

## KARAKTERISTIK AISI 304 SEBAGAI MATERIAL *FRICTION WELDING*

Moh Fawaid<sup>1</sup>, Rifky Ismail<sup>2</sup>, Jamari<sup>3</sup>, Sri Nugroho<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro

Email: fawaid80@gmail.com

<sup>2</sup> Teknik Mesin Universitas Diponegoro

Email: Rifky\_mec@yahoo.com

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro

Email: J.jamari@gmail.com

<sup>4</sup> Teknik Mesin Universitas Universitas Diponegoro

Email: sri\_nugroho@yahoo.com

### Abstrak

*Stainless steel tipe austenitic dipilih sebagai material untuk sebuah produk karena sifat tahan korosi, non magnetic dan weldability yang baik. Beberapa peneliti menggunakan AISI 304 sebagai material riset yang disambung dengan material lain seperti aluminium dan copper dengan metode friction welding. Pengelasan gesek menggunakan parameter seperti friction time, friction pressure, upset time, upset pressure dan putaran spindle. Untuk memudahkan analisa struktur mikro, Sathiya membagi spesimen menjadi 3 region, sedangkan Ozdemir membagi zona menjadi fully plastic deformed zone (FPDZ), partial deformed zone (PDZ) dan deformed zone (DZ). Nilai kekerasan daerah sekitar sambungan AISI 304 menurut Paventhan adalah 490HV, Mumin Sahin nilai Hardness 225-250HV. Nilai kekerasan AISI 304-AISI 202 yang disambung dengan friction time 30 dan 40 detik mempunyai nilai kekerasan pada AISI 304 kekerasan HAZ sebesar 686 HV dan 567 HV. Nilai kekerasan yang berbeda dipengaruhi oleh friction time serta prosentase Cr didalam komposisi kimia material*

**Kata kunci:** *friction welding, austenitic, hardness*

### PENDAHULUAN

*Stainless steel* merupakan baja paduan yang mengandung sekitar 12% Cr yang menunjukkan ketahanan korosi karena pembentukan lapisan film kromium oksida ( $Cr_2O_3$ ). *Stainless steel* tahan terhadap korosi dan oksidasi karena adanya unsur yang ditambahkan pada paduan besi carbon seperti nikel, mangan, molybdenum, nitrogen dan elemen lain yang sangat mempengaruhi properties material. Menurut kandungan prosentase Cr-Ni *stainless steel* dibagi menjadi *austenitic, martensitic, ferritic* dan *duplex*. (W Martin, 2006).

AISI 304 merupakan jenis *austenitic stainless steel* yang mempunyai sifat *non magnetic*, dapat dikeraskan dengan *cold working* tetapi tidak bisa dikeraskan dengan heat treatment. Pada kondisi aneal *stainless steel* mempunyai sifat *formability*. Tipe 304 stainless steel paling banyak digunakan dengan 18% Cr dan 8% Ni (Iron and Steel Society, 1999). Penggunaan AISI 304 di industri antara lain: kimia, *petrochemical*, pengolahan makanan & minuman, farmasi, kriyogenik, dan *heat exchangers*

Tabel 1. Komposisi kimia AISI 304 (Iron and Steel Society, 1999).

Element	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
Weight%	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5	0.045	0.03

Komposisi kimia suatu material berpengaruh terhadap sifat mekaniknya misalnya karbon (C) merupakan pembentuk struktur austenite yang kuat, oleh karena itu karbon secara substansi dapat meningkatkan kekuatan mekanik. Karbon mengurangi ketahanan terhadap korosi intergranular. Pada *ferritic stainless steels* karbon berpengaruh kuat mengurangi *toughness* dan ketahanan korosi. Karbon pada *martensitic* dan *martensitic-austenitic* meningkatkan kekerasan dan kekuatan. namun secara umum jika kekerasan dan kekuatan meningkat maka *toughness*nya akan turun.

Mangan (Mn) digunakan untuk peningkatan sifat *ductility*. Pada suhu rendah mangan merupakan *austenite stabiliser* tetapi pada suhu tinggi berubah menjadi penstabil ferrite. Mangan

menaikkan kelarutan nitrogen dan digunakan untuk memperoleh kandungan nitrogen yang tinggi di dalam *austenitic steels*. Silicon (Si) berfungsi menaikkan *resistance to oxidation*, pada suhu tinggi dan rendah.

Krom (Cr) unsur yang sangat penting bagi stainless steels. Sifat *corrosion resistance* dipengaruhi oleh besarnya atau prosentase (Cr) krom content. Krom tahan terhadap oksidasi suhu tinggi. Penambahan unsur Nickel (Ni) adalah untuk menaikkan *ductility and toughness*. Nickel mampu mereduksi laju korosi sehingga bermanfaat pada lingkungan yang asam. Pada *precipitation hardening* nickel digunakan pembentukan *intermetallic compounds* yang berguna untuk meningkatkan kekuatan. Sulphur (S) Penambahan belerang (Sulphur) untuk meningkatkan sifat *machinability*. Pada kadar tertentu sulphur bisa berfungsi juga *corrosion resistance, ductility* serta mampu las

Tabel 2. Komposisi kimia AISI 304 yang digunakan peneliti

Element	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Peneliti
Weight%	<0.07	<2.0	<1.0	17-19	8.5-10.5	<0.045	<0.03	Sahin
Weight%	0.0468	1.313	0.3446	17.87	8.289	0.0182	-	Sathiya
Weight%	0.06	1.38	0.32	18.4	8.17	-	-	Arivazhagan
Weight%	0.04	1.15	0.006	17.9	9.5	-	-	Maldonado
Weight%	0.09	1.42	0.29	14.08	8.413	-	-	Paventhan

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan AISI 304 mengandung 8-11% nickel and 14–19% chromium. Keberadaan unsur pospor (P) dan sulphur (S) relatif kecil. Kadar karbon didalam AISI 304 berada pada 0.04-0.09% Carbon (C).

Pengelasan merupakan penyambungan dua material dengan atau tanpa bahan tambah (*filler*) (Wiryosumarto, Harsono 2000). Metode pengelasan yang tidak menggunakan bahan tambah salah satunya adalah pengelasan gesek (*friction welding*). Pengelasan gesek memanfaatkan tekanan yang dihasilkan oleh silinder hidrolik. Benda kerja yang satu dipasang pada *chuck* yang berputar sedangkan yang lain diam dan diberikan tekanan awal, pada saat dua buah benda berdekatan dan terjadi gesekan maka akan muncul panas disekitar permukaan kontak.

Eksperimen ini menyambungkan AISI 202 – AISI 304 dengan *friction welding* sebagai material yang akan digunakan untuk *shaft* pompa sentrifugal untuk nelayan.

## METODOLOGI

Metodologi yang digunakan untuk pengelasan gesek yaitu dengan eksperimen yang menggunakan parameter pengelasan seperti *friction time, friction pressure, upset time dan upset pressure*. Variasi kecepatan putar *spindle* juga digunakan untuk memperoleh nilai *tensile strength*.

Untuk memudahkan penelitian seperti Ozdemir membagi zona pengelasan menjadi tiga bagian *fully plastic deformed zone* (Zp1) disekitar garis pengelasan, *partial deformed zone* (Zpd) dan *unaffected parent material*. (N. Ozdemir, 2005). Sathiya membagi daerah pengelasan menjadi zona rekristalisasi (region1), zona yang berdekatan dengan sisi pengelasan (region 2). Pada zona 2 sebagian batas butir terdeformasi serta *undeformed base material microstructure* (region 3) (Sathiya dkk,2004).

Hasil pengelasan gesek yang optimal memperhatikan parameter pengelasan gesek seperti yang dilakukan oleh peneliti yang menggunakan material AISI 304 sebagai bahan pengujian pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3 Parameter pengelasan gesek

No	Parameter Las	Mumin	Sathiya	Arivazhagan	Paventhan
1	<i>Friction Pressure (MPa)</i>	20, 45,60	1.5-2.5	37.5 kN/m <sup>2</sup>	90
2	<i>Friction Time (s)</i>	3, 9,11	3-10		2
3	<i>Upset Pressure (MPa)</i>		3.5-4.5	50 kN/m <sup>2</sup>	90
4	<i>Upset Time (s)</i>		3-7		2
5	<i>Rotating Spindle (rpm)</i>			1500	1500
6	<i>Burn Off Length (mm)</i>			5,7,9,12	

Parameter yang digunakan oleh Fawaid dkk adalah sebagai berikut :

Tabel 4 parameter pengelasan gesek ( Fawaid dkk , 2011)

Parameter pengelasan	Besar/Satuan
<i>Friction pressure</i> (kg)	1,5 kg
<i>Forging pressure</i> (kg)	5 kg
<i>Friction time</i> (s)	30 dan 40 detik
<i>Forging time</i> (s)	20 detik

## HASIL DAN PEMBAHASAN

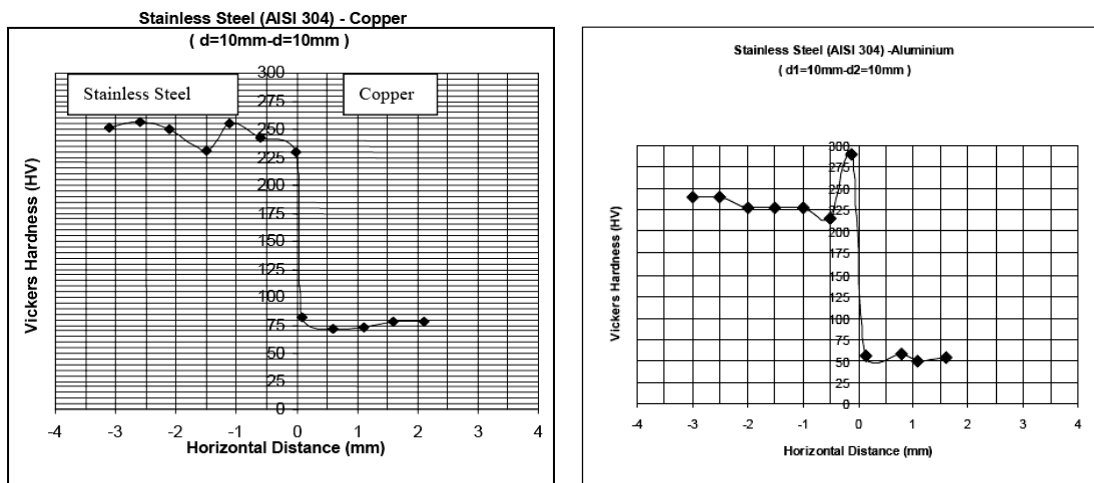
Kondisi pengelasan gesek AISI 304 dengan hasil optimum seperti dilakukan Sahin (Sahin, 2006) *friction pressure* (60 MPa), *friction time* (9s), *upset pressure* (110MPa), *upset time* (20s) dan *rotational speed* (1440rpm) dihasilkan *tensile strength* 795.8 MPa.

Hubungan antara *tensile strength* dengan *friction pressure* dengan *friction time* disampaikan (Sahin , 2004). *friction pressure* (60 MPa), *upset pressure* (110 MPa) dan *upset time* (20s) nilai *tensile strength* 825 MPa, sedangkan untuk *friction time* (9s), *upset pressure* ( 110 MPa) dan *upset time* (20s) *tensile strength* 825 MPa.

Sathiya melakukan eksperimen dengan variasi waktu gesek yang dihubungkan dengan nilai *tensile strength* , variasi waktu yang digunakan yaitu 3, 5 , 6, 7, 8, 9, dan 10 detik. Nilai *tensile strength* optimum yang didapatkan dari besarnya waktu gesek yaitu 3 detik dengan nilai *tensile strength* 596, 7 MPa.

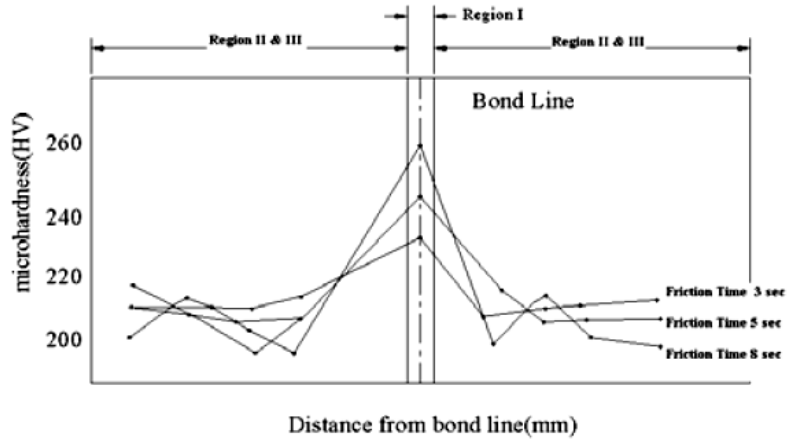
Pengujian AISI 304 dan AISI 202 yang dilakukan (Fawaid dkk. 2012) menunjukkan angka kekerasan sebesar 423 HV untuk *friction time* 30 detik dan 294 HV *friction time* 40 detik. Tingkat kekerasan pada HAZ sebesar 403 HV dan 368 HV untuk AISI 202. Sedangkan pada AISI 304 kekerasan HAZ sebesar 686 HV dan 567 HV.

Pengujian kekerasan AISI 304 nilai kekerasan AISI 304 menurut Sahin adalah seperti gambar berikut :



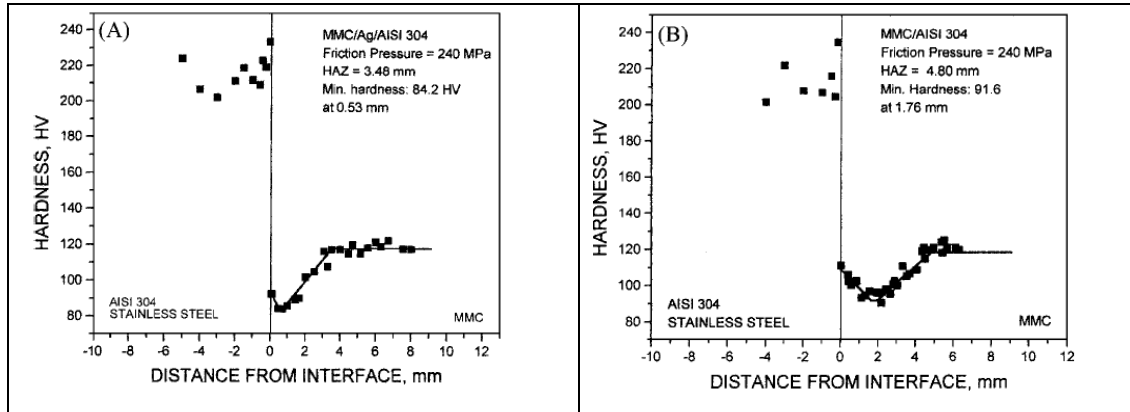
Gambar 1 pengujian kekerasan AISI 304- Copper dan AISI 304 – Aluminium (Sahin, 2010)

Nilai kekerasan AISI 304 pada daerah disekitar sambungan berkisar antara 225-250 HV, menurut sathiya nilai kekerasan AISI 304 pada daerah *bond line* sekitar 260 HV dan pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah 200- 250 HV.



Gambar 2 pengujian kekerasan AISI 304 (Sathiya dkk, 2004)

Penggunaan parameter pengelasan *friction pressure* paling kecil adalah Sathiya yaitu antara 15-25 Bar atau 1,5-2.5 MPa . Uji kekerasan yang dilakukan menghasilkan nilai kekerasan pada region I sebesar 260 HV untuk *friction time* 8 detik. Maldonado dalam exeperimen uji kekerasan juga menyatakan nilai uji kekerasan daerah sekitar HAZ 200 - 240 HV.



Gambar 2 pengujian kekerasan AISI 304 (Maldonado, 2007)

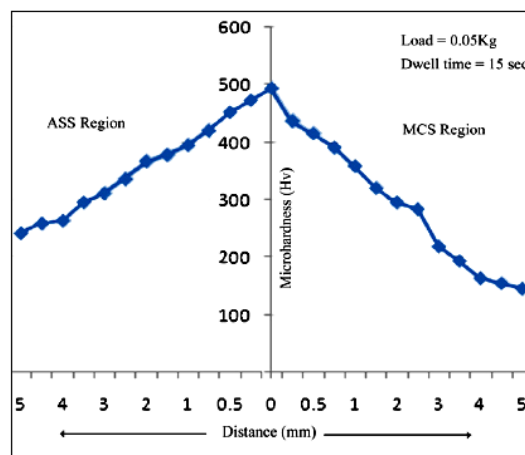


Fig. 4. Microhardness across the joint.

Gambar 3 pengujian kekerasan AISI 304 (Paventhian, 2011)

Pengujian kekerasan AISI 304 yang nilainya berbeda dibandingkan dengan nilai kekerasan pengujian peneliti lain adalah pengujian kekerasan Paventhian yaitu 500 HV dan minimal 220 HV

---

dengan parameter pengelasan *rotational speed* 1500 rpm, *friction pressure* 90 MPa, *forging pressure* 90 MPa, *friction time* 2 detik, *forging time* 2 detik.

## KESIMPULAN

Pengelasan gesek dapat digunakan untuk material yang sejenis maupun yang berbeda seperti *stainless steel* dengan baja karbon atau aluminium. Penentuan parameter pengelasan mengikuti parameter dasar pengelasan gesek yaitu *friction pressure*, *friction time*, *upset pressure* dan *upset time*. Pembagian zona pengelasan menjadi 3 bagian *fully plastic deformed zone (FPDZ)*, *partial deformed zone (PDZ)* dan *deformed zone (DZ)* bertujuan untuk memudahkan analisa hasil eksperimen. Biasanya para peneliti menggunakan daerah-daerah tersebut untuk melihat perubahan struktur mikro hasil pengelasan.

Nilai uji kekerasan dipengaruhi oleh parameter pengelasan gesek. Peneliti yang menggunakan parameter pengelasan (*friction pressure*) paling kecil adalah Sathiya. Nilai uji kekerasan pada posisi *bond line* paling besar sebesar 500 HV adalah hasil penelitian paventhan dengan *friction pressure* sebesar 90 MPa. Komposisi kimia material AISI 304 Paventhan menyebutkan prosentase unsure Cr adalah 14% lebih rendah dibandingkan yang lain berkisar 17-18%. Pembagian zona pengelasan berguna untuk memudahkan untuk mengetahui perubahan-perubahan struktur mikro hasil lasan.

## DAFTAR PUSTAKA

- C. Maldonado, (2002), *Softened zone formation and joint strength properties in dissimilar friction welds*, Journal Of Materials Science 37 (2002) 2087 – 2095
- Fawaid M, Jamari, Rifky (2012), *Pengujian kekerasan sambungan AISI 202- AISI 304 friction welding*, Prosiding Seminar Universitas Muhammadiyah Purwokerto
- Iron and Steel Society, (1999), *Steel Products Manual Stainless Steel*
- J.W Martin , (2006), *Materials for engineering* , 3<sup>rd</sup> ,Woodhead Publishing Limited, Cambridge England
- Mumin Sahin, (2010), *Friction Welding Of Different Materials*, International Scientific Conference
- Mumin Sahin, (2006), *Evaluation of the joint-interface properties of austenitic-stainless steels (AISI 304) joined by friction welding*, Materials and Design 28 (2007) 2244–2250
- Mumin, (2009), *Characterization of properties in plastically deformed austenitic-stainless steels joined by friction welding* , Materials and Design 30 (2009) 135–144
- N. Ozdemir, (2005), *Investigation of the mechanical properties of friction-welded joints between AISI 304L and AISI 4340 steel as a function rotational speed*, Materials Letters 59 (2005) 2504 – 2509
- N.Arivazhagan , Surendra Singh Satya Prakash , G.M. Reddy ,(2011), *Investigation on AISI 304 austenitic stainless steel to AISI 4140 low alloy steel dissimilar joints by gas tungsten arc, electron beam and friction welding*, Materials and Design 32 (2011) 3036–3050
- P. Sathiya, S. Aravindan and A. Noorul Haq, (2004), *Friction Welding Of Austenitic Stainless Steel and Optimization Of Weld Quality*, International Symposium of Research Students on Materials Science and Engineering
- Paventhan, (2011), *Fatigue behaviour of friction welded medium carbon steel and austenitic stainless steel dissimilar joints*, Materials and Design 32 (2011) 1888–1894
- Wirjosumarto, Harsono (2000), *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta