

ANALISA PENGARUH WAKTU GESEK TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PADA SAMBUNGAN LOGAM PIPA KUNINGAN 5/8” DENGAN METODE PENGELASAN GESEK (*ROTARY FRICTION WELDING*)

Kolbi

*Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik,
Yogyakarta 55183, Indonesia*

Kolbi.7667@gmail.com

Abstrak

Teknik penyambungan material sangat banyak digunakan dalam dunia industri, salah satu teknik yang banyak digunakan adalah teknik penyambungan material logam dengan menggunakan teknik pengelasan. Dimana teknik pengelasan diyakini memiliki lebih banyak kelebihan dibandingkan dengan teknik penyambungan yang lain. Dan teknik pengelasan dengan teknik las gesek (*friction welding*) sangat efektif untuk penyambungan logam, baik untuk jenis logam yang sama maupun logam yang berbeda jenis.

Pada penelitian ini menggunakan mesin bubut sebagai alat utama yang sudah dimodifikasi dengan alat las gesek. Untuk parameter penelitian menggunakan spesimen logam pipa kuningan dengan diameter 5/8 inch. Perbandingan waktu 65, 90, 100, 130 dan 150 detik dan Tekanan tempa 46,845 MPa dengan menggunakan kecepatan putar mesin bubut 2000 Rpm. Dengan parameter di atas untuk mendapatkan hasil sambungan yang paling baik melakukan pengujian struktur mikro dan kekerasan terhadap logam hasil lasan.

Hasil dari penelitian pada pengamatan struktur mikro menunjukkan semakin lama waktu pengelasan maka struktur mikro semakin kecil dan menyatu. Sedangkan hasil dari pengujian kekerasan menunjukkan tingkat kekerasan tertinggi terjadi pada waktu gesek paling rendah yaitu waktu gesek 65 detik memiliki tingkat kekerasan 49 VHN. Semakin lama waktu pengelasan maka semakin menurun tingkat kekerasan dari logam kuningan yaitu pada waktu pengelasan 150 detik tingkat kekerasannya 33 VHN.

Kata kunci : *Friction welding, kuningan, struktur mikro, kekerasan*

1. Latar Belakang

Teknik pengelasan atau penyambungan material logam sangat banyak digunakan. Baik untuk logam sejenis maupun logam berbeda jenis, mulai logam bentuk padat (pejal) maupun logam pipa (*tube*), dimana semua jenis logam tersebut banyak digunakan di dunia perindustrian. Penyambungan dengan teknik pengelasan memiliki kerapatan dan kekuatan yang lebih baik. Efisiensi sambungan yang baik dapat digunakan pada temperatur tinggi dan tidak ada batas ketebalan logam induk. Geometri

sambungan yang lebih sederhana dengan kekedapan udara, air dan minyak yang sempurna. Fasilitas produksi lebih murah, meningkatkan nilai ekonomis, produktivitas, berat yang lebih ringan dan batas mulur (*yield*) yang lebih baik.

Las gesek (*friction welding*) adalah salah satu cara yang baik untuk mengatasi kekurangan dari teknik pengelasan fusi tersebut. Pengelasan gesek merupakan salah satu metode penyambungan material yang memanfaatkan panas yang timbul dari gesekan antara permukaan dua material.

Penyambungan material secara metalurgi terjadi karena adanya panas yang timbul dari gesekan antara material yang diputar dengan material yang diam kemudian ditekan dengan gaya tekanan tertentu. Penyambungan akan terjadi sebelum titik cair kedua material telah tercapai, sehingga tidak dibutuhkan pencairan material yang terlalu banyak untuk penyambungannya.

Pada penelitian ini digunakan bahan tahan korosi yaitu kuningan dengan titik leleh 900°C. Cara atau pemilihan pengelasan yang salah akan berpengaruh pada penurunan kualitas barang produksi seperti kekuatan konstruksi, kekuatan sambungan las, ketangguhan las, dan juga kerapiannya. Maka dari itu perlu adanya penelitian untuk mengetahui metode dan cara pengelasan yang tepat pada bahan kuningan (Wiryosumarto, H dan Okumura, T, 2000).

1. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

2.1. Tinjauan Pustaka

Sanyoto, B. dkk (2012) Dengan menggunakan pipa logam baja karbon. Semakin lama waktu gesek temperatur yang terjadi semakin meningkat. Namun semakin meningkat temperatur mengakibatkan nilai *upset* semakin besar dan semakin pendek sampel ujinya. Penelitian proses penyambungan las gesek dengan proses operasional putaran poros utama 4125 rpm dengan tekanan gesek 15 kg/cm² dan tekanan tempa 70 kg/cm² dapat disimpulkan bahwa waktu gesek yang direkomendasikan adalah 35 detik. Metode las gesek dapat diterapkan untuk proses penyambungan pipa baja karbon rendah. Struktur mikro pada sambungan tidak banyak mengalami perubahan struktur mikro, yang berarti tidak banyak perubahan sifat mekanik.

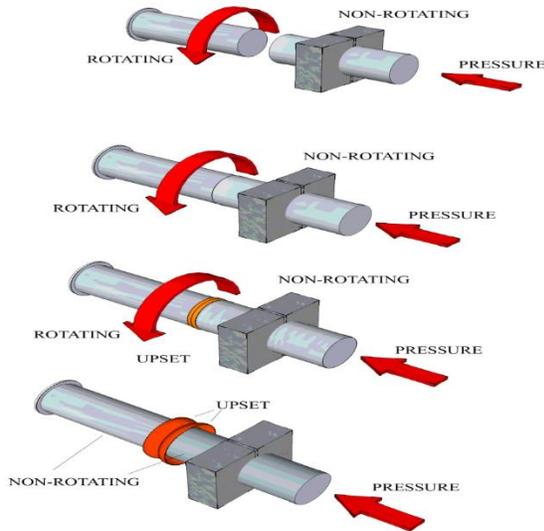
Dari *study* penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa durasi waktu gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa yang semakin meningkat maka dapat meningkatkan kekuatan mekanisnya.

Parameter-parameter tersebut merupakan hal terpenting yang biasa digunakan oleh para peneliti tentang las gesek.

2.2. Dasar Teori

Secara sederhana pengelasan diartikan suatu proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Sedangkan menurut *Deutsche Industry Normen* (DIN), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang terjadi dalam keadaan lumer atau cair, dengan kata lain pengelasan adalah penyambungan setempat dari dua logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses manufaktur. Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Wiryosumarto, H dan Okumura, H 2000).

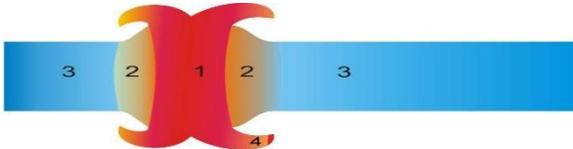
Pengelasan gesek yaitu suatu metode yang memanfaatkan panas yang dihasilkan dari gesekan antara permukaan kedua ujung benda kerja. Penyambungan terjadi oleh panas gesek akibat perputaran logam satu terhadap lainnya dibawah pengaruh tekanan aksial. Kedua permukaan yang bersinggungan menjadi panas mendekati titik cair dan bahan yang berdekatan dengan permukaan menjadi plastis



Gambar 2.1. Proses rotary Friction welding

2.3. Daerah pengelasan

Daerah pengelasan adalah daerah yang terkena pengaruh panas pada saat pengelasan, pengaruh panas tersebut menyebabkan perubahan struktur mikro sifat mekanik dan ada yang tidak merubah struktur mikro dan sifat mekanik.



Gambar 2.2. Daerah pengelasan

1. Daerah inti atau yang berwarna merah adalah daerah utama pengelasan yang mengalami pembekuan. Struktur mikro di logam las dicirikan dengan adanya struktur berbutir panjang (columnar grains).
2. *Heat Affected Zone* (HAZ) adalah daerah yang mengalami perubahan struktur mikro dan sifat-sifat mekanismenya akibat pengaruh dari panas yang dihasilkan pada daerah inti. Daerah HAZ merupakan daerah paling kritis dari sambungan las, karena selain berubah strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah tersebut.
3. Logam Induk adalah daerah dimana panas dan suhu pengelasan tidak

menyebabkan perubahan struktur mikro dan sifat mekanik.

4. *Flash* adalah lelehan yang keluar dari pusat bidang gesekan dan tempaan.

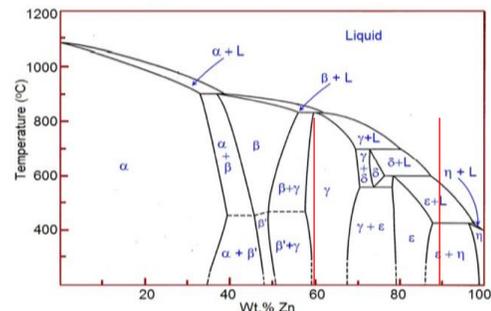
2.4. Kuningan

Kuningan adalah paduan logam tembaga dan logam seng dengan kadar tembaga antara 60-96% massa. Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng. Seng lebih banyak mempengaruhi warna kuningan tersebut. Komponen utama dari kuningan adalah Tembaga sehingga kuningan biasanya diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Kuningan sangat mudah untuk di bentuk ke dalam berbagai bentuk, sebuah konduktor panas yang baik, dan umumnya tahan terhadap korosi dari air garam.

Karena sifat-sifat tersebut, kuningan kebanyakan digunakan untuk membuat pipa, asesoris plambing alat plambing, tabung, sekrup, radiator, alat musik, aplikasi kapal laut, dan casing cartridge untuk senjata api. Kuningan lebih kuat dan lebih keras daripada tembaga. Dalam perdagangan dikenal 3 jenis kuningan, yaitu:

- Kawat kuningan (*brass wire*) kadar tembaga antara 62-95%
- Pipa kuningan (*seamless brass tube*) kadar tembaga antara 60-90% (Sumber: Dep.PU, 1985)
- Plat kuningan (*brass sheet*) kadar tembaga antara 60-90%

2.5. Diagram Biner Cu-Zn (kuningan)

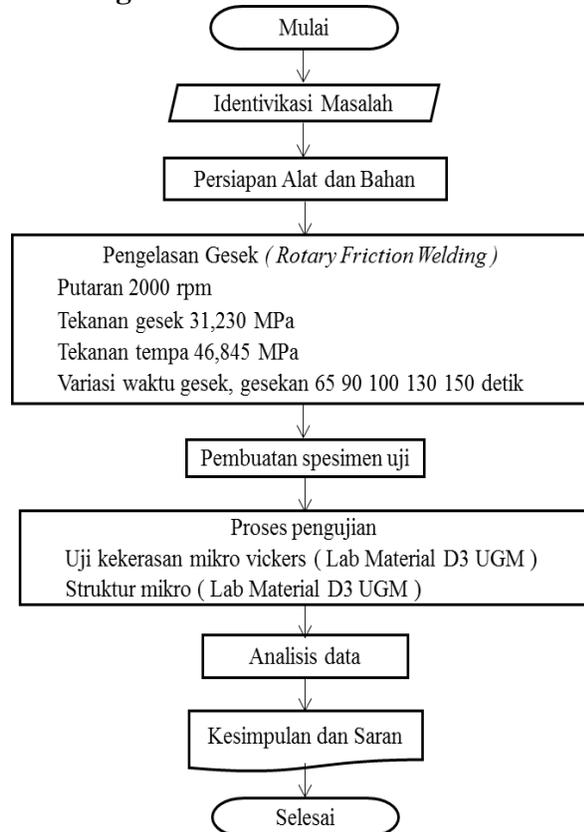


Gambar 2.3. Diagram Biner Cu-Zn

Pada penelitian ini logam kuning yang digunakan adalah pipa kuning (*seamless brass tube*) yang memiliki kadar tembaga 60-90%. Menurut diagram fasa Biner diatas pipa kuning berada pada fasa γ , seperti yang telah diberi tanda garis merah pada diagram di atas.

3. Metode Penelitian

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.2. Alat Penelitian

- a. Alat utama
 1. Mesin Bubut
 2. Alat pengecam Statis
 3. Alat uji Tarik
 4. Alat Uji Metallografi
- b. Alat pendukung
 1. Pahat Bubut
 2. Cak Bubut
 3. Kunci Rumah Pahat
 4. Kunci Pas, Kunci L
 5. Jangka Sorong
 6. Tang

7. Gergaji
 8. Penggaris
 9. Tanggem
 10. Palu
 11. Amplas
- c. Bahan Penelitian
Kuningan dengan diameter 5/8 inch

3.3. Pengujian

1. Pengujian Struktur Mikro



Gambar 3.2. Alat uji struktur mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium material D3 Universitas Gajah Mada. Alat uji struktur mikro merek Olympus dengan tipe PME3 digunakan untuk menguji struktur yang ada pada suatu material. Alat ini dapat melihat struktur mikro dengan pembesaran 50 x hingga 2500 x pembesaran.

2. Pengujian Kekerasan mikro vicker

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium material D3 Universitas Gajah Mada.



Gambar 3.3. Alat mikro Vickers

Alat uji kekerasan mikro Vickers merek Shimadzu dengan tipe HMV-M3 digunakan

untuk menguji kekerasan mikro vickers suatu material. Alat ini dapat mengukur kekerasan bahan mulai dari yang sangat lunak (5 HV) sampai yang amat keras (1500 HV).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengelasan

1. Hasil pengelasan dengan waktu 65 detik



Gambar 4.1. Hasil las dengan waktu 65 detik

2. Hasil pengelasan dengan waktu 90 detik



Gambar 4.2. Hasil las dengan waktu 90 detik

3. Hasil pengelasan dengan waktu 100 detik



Gambar 4.3. Hasil las dengan waktu 100 detik

4. Hasil pengelasan dengan waktu 130 detik



Gambar 4.4. Hasil las dengan waktu 130 detik

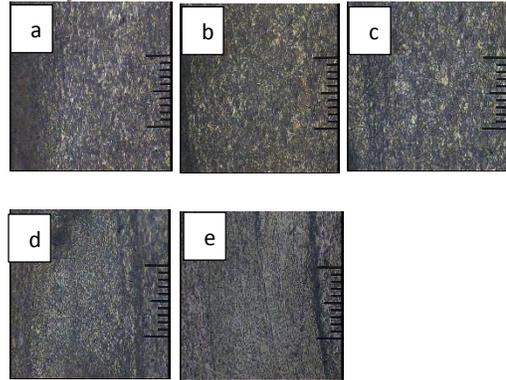
5. Hasil pengelasan dengan waktu 150 detik



Gambar 4.5. Hasil las dengan waktu 150 detik

4.2. Hasil Pengamatan Foto Struktur Mikro

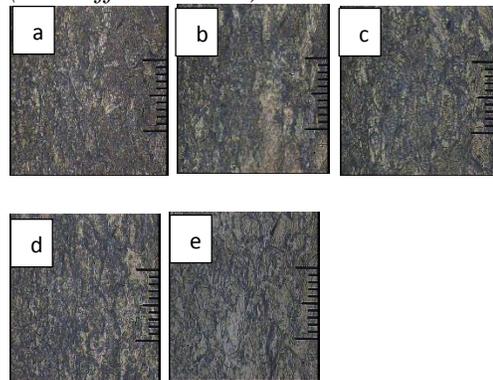
1. Foto struktur mikro pada daerah *Interface* atau daerah inti las



Gambar 4.6. Hasil foto mikro daerah interface pada waktu gesek a). 65 detik b). 90 detik c). 100 detik d). 130 detik dan e). 150 detik.

Pada hasil foto mikro yang ditunjukkan pada gambar 4.6. di atas dapat dilihat bahwa semakin lama waktu geseknya maka struktur mikro dari logam di daerah interface atau daerah inti lasan juga akan semakin besar.

2. Foto struktur mikro pada daerah HAZ (*heat affected zone*)

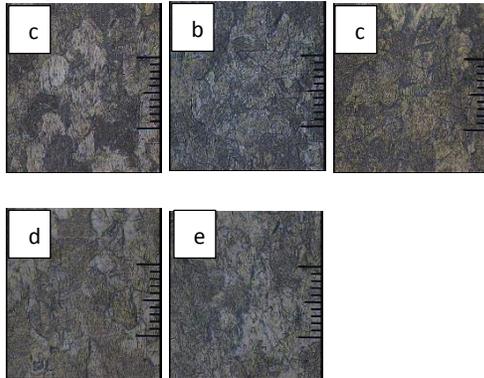


Gambar 4.7. Hasil foto mikro daerah HAZ pada waktu gesek a). 65 detik b). 90 detik c). 100 detik d). 130 detik dan e). 150 detik

Pada hasil foto mikro daerah HAZ di atas, terlihat pada daerah HAZ bahwa semakin lama waktu gesek daerah

terpengaruh panasnya juga berbeda. Daerah terpengaruh panasnya mungkin tidak merata.

3. Foto struktur mikro pada daerah Base (logam induk)



Gambar 4.8. hasil foto mikro daerah Base pada waktu a). 65 detik b). 90 detik c). 100 detik d). 130 detik dan e). 150 detik

Pada foto hasil struktur mikro daerah base (logam induk) di atas, terlihat pada daerah logam induk bahwa semakin lama waktu gesek struktur mikronya hampir sama. Struktur mikronya lebih besar dibandingkan pada daerah interface dan daerah HAZ.

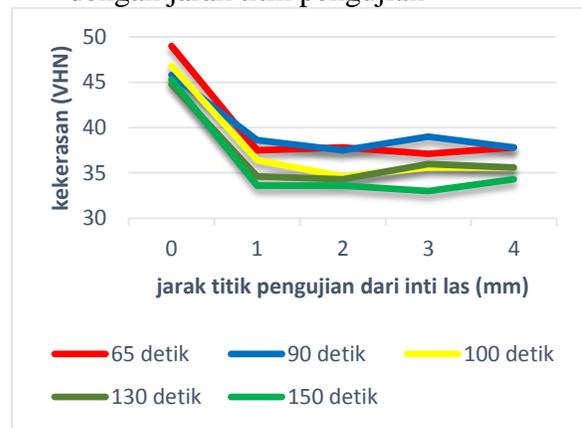
4.3. Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 4.1. Hasil pengujian kekerasan

No	Waktu (detik)	Posisi titik uji dari sumbu las	Kekerasan (VHN)
1	65	0,0 mm	49,0
		1,0 mm	37,5
		2,0 mm	37,8
		3,0 mm	37,1
		4,0 mm	37,8
2	90	0,0 mm	45,8
		1,0 mm	38,6
		2,0 mm	37,5
		3,0 mm	39,0
		4,0 mm	37,8
3	100	0,0 mm	46,8
		1,0 mm	36,4
		2,0 mm	34,6
		3,0 mm	35,6
		4,0 mm	35,6
4	130	0,0 mm	44,8

		1,0 mm	34,6
		2,0 mm	34,3
		3,0 mm	36,0
		4,0 mm	35,6
		0,0 mm	45,3
5	150	1,0 mm	33,6
		2,0 mm	33,6
		3,0 mm	33,0
		4,0 mm	34,3
		0,0 mm	45,3

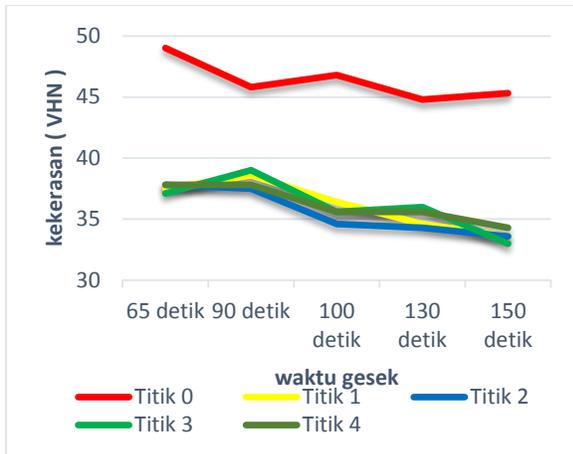
1. Hasil pengamatan hubungan kekerasan dengan jarak titik pengujian



Gambar 4.9. Grafik hubungan antara kekerasan dengan titik pengujian

Dari gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa tingkat kekerasan tertinggi terjadi pada titik 0 atau tepat didaerah sambungan antara kedua spesimen, nilai kekerasan tertingginya yaitu 49 VHN pada waktu gesek 65 detik. Dan kekerasan terkecil terjadi pada titik 3 yaitu jarak 3 mm dari sambungan dengan hasil kekerasan 33 VHN pada waktu gesek 150 detik.

2. Hasil pengamatan hubungan kekerasan dengan waktu gesek



Gambar 4.9. Grafik hubungan antara waktu gesek dengan kekerasan

Pada gambar 4.9. menunjukkan bahwa pada titik 0 atau tepat di daerah sambungan, kekerasan paling tinggi terjadi pada waktu gesek 65 detik yaitu 49 VHN, titik 1 yaitu jarak 1 mm dari sambungan kekerasan tertinggi terjadi pada waktu gesek 90 detik yaitu 38,6 VHN, titik 2 yaitu jarak 2 mm dari sambungan kekerasan terjadi pada waktu gesek 65 detik yaitu 37,8 VHN, titik 3 yaitu jarak 3 mm dari sambungan kekerasan tertinggi terjadi pada waktu gesek 90 detik yaitu 39 VHN, titik 4 yaitu jarak 4 mm dari sambungan, kekerasan tertinggi pada waktu gesek 65 dan 90 detik yaitu 37,8 VHN dan titik 5 yaitu jarak 5 mm dari sambungan kekerasan tertinggi terjadi pada waktu gesek 100 detik yaitu 46,8 VHN.

Walaupun waktu gesek paling pendek yaitu 65 detik, tetapi lebih cepat mencapai suhu thermoplastisnya. Sehingga menyebabkan spesimen tersebut memiliki kekerasan paling tinggi dibandingkan dengan yang lain. Sedangkan pada pengelasan dengan waktu gesek paling lama yaitu 150 detik justru memiliki tingkat kekerasan yang paling rendah. Hal ini mungkin disebabkan oleh suhu thermoplastis saat pengelasan rendah sehingga mengakibatkan kekerasan yang dihasilkan juga rendah.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan :

a. Hasil pengujian struktur mikro

Pada daerah interface, daerah HAZ dan daerah logam induk (base) logam kuningan dengan waktu gesek 65 detik, 90 detik, 100 detik, 130 detik dan 150 detik, daerah interface terlihat bahwa semakin lama waktu geseknya pada daerah interface struktur mikronya semakin kecil. Pada daerah HAZ bahwa semakin lama waktu gesek daerah terpengaruh panasnya juga berbeda, mungkin perambatan panasnya tidak merata. Pada logam induk terlihat bahwa semakin lama waktu gesek, struktur mikronya hampir sama yaitu struktur mikronya besar.

Semakin lama waktu gesek maka struktur mikro pada daerah interface semakin menyatu jika dibandingkan dengan struktur mikro pada waktu gesek yang lebih kecil.

b. Hasil pengujian kekerasan

Dari hasil pengujian dari titik 0 sampai titik 5 dapat disimpulkan bahwa tingkat kekerasan dari titik 0 atau daerah inti pengelasan terjadi penurunan nilai kekerasan

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada logam pipa kuningan dapat diambil kesimpulan bahwa kuningan mempunyai tingkat kekerasan tertinggi pada pengelasan dengan waktu gesek 65 detik dengan pengujian kekerasan pada titik 0 yaitu 49 VHN, sedangkan nilai kekerasan terkecil terjadi pada waktu gesek 150 detik dengan pengujian kekerasan pada titik 3 yaitu 33 VHN. Lamanya waktu gesek mempengaruhi kekerasan hasil lash al ini dikarenakan *weld nugget* sudah mulai dingin dan proses difusi antar atom kurang.

Saran :

1. Pada alat pengujian yang dipakai saat pembuatan spesimen ada sedikit masalah pada saat pemberian tekanan. Untuk mempermudah pada saat mengontrol pemberian tekanan sebaiknya menggunakan pompa hidrolis yang bisa mengontrol untuk menahan tekanan secara otomatis maupun pada saat pemberian tekanan.
2. Untuk mengetahui suhu pada saat terjadi flash pada spesimen ketika pembuatan spesimen sebaiknya ditambahkan sensor panas agar data yang diperoleh lebih akurat dan lengkap.
3. Pada spesimen bentuk pipa ada baiknya jika dilakukan pengujian kekuatan terhadap aliran karena disini penulis hanya melakukan pengujian terhadap struktur mikro dan kekerasan.

- Siddiq, 2013. "*Pengaruh Waktu Gesek Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Mikro Lasan Pada Pengelasan Gesek (Friction Welding) Bahan Stainless Steel*", Skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Wirjosutomo, H dan Okumura, T. (2000), *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta, PT. Pradnya Paramitha.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardra. "*Sains Teknologi*". Diambil dari, <http://ardra.biz/sain-teknologi>. Pada tanggal [23/8/2015]
- Brookfield, W. "*American Friction Welding*". Diambil dari <http://www.teamafw.com/friction-welding-process/#>. Pada tanggal [19/8/15]
- Gibbs. "*Alloy and their phase diagrams*". Diambil dari, http://www.ce.berkeley.edu/~paulmont/CE60New/alloys_steel. Pada tanggal [28/12/15]
- Karwan, D. H. 2013. "*Pengetahuan Bahan Plambing 1*". DEPDKNAS. Jakarta
- Sanyoto, B.L., dkk. 2012. "*Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) Dalam Proses Penyambungan Dua Buah Pipa Logam Baja Karbon Rendah*", Jurnal Nergi Dan Manufaktur Vol 5, No 1 (2012).