluida pendingin yang terbaik adalah dengan menggunakan fluida pendingin air.

Kata Kunci: GTAW, fluida pendingin, stainless steel 304, sifat mekanik, struktur mikro

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Perkembangan dunia industri makanan dan kesehatan/medis sekarang ini mengakibatkan kebutuhan material semakin meningkat. Oleh karena itu dunia perindustrian saat ini mulai melirik pada penggunaan bahan *stainless steel* sebagai bahan baku utama dalam produksinya, karena paduan *stainless steel* termasuk logam yang berpenampilan menarik (*attractive*), tahan korosi (*corrosion resistance*), berkekuatan tinggi (*high strength*) dan rendah perawatan (*low maintenance*) berbeda dengan besi atau baja. Penggunaan di bidang medis yaitu sebagai bahan plat penyambung tulang yang harus

mempunyai ketahanan korosi yang tinggi dan mampu menahan beban dinamis yang berulang-ulang. Alasan peneliti memilih bahan *stainless steel AISI 304* karena kelebihannya dari bahan *stainless steel AISI 304L* serta ketersediaan dalam jumlah banyak, mudah diperoleh di pasaran.

Tinjauan Pustaka

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) adalah pengelasan dengan menggunakan busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap terbuat dari tungsten. Sedangkan sebagai bahan penambah terbuat dari

bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari stang las [3]

Pengertian perlakuan panas atau *heat treatment* ialah suatu cara yang mengakibatkan perubahan struktur bahan melalui penyerapan panas. Struktur adalah susunan dalam logam, yang dapat dilihat jika sekeping logam yang diamplas, dipoles dan dietsa (*asam salpeter*) diamati dibawah mikroskop. Dalam pengelasan terjadi proses pemanasan dan juga pendinginan maka dapat dikatakan proses las termasuk proses *Heat Treatment* hanya saja terjadi-nya lokal, tidak seperti proses *Heat Treatment* pada umumnya [4]

Salah satu tujuan dari proses pendinginan agar memperoleh struktur martensit yang keras, setidaknya di permukaan baja. Hal ini hanya dapat dicapai jika menggunakan medium *quenching* yang efektif sehingga baja didinginkan pada suatu laju yang dapat mencegah terbentuknya struktur yang lebih lunak seperti perlit atau bainit. Pemilihan medium *quenching* untuk mengeraskan baja tergantung pada laju pendinginan yang diinginkan agar dicapai kekerasan tertentu [5]

Normalizing adalah suatu proses pemanasan logam di atas suhu kritis atas kemudian didinginkan secara perlahan-lahan dan dibiarkan dingin di udara terbuka. Prinsip dari proses *normalizing* adalah untuk melunakkan logam. Namun pada baja karbon tinggi atau baja paduan tertentu dengan proses ini belum tentu memperoleh baja yang lunak. Mungkin berupa pengerasan dan ini tergantung dari kadar karbon.

Menurut hasil pengujian kekerasan *Brinell* pada penelitian lain dapat disimpulkan bahwa material dengan menggunakan pendinginan udara maka kekerasan akan berkurang. Hasil kekerasan yang baik yaitu dengan pendinginan fluida air [6].

Metode Penelitian

Persiapan alat dan bahan untuk pembuatan spesimen masing-masing pengujian yaitu spesimen uji tarik, spesimen uji kekerasan *Rockwell*, dan komposisi kimia, pengujian kekerasan *Rockwell* dan struktur mikro dilakukan di LAB Balai Penelitian Teknologi Mineral (BPTM-LIPI), Tanjung Bintang Lampung. Pengujian tarik, dilakukan di LAB B4T (Balai Besar Bahan dan Barang Teknik) Bandung.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah:

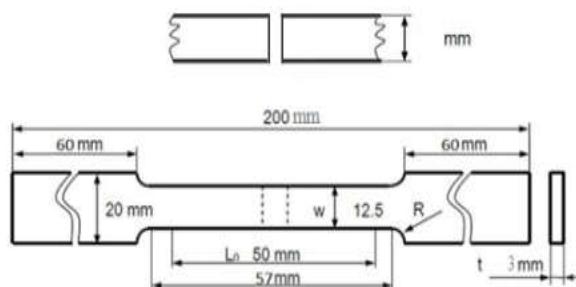
1. Mempersiapkan mesin las GTAW menggunakan gas argon dengan arus DC sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik.
2. Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas pada meja las.

3. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi mendatar atau bawah tangan, sesuai gambar 1.



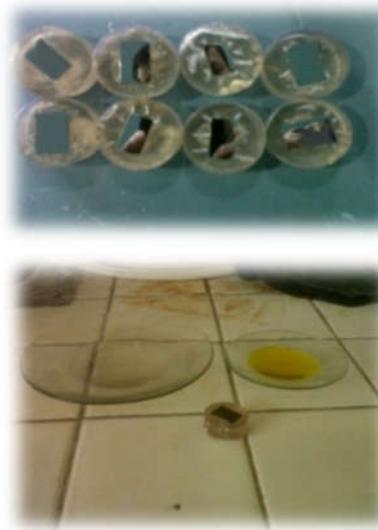
Gambar 1. Posisi pengelasan

Pembuatan spesimen uji tarik, yang sesuai dengan standar yang digunakan adalah ASTM E8/E8M-9 sebagaimana tertera seperti gambar 2.



Gambar 2. Sampel uji tarik (ASTM E8/E8M-9)[1]

Pembuatan spesimen uji struktur mikro, pemotongan spesimen/sekeping logam, kemudian dilakukan monting, lalu diamplas, dipoles dan dietsa pada larutan *asam salpeter* (5gr FeCl₃, 50ml HCe dan 100gr H₂O)[2] seperti gambar 3, untuk kemudian diamati dibawah mikroskop yang sesuai dengan pembesaran yang diinginkan.



Gambar 3. Spesimen yang sudah di Monting, serta cairan Etsa FeCl

Cairan etsa yang digunakan merupakan cairan yang khusus untuk material stainless steel, untuk melihat struktur mikro.

Hasil Dan Pembahasan

a. Hasil Uji Komposisi Kimia

Hasil uji komposisi kimia dapat ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji komposisi kimia

| Unsur | Lambang | Kadar % |
|----------|---------|---------|
| Besi | Fe | 71,30 |
| Crom | Cr | 17,42 |
| Nikel | Ni | 8,37 |
| Mangan | Mn | 1,61 |
| Silikon | Si | 0,447 |
| Kobalt | Co | 0,313 |
| Karbon | C | 0,0637 |
| Tembaga | Cu | 0,0277 |
| Fospor | P | 0,0225 |
| Molibden | Mo | 0,0141 |
| Timah | Ti | 0,0084 |
| Almunium | Al | 0,0079 |
| Mangan | Mg | 0,0068 |

b. Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari spesimen stainless steel 304 sebagai material uji dalam penelitian ini. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik UPM 1000 dengan standar ASTM E8/8M-09.

Tabel 2. Hasil Uji Tarik

| Fluida | σ_{Yield} MPa | σ_{Maks} MPa | ΔL Mm | E % |
|--------|-------------------------|------------------------|------------------|--------|
| Base | 382,0 | 647,0 | 23,60 | 47,2 |
| Air | 367,0 | 645,0 | 28,45 | 56,9 |
| Oli | 340,5 | 620,5 | 28,05 | 56,1 |
| Udara | 359,0 | 613,0 | 26,40 | 52,7 |

c. Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan *Rockwell* dilakukan untuk mendapatkan data kekerasan. Pengujian dilakukan pada daerah las (*Weld Metal*) daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) dan pada logam induk (*Base Metal*), pada material yang sudah dilakukan pengelasan dilakukan 15 titik pengujian, jarak antara titik yaitu 0,5cm hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akurat. Pengujian kekerasan *Rockwell* bahan menggunakan indentor intan (HRb) dengan beban minor 10 kgf dan beban mayor 90 kgf.

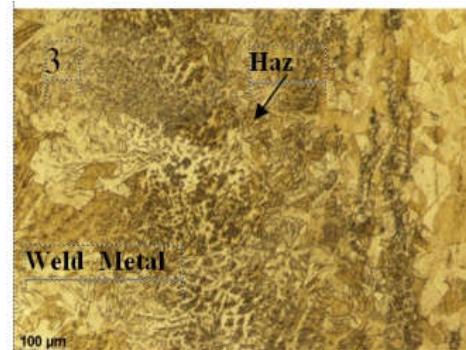
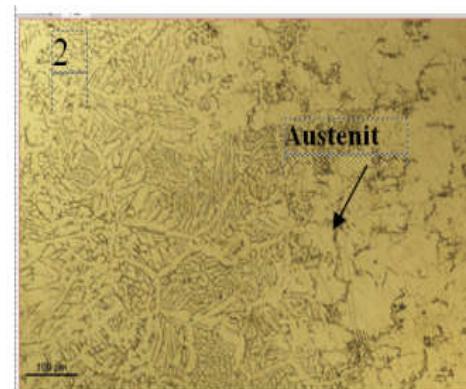
Tabel 3. Hasil Kekerasan

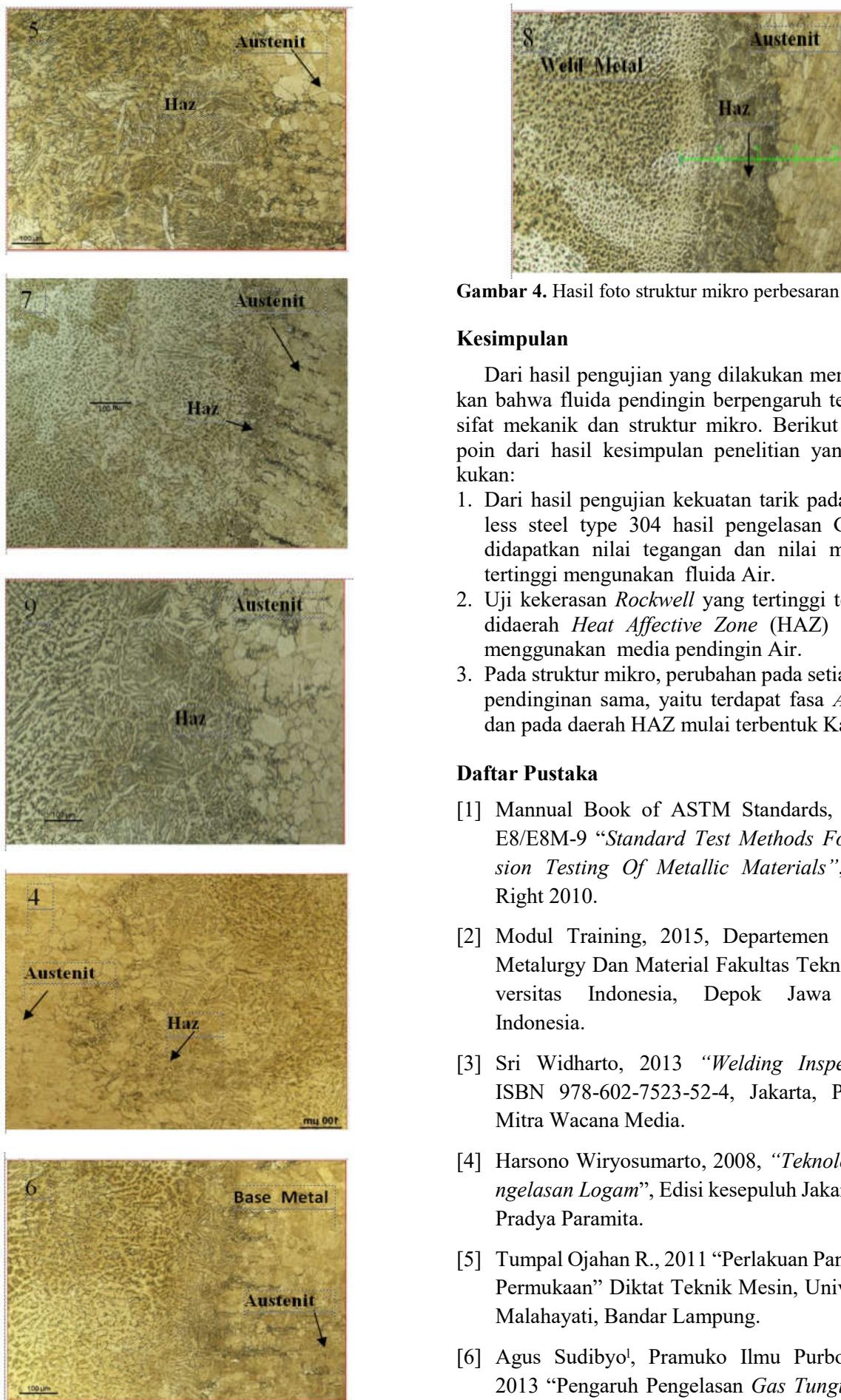
| Sampel | Fluida Pendingin | WM | HAZ |
|--------|------------------|------|------|
| | Base Metal | 81,0 | 81,0 |
| 1 | Air | 75,0 | 74,8 |
| 2 | Air | 75,0 | 75,7 |
| 3 | Air | 74,3 | 73,3 |

| | | | |
|---|-------|------|------|
| 4 | Udara | 74,9 | 75,5 |
| 5 | Udara | 74,9 | 75,0 |
| 6 | Udara | 75,0 | 76,0 |
| 7 | Oli | 74,7 | 75,0 |
| 8 | Oli | 74,3 | 74,8 |
| 9 | Oli | 71,2 | 73,5 |

d. Hasil Struktur Mikro

Uji struktur mikro bertujuan untuk mengetahui bentuk, susunan, dan ukuran butir pada material secara mikro. Struktur mikro material dapat diamati dengan pembesaran hingga 10x. Pengamatan foto dilakukan pada daerah logam induk (*Base Metal*), daerah pengaruh panas (*Head Affected Zone*) dan daerah pengelasan (*Weld Metal*), sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4. Pada hasil pengamatan struktur mikro ini terlihat perbedaan yang jelas antara *Weld Metal*, HAZ dan *Base Metal*.





Gambar 4. Hasil foto struktur mikro perbesaran 10x

Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa fluida pendingin berpengaruh terhadap sifat mekanik dan struktur mikro. Berikut adalah poin dari hasil kesimpulan penelitian yang dilakukan:

1. Dari hasil pengujian kekuatan tarik pada stainless steel type 304 hasil pengelasan GTAW, didapatkan nilai tegangan dan nilai modulus tertinggi menggunakan fluida Air.
2. Uji kekerasan Rockwell yang tertinggi terdapat di daerah Heat Affective Zone (HAZ) dengan menggunakan media pendingin Air.
3. Pada struktur mikro, perubahan pada setiap jenis pendinginan sama, yaitu terdapat fasa Austenit dan pada daerah HAZ mulai terbentuk Karbida.

Daftar Pustaka

- [1] Manual Book of ASTM Standards, ASTM E8/E8M-9 "Standard Test Methods For Tension Testing Of Metallic Materials", Copy Right 2010.
- [2] Modul Training, 2015, Departemen Teknik Metalurgy Dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok Jawa Barat Indonesia.
- [3] Sri Widharto, 2013 "Welding Inspection", ISBN 978-602-7523-52-4, Jakarta, Penerbit Mitra Wacana Media.
- [4] Harsono Wiryosumarto, 2008, "Teknologi Pengelasan Logam", Edisi kesepuluh Jakarta, PT. Pradya Paramita.
- [5] Tumpal Ojahan R., 2011 "Perlakuan Panas Dan Permukaan" Diktat Teknik Mesin, Universitas Malahayati, Bandar Lampung.
- [6] Agus Sudibyo¹, Pramuko Ilmu Purboputro², 2013 "Pengaruh Pengelasan Gas Tungsten Arc

Welding (GTAW) Dengan Variasi Pendinginan Air dan Udara Pada Stainliss Steel 304 Terhadap Uji Komposisi Kimia, Struktur Mikro, Kekerasan Dan Impack”, Simposium Nasional RAPI XII, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah, Surakarta.

- [7] ASM Metals Handbook, Vol 01, “*Properties and Selection, Irons, Steels and High Performing Alloy*”, Copy Right 2005.