

ANALISIS KEKUATAN SAMBUNGAN LAS GESEK ROTARY MATERIAL BRONZE DENGAN STAINLESS STEEL BERDASARKAN STANDARD ASME

Ir. Nafsan Upara, MM. MT.¹⁾, Army Meindra²⁾

¹⁾Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila,

Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640, Indonesia

²⁾Grup Riset Laboratorium Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pancasila,

Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640, Indonesia

³⁾Pusat Studi Perpustakaan Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pancasila,

Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640, Indonesia

Email: uparanafsan@gmail.com, armymeindra92@gmail.com

ABSTRAK

Penyambungan berbeda material sulit untuk dilakukan dan harus menggunakan logam pengisi. Pengelasan dengan metode las gesek menjadi alternatif untuk penyambungan berbeda material dengan dimensi silinder. Parameter yang mempengaruhi kekuatan sambungan ialah luas penampang benda uji, kecepatan rotasi, waktu gesek, dan gaya tekan yang diberikan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekerasan, kekuatan tarik, dan kekuatan tekuk pada sambungan las, serta untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi pada material perunggu dengan stainless steel tipe 304 yang terjadi akibat gesekan pada proses pengelasan gesek rotary dengan menggunakan parameter kecepatan rotasi 1800 rpm, diameter 10 mm, waktu gesekan bervariasi antara 20 sampai dengan 60 (detik). Hasil pengujian kekerasan metode rockwell menunjukkan dengan waktu gesek 27 detik mendapatkan nilai kekerasan maksimal yaitu 60.5 HRb, hasil pengujian kekuatan tarik dengan waktu gesek 53 detik mendapatkan nilai beban tarik maksimal yaitu 3677.49 N dan memiliki nilai tegangan tarik maksimum yaitu 46.8471 MPa, hasil pengujian lengkung dengan waktu gesek 27 detik mendapatkan nilai beban tekan maksimal yaitu 200 kgf, serta hasil pengujian mikro struktur terjadi penggetasan pada daerah sambungan las.

Kata Kunci: Kekuatan sambungan, las gesek rotary, logam beda jenis

1. Pendahuluan

A. Latar Belakang

Belakangan ini teknologi pengelasan gesek berkembang dengan pesat di bidang konstruksi, manufaktur komponen kendaraan, hingga manufaktur komponen elektrik. Hal ini disebabkan pada proses pengelasan logam konvensional adanya keterbatasan teknik pengelasan dan untuk bahan yang ukuran kecil baik bentuk maupun dimensi/ ketebalan material dibutuhkan kehandalan khusus dari juru las, selain itu kebanyakan pengelasan konvensional membutuhkan bahan pengisi (*filler metal*). Sedangkan pada metode las gesek teknik pengelasannya lebih sederhana dibandingkan pengelasan konvensional.

Penelitian mengenai teknik pengelasan pada bahan logam sejenis sudah banyak dilakukan, sedangkan untuk logam berbeda jenis masih perlu dikembangkan agar dapat tersambung dengan baik. Metode las gesek (*friction welding methode*) adalah salah satu metode penyambungan dua buah material logam baik yang sejenis maupun yang berbeda jenis.



Gambar 1. Sambungan material *dissimilar*

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka peneliti merumuskan permasalahan pada penelitian ini yaitu bagaimana kekuatan sambungan las gesek rotari untuk menyambung dua buah material yang berbeda jenis yaitu material *bronze* dengan material *stainless steel* yang mengacu pada standar ASME *Section IX Edition 2015* (____,2015).

C. Batasan Masalah

Penelitian ini hanya difokuskan pada:

- 1) Proses pengelasan gesek rotari (*friction rotary welding*)
- 2) Material yang akan disambung adalah material *bronze* dengan material *stainless steel 304*
- 3) Parameter tekanan pada saat proses penyambungan diabaikan
- 4) Pengujian sambungan las yang akan dilakukan adalah uji kekerasan metode *rockwell*, uji tarik (*tensile test*), uji lengkung (*bending test*), dan uji *microstructure*
- 5) Standar yang diajukan untuk parameter las dan uji kekuatan adalah ASME *Section IX Edition 2015*

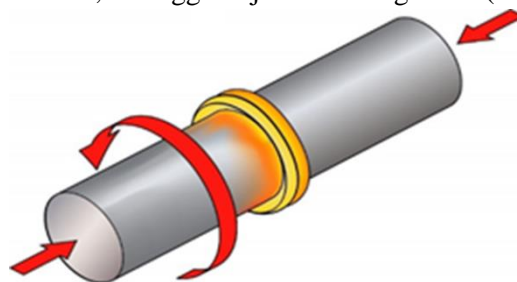
D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Menganalisis kekerasan terhadap sambungan las gesek pada material *bronze* dan material *stainless steel* dengan menggunakan metode *hardness rockwell test*
- 2) Menganalisis kekuatan tarik (*tensile strength*) terhadap sambungan las gesek pada material *bronze* dengan material *stainless steel*
- 3) Menganalisis kekuatan lengkung (*bending test*) terhadap sambungan las gesek pada material *bronze* dengan material *stainless steel*
- 4) Menganalisis perubahan struktur mikro pada permukaan material *bronze* dan *stainless steel* yang terjadi akibat pengelasan gesek

E. Friction Rotary Welding (FRW)

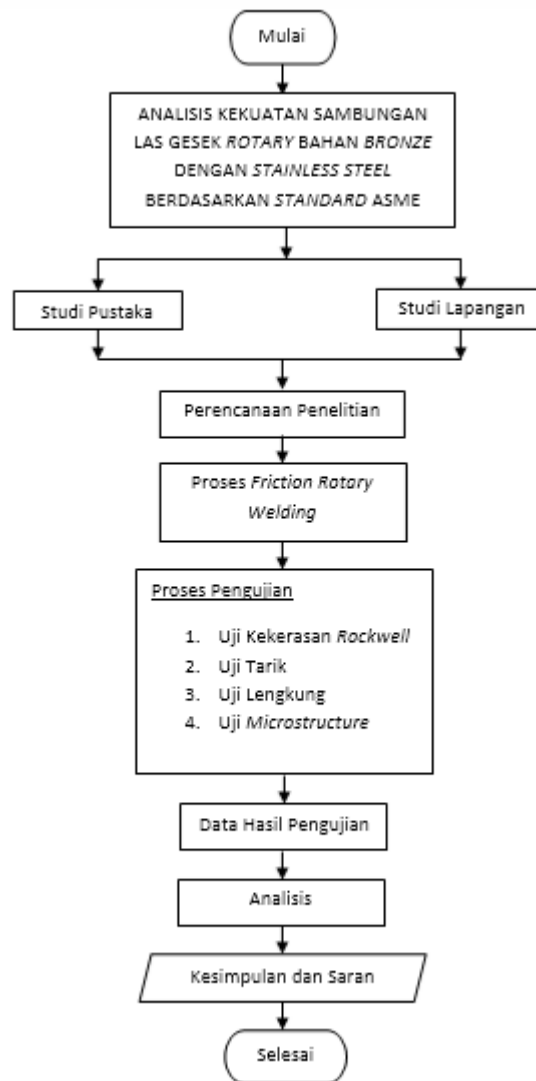
Suatu metode pengelasan yang dilakukan untuk memperoleh hasil lasan dengan cara melakukan penggesekan pada ujung dua bahan yang akan disambung. Pada *friction rotary welding*, penyambungan terjadi oleh adanya panas yang ditimbulkan oleh gesekan akibat perputaran satu dengan yang lain antara logam induk di bawah pengaruh gaya aksial. Kemudian salah satu diputar sehingga pada permukaan kontak akan timbul panas, bahkan mendekati titik didih logamnya, sehingga permukaan logam didaerah tersebut menjadi plastis. Dalam kondisi panas tersebut, pergerakan/ pergesekan relatif antar kedua logam dihentikan, kemudian diaplikasikan gaya tekan arah aksial, sehingga terjadi sambungan las (Satoto dan Ibnu, 2002).



Gambar 2. Skema *Friction Rotary Welding*

2. Metodologi Penelitian

A. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir

B. Perencanaan Penelitian

Proses pengelasan las gesek dengan metode *friction rotary welding* dilakukan di Balai Latihan Kerja, Cijantung, Jakarta Timur. Sedangkan proses pengujian kekuatan sambungan las dan material dilakukan di Laboratorium, Fakultas Teknik, Jurusan Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta. Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2019.

C. Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini proses pengelasan gesek *rotary* dilakukan di mesin bubut konvensional dengan parameter mesin yang telah ditentukan

Tabel 1. Parameter Pengelasan Gesek

Uji Ke-	Spesimen			Putaran Spindel (rpm)
	Nama	Diameter (mm)	Panjang (mm)	
1	B1	10	120	1800
2	B2	10	120	1800
3	T1	10	120	1800
4	T2	10	120	1800
5	T3	10	120	1800
6	B3	10	120	1800

D. Hasil Pengujian

Dari proses pengujian yang dilakukan didapatkan nilai kekerasan, beban maksimum tarik, beban maksimum lengkung, dan perubahan struktur mikro yang terjadi akibat pengelasan gesek

E. Analisis Pengujian

Penganalisaan dari hasil pengelasan gesek *rotary* dan pengujian kekuatan sambungan las dan material berdasarkan data-data yang didapatkan

F. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pengujian, penelitian, dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan dan disarankan tentang pengelasan gesek *rotary* material (*bronze*) dengan material *stainless steel* 304 (*dissimilar*)

3. Hasil dan Pembahasan

A. Pengumpulan Data

1) Proses Pembuatan Spesimen

Sebelum dilakukan pengelasan gesek, dilakukan proses pembuatan spesimen terlebih dahulu untuk memudahkan proses pengelasan gesek dan pengujian kekuatan sambungan las dan material



Gambar 4. Pembuatan Spesimen

2) Spesifikasi Bahan Spesimen

Bahan/ material yang digunakan untuk spesimen adalah *bronze* disambung dengan *stainless steel* 304.

Tabel 2. Sifat mekanik dan komposisi kimia spesimen

Bronze				Stainless Steel 304			
Chemical Analysis		Mechanical Properties		Chemical Analysis		Mechanical Properties	
%C	-	Tensile Strength (MPa)	490,33	%C	0,014	Tensile Strength (MPa)	700
%Mn	2,0			%Mn	1,54		
%Si	-			%Si	0,34		
%S	-	Yield Strength (MPa)		%S	0,02	Yield Strength (MPa)	606
%P	-			%P	0,036		
%Cr	-			%Cr	18,15		
%Ni	2,0	Hardness Brinell		%Ni	8,02	Hardness Brinell	208
%Cu	83,0			%Cu	0,58		
%Mo	-	Hardness Rockwell	35,0	%Mo	0,29	Hardness Rockwell	53,9
%Co	-			%Co	0,15		
%N2	-	Elongation (%)	10,0	%N2	0,085	El (%)	42,0
%Fe	3,0			%Fe	70,78		
%Al	10,0			%Al	-		

3) Proses Pengelasan Gesek

Proses pengelasan dilakukan di mesin bubut konvensional dengan variabel tetap yaitu putaran (rpm) *spindle* dan variabel bebas yaitu waktu gesekan. Adapun sebagai berikut langkah-langkah yang dilakukan:

➤ Step 1: Material *stainless steel* dipasang pada *chuck* dan menjadi bagian yang berputar, sedangkan material *bronze* dipasang di sisi lain dan menjadi bagian yang diam. Kemudian bagian *stainless steel* diputar dengan kecepatan putaran yang telah ditentukan.

➤ Step 2: *Spindel* diputar dengan kecepatan 1800 rpm, kemudian bagian yang diam ditekan ke bagian yang berputar hingga mencapai titik lebur, setelah mencapai waktu yang ditentukan mesin dimatikan.

4) Hasil Pengelasan Gesek

Hasil proses pengelasan gesek pada material *bronze* dengan *stainless steel* 304 diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 3. Temperatur yang dihasilkan

Uji Ke-	Spesimen			Putaran Spindel (rpm)	Waktu Gesekan (detik)	Temperatur Maksimum (°C)
	Nama	Diameter (mm)	Panjang (mm)			
1	B1	10	120	1800	25	78,0
2	B2	10	120	1800	27	89,0
3	T1	10	120	1800	40	95,0
4	T2	10	120	1800	53	96,0
5	T3	10	120	1800	32	91,5
6	B3	10	120	1800	22	77,0

Pada material *stainless steel* 304 hanya terjadi perubahan warna pada daerah HAZ akibat panas gesekan. Hal ini terjadi karena titik lebur material *stainless steel* lebih tinggi dibandingkan material *bronze*.



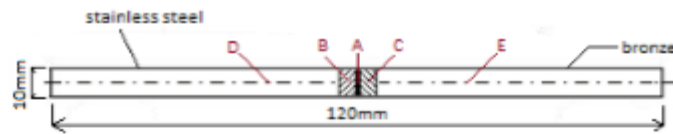
Gambar 5. Hasil Pengelasan Gesek

B. Pengolahan Data

1) Pengujian Kekerasan Metode *Rockwell*

Pada pengujian kekerasan *rockwell*, spesimen dibuat berdasarkan standar ASME untuk kemudian dilakukan pengelasan gesek.

Tabel 4. Hasil uji *rockwell* di Lab

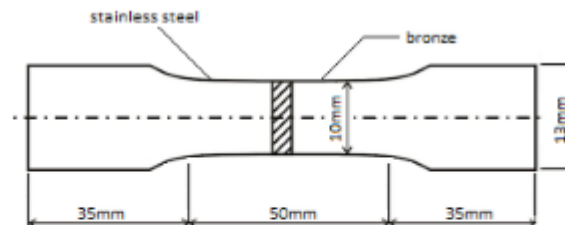


Spesimen	Lokasi Uji	Keterangan	Nilai Kekerasan (HRb)
B1	D	Logam Induk <i>Stainless Steel</i>	43,0
	B	Daerah HAZ <i>Stainless Steel</i>	46,0
	A	Daerah Inti/ Pengelasan	55,0
	C	Daerah HAZ <i>Bronze</i>	35,3
	E	Logam Induk <i>Bronze</i>	37,9
B2	D	Logam Induk <i>Stainless Steel</i>	41,0
	B	Daerah HAZ <i>Stainless Steel</i>	56,0
	A	Daerah Inti/ Pengelasan	60,5
	C	Daerah HAZ <i>Bronze</i>	25,0
	E	Logam Induk <i>Bronze</i>	33,5
B3	D	Logam Induk <i>Stainless Steel</i>	42,0
	B	Daerah HAZ <i>Stainless Steel</i>	51,0
	A	Daerah Inti/ Pengelasan	44,0
	C	Daerah HAZ <i>Bronze</i>	32,4
	E	Logam Induk <i>Bronze</i>	32,7

2) Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik, spesimen dibuat berdasarkan standar ASME *Section VIII* untuk kemudian dilakukan pengelasan gesek.

Tabel 5. Hasil uji tarik di Lab

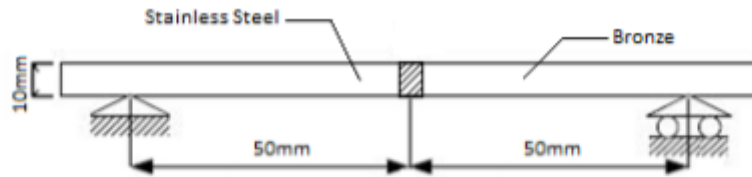


Spesimen	Diameter (mm)	Panjang (mm)	Putaran Spindel (rpm)	Waktu Gesekan (detik)	Beban Tarik Maksimum (kgf)
T1	10	120	1800	40	190
T2	10	120	1800	53	375
T3	10	120	1800	32	175

3) Pengujian Lengkung

Pada pengujian lengkung, spesimen dibuat berdasarkan standar ASME untuk kemudian dilakukan pengelasan gesek.

Tabel 6. Hasil uji lengkung di Lab



Spesimen	Diameter (mm)	Panjang (mm)	Putaran Spindel (rpm)	Waktu Gesekan (detik)	Beban Tekan Maksimum (kgf)
B1	10	120	1800	25	187
B2	10	120	1800	27	200
B3	10	120	1800	22	175

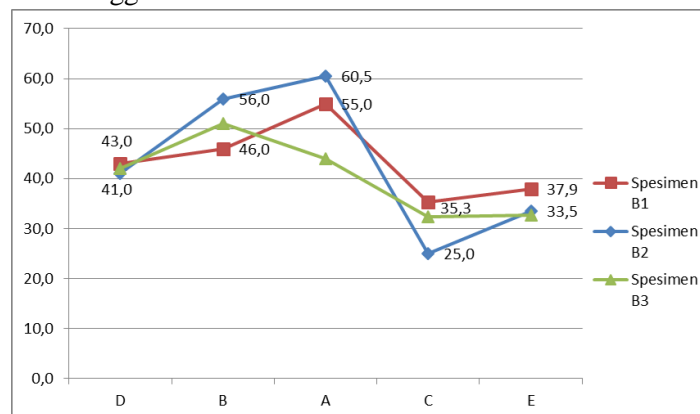
4) Pengujian Struktur Mikro

Pada pengujian struktur mikro, pada daerah pengelasan dan daerah bahan awal kemudian dilihat butir-butir atomnya dan dibandingkan.

C. Analisis

1) Hasil Uji Kekerasan Rockwell

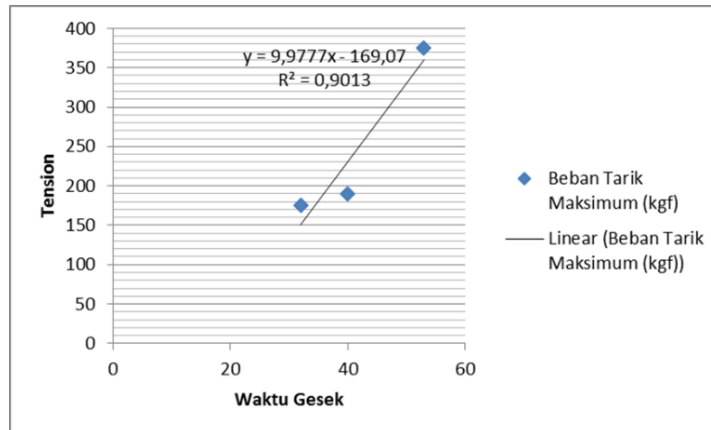
Dari data pada tabel 3. hasil uji kekerasan *rockwell*, diperoleh nilai kekerasan pada setiap daerah yang telah ditentukan. Nilai kekerasan pada titik sambungan las tertinggi HRb = 60,5 dan nilai kekerasan terendah pada titik sambungan las terendah HRb = 55,0 perbedaan kekerasan dikarenakan karena perbedaan waktu gesek pada saat proses pengelasan gesek. Dari data pada tabel 4.3 untuk bahan induk *bronze* nilai rata-rata HRb *bronze* = $\frac{(37,9 + 33,5 + 32,7)}{3} = 34,7$, nilai ini mendekati nilai kekerasan HRb *bronze* yaitu sebesar HRb = 35. Untuk bahan induk *stainless steel* 304 nilai rata-rata HRb *stainless steel* = $\frac{(43 + 41 + 42)}{3} = 42$, nilai ini dibawah nilai kekerasan HRb *stainless steel* 304 yaitu sebesar HRb = 53,9, nilai kekerasan logam induk *stainless steel* 304 berkurang dikarenakan pengaruh panas yang besar di daerah HAZ yang tinggi sehingga kekerasan tinggi.



Gambar 6. Grafik pengaruh panas gesekan terhadap kekerasan material

2) Hasil Uji Tarik

Dari data pada tabel 4. diperoleh putus pada sambungan las dengan nilai kekuatan tarik terkecil = 175 kgf dan beban tarik terbesar = 375 kgf.



Gambar 7. Grafik pengaruh waktu gesek terhadap beban tarik maksimum

❖ Menghitung kekuatan tarik

Ø benda uji = 10 mm

$L_0 = 120$ mm

$\Delta L = 120$ mm

$$A = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot (5)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$F(T1) = 190 \text{ kgf} = 1863,26 \text{ N}$$

$$F(T2) = 375 \text{ kgf} = 3677,49 \text{ N}$$

$$F(T3) = 175 \text{ kgf} = 1716,16 \text{ N}$$

✚ Kekuatan tarik maksimum (σ_u)

➤ Tegangan tarik maksimum spesimen T1

$$\sigma_u = \frac{1863,26 \text{ N}}{78,5 \text{ mm}^2} = 23,7358 \text{ MPa}$$

➤ Tegangan tarik maksimum spesimen T2

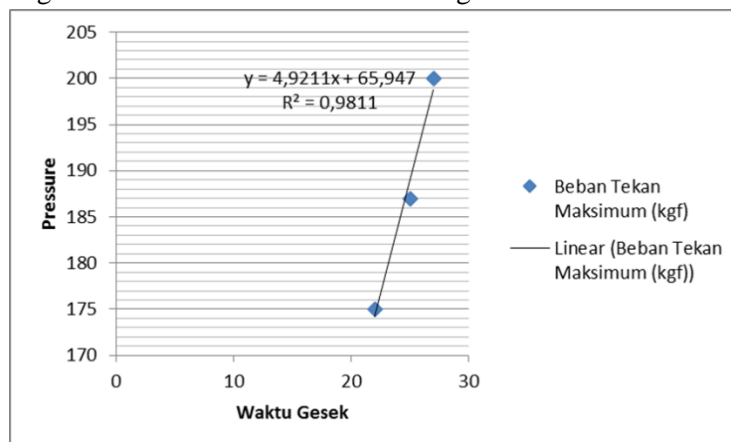
$$\sigma_u = \frac{3677,49 \text{ N}}{78,5 \text{ mm}^2} = 46,8471 \text{ MPa}$$

➤ Tegangan tarik maksimum spesimen T3

$$\sigma_u = \frac{1716,16 \text{ N}}{78,5 \text{ mm}^2} = 21,8619 \text{ Mpa}$$

3) Hasil Uji Lengkung

Dari data pada tabel 4.5 diperoleh benda uji patah pada sambungan las dengan nilai beban tekan terkecil = 175 kgf dan beban tekan terbesar = 205 kgf

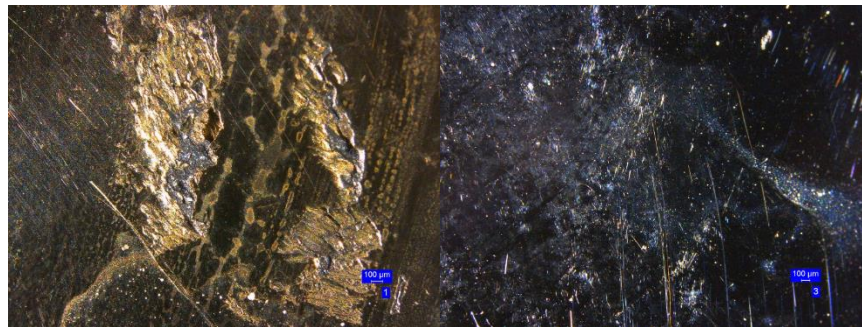


Gambar 8. Grafik pengaruh waktu gesek terhadap beban tekan maksimum

Dari hasil uji beban tekan (*bending*) terlihat bahwa terjadi putus pada bagian sambungan akibat beban tekan, ini menunjukkan pada daerah sambungan terjadi getas (*brittle*).

4) Hasil Uji Struktur Mikro

Dari hasil pengujian mikro struktur pada material *bronze* dengan material *stainless steel* 304



Gambar 9. Struktur mikro pada penampang material akibat pengelasan gesek

Dari hasil uji struktur mikro untuk bahan *bronze* dan bahan *stainless steel* 304 terlihat butir austenitik sifatnya keras, sehingga pada daerah sambungan las sifatnya getas.

4. Kesimpulan

Setelah mengkaji hasil penelitian yang meliputi proses penyambungan material perunggu (*bronze*) dengan material *stainless steel* 304 (*dissimilar*) menggunakan metode *friction welding rotary* serta pengujian pada sambungan las berdasarkan standar ASME, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil dari pengujian kekerasan metode *rockwell* pada proses *friction rotary welding* material *bronze* dan material *stainless steel* 304 dengan waktu gesek 27 detik mendapatkan nilai kekerasan maksimal yaitu 60,5, pada daerah HAZ material *bronze* nilai kekerasannya yaitu 25,0 menurun dari nilai kekerasan material induknya yaitu 33,5, sebaliknya pada daerah HAZ material *stainless steel* 304 nilai kekerasannya yaitu 56,0 meningkat dari nilai kekerasan material induknya yaitu 41,0
- 2) Hasil dari pengujian tarik pada proses *friction rotary welding* material *bronze* dan material *stainless steel* 304 dengan waktu gesek 53 detik mendapatkan nilai beban tarik maksimal yaitu 3677,49 N dan memiliki nilai tegangan tarik maksimum yaitu 46,8471 MPa
- 3) Hasil dari pengujian lengkung pada proses *friction rotary welding* material *bronze* dan material *stainless steel* 304 dengan waktu gesek 27 detik mendapatkan nilai beban tekan maksimal yaitu 200 kgf
- 4) Pada hasil pengujian mikro struktur terdapat butiran *austenite* pada sambungan pengelasan sehingga sifatnya getas. Pada *base* material *stainless steel* 304 dan perunggu (*bronze*) struktur material adalah *ferrit* yang sifatnya lunak

Daftar Pustaka

- _____, Qualification Standard For Welding, Brazing, And Fusing Procedures; Welders; Brazers; And Welding, Brazing, And Fusing Operators, *American Society of Mechanical Engineers (ASME) Section IX*.(2015)
- Satoto, Ibnu.(2002).Kekuatan Tarik, Struktur Mikro, Dan Struktur Makro Lasan *Stainless Steel* dengan Las Gesek (*Friction Welding*), Univ. Muhammadiyah, Yogyakarta.
- Annual Book of ASTM Standard, Standard Test Method for Determining Bending Yield Moment of Nails*. West Conshohocken. (2003)
- Callister, W.D.(2004).Material Science and Engineering An Introduction, 6th Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Davis, H.E., Troxell, G.E., Wiskocil, C.T.(1955).*The Testing and Inspection of Engineering Materials, McGraw-Hill Book Company, New York, USA*.
- Efendi, Zainal.(2010).Jurnal Kekerasan Material dengan Metode *Rockwell*. Fakultas Sains dan Teknologi UA, Surabaya.
- Sushant S.S dan S.G. Bhatwadekar.(2015).*A Literature Review of Research on Rotary Friction Welding*, International Journal Of Innovative Technology And Research Volume No.4, Issue No.1, 2601 ~ 2604.