

**PENGARUH VARIASI TEKANAN GESEK TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR,  
STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PADA PENGELASAN *CONTINUOUS DRIVE FRICTION  
WELDING* SAMBUNGAN SILINDER PEJAL LOGAM BEDA JENIS ALUMINIUM 6061-T6 DAN  
*STAINLESS STEEL 304***

**Tri Yulianto<sup>1,a</sup>, Totok Suwanda<sup>1,b</sup>, Aris Widyo Nugroho<sup>1,c</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik mesin, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

<sup>a</sup>[yulian.antho0307@gmail.com](mailto:yulian.antho0307@gmail.com), <sup>b</sup>[suwanda@umy.ac.id](mailto:suwanda@umy.ac.id), <sup>c</sup>[nugrohoaris@gmail.com](mailto:nugrohoaris@gmail.com)

---

**INTISARI**

*Friction welding* adalah suatu metode pengelasan *solid state welding* yang cocok diaplikasikan pada penyambungan logam silinder pejal beda jenis. Panas pengelasan dihasilkan dari gesekan dua logam yang akan dilas. Dengan mengombinasikan panas dan tekanan tempa maka dua buah logam akan tersambung. Pada saat proses penyambungannya menggunakan beberapa parameter penting yang mempengaruhi hasil kekuatan sambungannya. Salah satu parameter yang sangat berpengaruh pada hasil sambungan lasan adalah parameter tekanan gesek. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan gesek terhadap hasil distribusi temperatur, struktur mikro dan kekerasan dari hasil sambungan.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium 6061 T6 dan *stainless steel 304*. Masing-masing spesimen dipotong sepanjang 75 mm, dan selanjutnya dibentuk dimensi spesimen standar JIS menggunakan mesin bubut. Proses pengelasan menggunakan parameter variasi tekanan gesek 30 MPa, 35 MPa dan 40 MPa. Parameter yang lain dibuat konstan, yaitu: waktu gesek 2 detik, tekanan upset 50 MPa, waktu upset 2 detik, dan putaran mesin 1000 Rpm. Untuk mengetahui pengaruh tekanan gesek terhadap hasil sambungan yaitu dengan dilakukan pengamatan distribusi temperatur, struktur mikro dan pengujian kekerasan mikro vickers.

Pada hasil distribusi temperatur menunjukkan bahwa semakin besar tekanan gesek yang digunakan maka hasil distribusi temperatur yang diperoleh juga semakin tinggi. Pada pengujian struktur mikro hasil sambungan mengalami perubahan struktur mikro pada daerah Aluminium 6061 T6, sedangkan daerah *Stainless steel 304* struktur mikro tidak mengalami perubahan dan masih sama dengan logam induknya. Pada pengujian kekerasan dibagian aluminium mengalami peningkatan kekerasan pada sambungan, seiring semakin besarnya tekanan gesek yang digunakan. Sedangkan pada *stainless steel 304* hasil yang diperoleh diasumsikan sama dengan logam induknya.

**Kata kunci** : *Friction Welding, Aluminium 6061 T6, Stainless Steel 304, Tekanan gesek, Distribusi Temperatur, Struktur mikro, Kekerasan.*

---

## **1. PENDAHULUAN**

Pada era perkembangan teknologi manufaktur, teknologi pengelasan dalam dunia industri telah mengalami peningkatan dengan pesat. Kebutuhan dunia industri terhadap teknik penyambungan yang mampu menyambungkan logam sejenis dan berbeda jenis semakin meningkat. Di temukannya metode-metode baru untuk mengatasi berbagai permasalahan dalam proses penyambungan material merupakan petunjuk adanya perkembangan dalam teknologi pengelasan. Salah satu metode baru dalam

perkembangan teknologi pengelasan adalah pengelasan gesek.

Teknologi pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan salah satu metode pengelasan jenis *solid state welding*. Panas pengelasan dihasilkan dari gesekan dua logam yang akan dilas. Dengan mengombinasikan panas dan tekanan tempa maka dua buah logam akan tersambung (Husodo, dkk, 2013). Keunggulan *friction welding* dibanding las lain yaitu: tidak memerlukan fluks, tidak terjadi cacat seperti *porosity*, dapat menyambung logam

beda jenis, cepat, hemat energi, tanpa bahan tambah. *Friction welding* dapat dilakukan dengan berbagai cara, meliputi : (CDFW) *continuous drive friction welding*, (FSW) *friction stir weldeng* dan (LFW) *linear friction welding*.

Irwansyah (2015), telah melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur, panjang *upset* dan bentuk *flash* terhadap kekuatan tarik pada penyambungan aluminium dengan metode pengelasan gesek. Penelitian tersebut menggunakan parameter kecepatan putar, tekanan gesek, dan waktu gesek. Dari penelitian ini diketahui bahwa dengan tekanan gesek yang besar dan waktu singkat akan menghasilkan nilai temperatur maksimum dan memperoleh kekuatan tarik sambungan terbaik dalam penyambungan aluminium. Namun kekuatan tarik yang diperoleh belum mencapai kekuatan tarik dari logam induknya. Hal tersebut disebabkan karena peningkatan temperatur yang terjadi hanya akan meningkatkan deformasi plastis pada hasil gesekan kedua material tersebut namun tidak meningkatkan kekuatan tariknya.

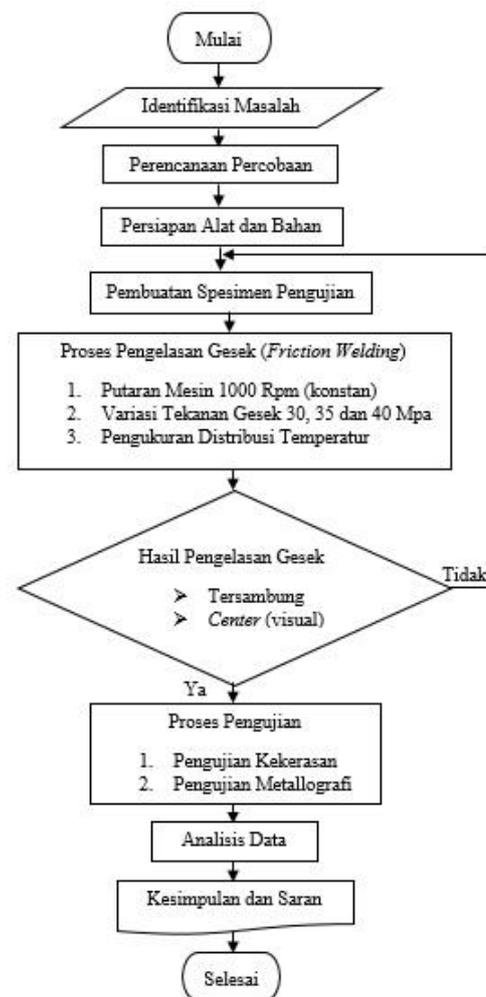
Iswar, dkk, (2012) menganalisa pengaruh variasi parameter pengelasan (putaran dan temperatur) terhadap kekuatan sambungan las *friction welding* pada baja karbon rendah ST.42. Penelitian tersebut menggunakan parameter variasi putaran yang berbeda dan pada temperatur berbeda. Dari analisa tersebut dihasilkan bahwa proses pengelasan yang berlangsung lama akan mengakibatkan daerah permukaan benda kerja yang dilas menjadi lebih rapuh karena terjadinya pemanasan yang berlebihan begitu juga dengan daerah HAZ akan semakin besar sehingga mempengaruhi pada sifat mekanis dari material tersebut. Semakin tinggi temperatur maka atom semakin padat dan seragam sehingga regangan yang terjadi semakin kecil hal ini menandakan material tersebut menjadi keras dan kuat.

Sigid (2012) pada penelitiannya menganalisis pengaruh durasi gesek, tekanan gesek, dan tekanan tempa terhadap kekuatan impak penyambungan logam sama jenis baja karbon AISI 1045. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa pengaruh tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap kekuatan impak saling berhubungan. Sambungan pengelasan material AISI 1045 memiliki kekuatan impak yang

semakin meningkat dengan bertambahnya tekanan gesek dan tekanan tempa. Namun patahan material pada sambungan (*weld metal*) ketika diuji impak tersebut tidak mampu membuat ikatan yang baik pada *interface*, karena disebabkan durasi gesek dan tekanan gesek yang diberikan belum mencapai ikatan yang bagus pada kedua permukaan material tersebut sehingga diberikan tekanan tempa.

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penyambungan material beda jenis menjelaskan bahwa tekanan gesek terhadap distribusi temperatur belum banyak diteliti. Oleh karena itu perlunya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh tekanan gesek terhadap distribusi temperatur pada material beda jenis.

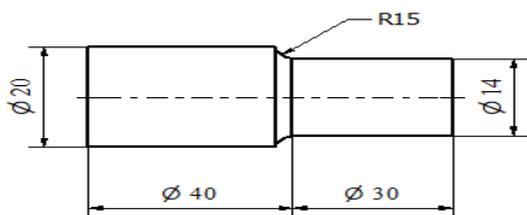
## 2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir

Penelitian ini menggunakan parameter tekanan tempa 30, 35 dan 40 MPa, waktu gesek 2 detik, tekanan tempa 50 MPa dan waktu tempa 2 detik. Parameter lain yang digunakan adalah putaran mesin 1000 Rpm. Beberapa alat penunjang untuk melakukan penelitian adalah termokopel, load cell, data logger dll. Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah silinder pejal aluminium 6061 T6 dan *stainless steel* 304.

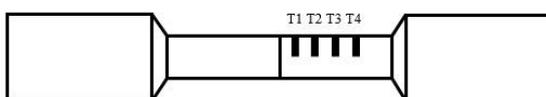
Langkah-langkah pembuatan spesimen yaitu dengan mempersiapkan bahan atau *raw material* dan peralatan untuk pembuatan spesimen. Yang kedua melakukan pemotongan aluminium 6061-T6 dan *stainless steel* 304 menggunakan mesin gergaji dengan panjang 75 mm. Hasil potongan dibubut dengan ukuran yang sudah ditentukan dan kemudian dilakukan pengeboran lubang pada bagian aluminium yang nantinya untuk menaruh termokopel untuk mengukur distribusi temperatur.



**Gambar 2.** Dimensi Benda Kerja

### 2.2 Pemasangan Termokopel

Proses pemasangan termokopel yaitu menyiapkan spesimen yang akan diuji, mesin bor tangan, dan mata bor berdiameter 1.5 mm. Lubangi spesimen uji yang berjumlah 4 lubang dengan jarak 5 mm meter disetiap lubangnya, sebagai tempat T1, T2, T3, dan T4 dan pasang termokopel pada masing-masing lubang.



**Gambar 3.** Posisi Pemasangan Termokopel

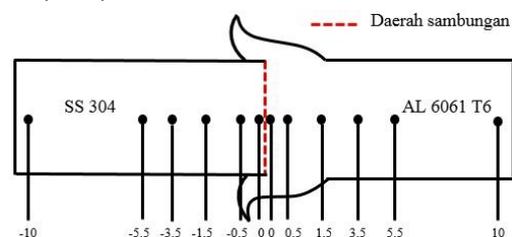
Setelah itu spesimen disiapkan untuk dilakukan penyambungan. Dan tabel rencana parameter penelitian juga disiapkan untuk memudahkan jalannya penelitian (Tabel 1)

**Tabel 1.** Variabel Penelitian

No	Tekanan Gesek (MPa)	Waktu Gesek (detik)	Tekanan <i>Upset</i> (MPa)	Waktu <i>Upset</i> (detik)
1.	30	2	50	2
2.	35	2	50	2
3.	40	2	50	2

Al 6061 T6 dipasang pada spindle diam serta dilakukan proses pemasangan termokopel, dan SS 304 dipasang pada spindle yang berputar. Motor dinyalakan dengan kecepatan putar 1000 rpm. Spindle diam diberikan tekanan sebesar 30 MPa, setelah bergesekan selama 2 detik, motor dihentikan, lakukan penekanan *upset* sebesar 50 MPa selama 2 detik. Setelah itu material yang sudah tersambung dilepas, dan diganti dengan penyambungan selanjutnya yaitu 35 MPa dan 40 MPa.

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat uji kekerasan Mikro Vickers merek Shimadzu dengan tipe HMV-M3. Posisi titik pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 4. Dalam penentuan titik nilai kekerasan ini dimulai dari ukuran 0 atau pada tengah hasil penyambungan kearah kanan 0, 0.5, 1.5, 3.5, 5.5, 10 kemudian pada arah kekiri 0, -0.5, -1.5, -3.5, -5.5, -10.



**Gambar 4.** Posisi pengambilan nilai kekerasan

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penyambungan menggunakan metode CDFW pada Al 6061 T6 dan SS 304 dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Hasil Pengelasan Gesek (a) 30 MPa, (b) 35 MPa, dan (c) 40 MPa

Pemendekan dan *flash* yang terjadi terlihat berbeda pada masing-masing parameter tekanan gesek. Hasil pemendekan dapat dilihat pada data pengukuran yang telah dilakukan (Tabel 2).

**Tabel 2.** Pemendekan hasil sambungan

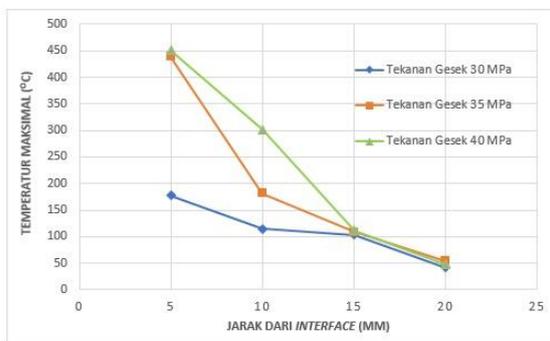
No	Tekanan (MPa)	Panjang awal (mm)	Panjang setelah pengelasan (mm)	Pemendekan (mm)
1	30	153	150	3
2	35	153	148	5
3	40	153	145	8

Dari data Tabel 2 menunjukkan bahwa besarnya pemendekan yang terjadi disebabkan oleh tekanan gesek yang digunakan. Semakin besar tekanan gesek yang digunakan, semakin besar pula pemendekan yang terjadi.

#### Distribusi Temperatur

**Tabel 3.** Perbandingan distribusi temperatur pada tekanan gesek 30, 35 dan 40 MPa

No.	Titik	Distribusi Temperatur		
		Tekanan Gesek 30 MPa	Tekanan Gesek 35 MPa	Tekanan Gesek 40 MPa
1.	T1	177,1996°C	438,3926°C	451,1175°C
2.	T2	115,0621°C	181,8647°C	301,3628°C
3.	T3	103,2005°C	108,7267°C	111,2067°C
4.	T4	42,0987°C	54,0976°C	47,6805°C

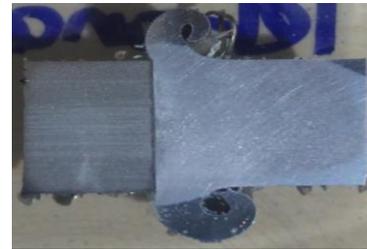


**Gambar 6.** Perbandingan distribusi temperatur pada tekanan gesek 30, 35 dan 40 MPa

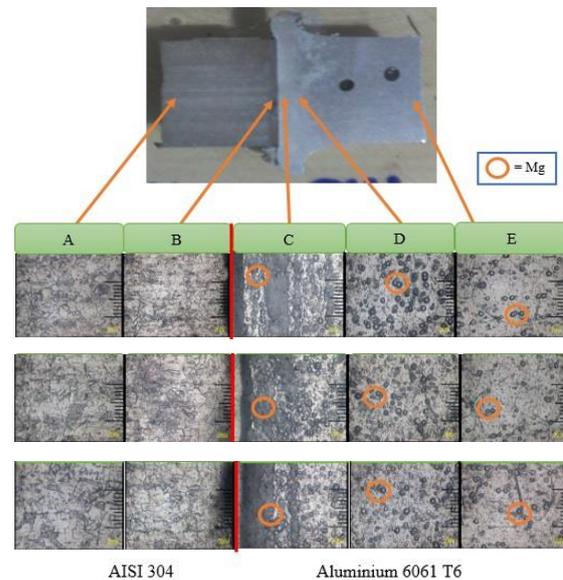
Hasil perbandingan distribusi temperatur maksimal pada tekanan 30, 35 dan 40 MPa, waktu gesek 2 detik, tekanan tempa 50 MPa dan waktu tempa 2 detik, yang menunjukkan bahwa variasi tekanan gesek berpengaruh pada pencapaian distribusi temperatur yang terjadi. Dimana tekanan gesek yang diberikan semakin tinggi maka semakin tinggi pula pencapaian distribusi temperatur yang terjadi.

#### Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan pada spesimen sambungan tekanan gesek 30, 35 dan 40 MPa (Gambar 6).



**Gambar 7.** Spesimen pengujian struktur mikro



**Gambar 8.** Benda Uji (a) AL 6061 Base Metal (b) AL 6061 HAZ (c) AL 6061 Sambungan (d) SS 304 Sambungan (e) SS 304 Base.

Setelah dilakukan pengamatan pada masing-masing specimen pada tekanan gesek 30, 35 dan 40 MPa. Gambar 6. (1) merupakan benda uji yang akan dilakukan pengamatan struktur mikro. Gambar 6. (a) adalah daerah logam induk aluminium 6061 T6 yang dimana butiran-butiran Mg memiliki jarak yang berjauhan. Gambar 6. (b) pada daerah HAZ aluminium 6061 T6 tampak terlihat dimana butiran-butiran Mg membesar dan saling mendekat satu sama lainnya. Gambar 6. (c) merupakan daerah sambungan aluminium 6061 T6 yang mengalami perubahan struktur mikro paling jelas dimana butiran-butiran Mg saling menempel dan menyatu lebih rapat. Gambar 6. (d) merupakan daerah sambungan *stainless steel* 304 tidak mengalami perubahan dimana struktur sama dengan logam

induknya. Gambar 6. (e) adalah logam induk *stainless steel* 304 terlihat butiran besar menumpuk beraturan yang sama dengan variasi yang lain. Dan HAZ pada *stainless steel* tidak teramati.

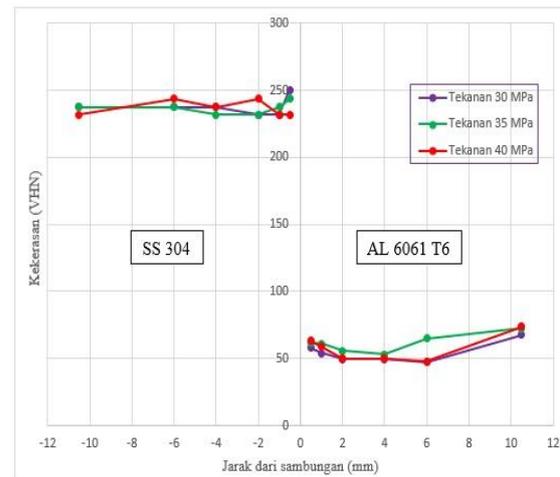
Dari keseluruhan hasil pengujian struktur mikro dapat diamati bahwa tekanan gesek dan hasil distribusi temperatur berpengaruh pada hasil struktur mikro. Semakin tinggi tekanan gesek dan distribusi temperatur yang di dapat maka butiran Mg akan semakin besar dan rapat. Nurdiansyah F., dkk, (2012) mengatakan bahwa butiran-butiran pada daerah HAZ mengalami perubahan bentuk dari yang semula pipih dan panjang pada daerah *base metal*, menjadi bentuk oval dan hamir bulat. Bentuk butiran pada daerah *weld metal* lebih besar dari pada ukuran butiran pada daerah HAZ dan *base metal* hal ini dikarenakan pada daerah *weld metal* menerima *heat input* yang lebih besar dari pada daerah HAZ dan *base metal*.

#### Kekerasan

Dari hasil pengamatan terhadap struktur mikro, diketahui letak daerah sambungan, panjang HAZ dan logam induk, barulah menentukan titik yang akan dilakukan pengujian kekerasan. Hasil pengujian kekerasan dari masing-masing spesimen pada tiap titiknya dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 9.

**Tabel 4.** Hasil pengujian kekerasan

Jarak dari sambungan	30 Mpa (VHN)	35 Mpa (VHN)	40 Mpa (VHN)	
Al 6061 T6	10.0 mm	67.7	71.50	71.00
	5.5 mm	47.4	75.50	88.00
	3.5 mm	49.6	83.50	86.00
	1.5 mm	49.6	81.50	86.00
	0.5 mm	53.8	78.00	79.50
	0.0 mm	58.0	77.50	76.50
SS 304	0.0 mm	250.2	39.00	40.00
	0.5 mm	231.8	39.50	40.00
	1.5 mm	231.8	40.00	39.00
	3.5 mm	237.7	40.00	39.50
	5.5 mm	237.7	39.50	39.00
	10.0 mm	237.7	39.50	40.00



**Gambar 10.** Hasil pengujian kekerasan

Dari ketiga grafik diatas dapat dijelaskan bahwa hasil variasi tekanan gesek 30 MPa dengan nilai kekerasan pada sambungan sebesar 67.7 VHN, 35 MPa dengan nilai kekerasan pada sambungan sebesar 72.5 VHN dan 40 MPa dengan nilai kekerasan pada sambungan sebesar 73.6 VHN. Untuk nilai kekerasan terendah pada logam aluminium terjadi pada bagian HAZ. Pada bagian HAZ AL 6061 mengalami pelunakan logam yang disebabkan karena panas pengelasan yang timbul. Dan Nurdiansyah F., dkk, (2012) mengatakan bahwa ukuran butiran Mg yang semakin besar menyebabkan tingkat kekerasan menurun. Sedangkan pada *stainless steel* hasil nilai kekerasan yang terlihat pada Tabel 4.6 pada tekanan gesek 30, 35 dan 40 MPa menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang didapat diasumsikan sama dengan nilai kekerasan logam induknya.

Hasil Penelitian Sahin, (2009), dalam hasil penelitian kekerasannya memiliki kemiripan dengan penelitian ini dan untuk hasil kekerasan memiliki selisih yang tidak banyak. Pada daerah aluminium, rata-rata memiliki nilai kekerasan 50-60 VHN. Pada material *stainless steel* jarak 0,2 mm dari sambungan mendapatkan nilai kekerasan 290 VHN, jarak 1-2 mm 225 VHN, sedangkan untuk jarak 3-4 mm mendapatkan nilai kekerasan 230 VHN. Pada penelitiannya digunakan parameter optimal pada variasi tekanan gesek 30 MPa, tekanan *upset* 60 MPa dan waktu gesek 4 detik. Sedangkan waktu *upset* 12 detik dan kecepatan putar 1410 Rpm.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa parameter pengelasan gesek dengan didukung hasil distribusi temperatur dan struktur mikro membuktikan bahwa tekanan gesek 35 MPa memiliki nilai kekerasan yang paling baik dibandingkan dengan tekanan 30 dan 40 MPa. Data di atas menunjukkan bahwa tekanan gesek tidak berbanding lurus dengan hasil kekerasan yang didapat. Kekerasan terbaik didapat dari tekanan gesek yang tidak terlalu tinggi dan distribusi temperatur yang tidak berlebihan.

#### 4. KESIMPULAN

1. Hasil distribusi temperatur pada variasi tekanan gesek 30, 35 dan 40 MPa menunjukkan bahwa semakin tinggi variasi tekanan gesek yang diberikan maka nilai distribusi temperatur yang diperoleh akan semakin tinggi pula.

2. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa variasi tekanan gesek 30, 35 dan 40 MPa dan hasil distribusi temperatur akan berpengaruh pada perubahan struktur mikro di daerah aluminium 6061 T6, dan pada daerah *stainless steel* 304 tidak mengalami perubahan struktur mikro.

3. Pengujian kekerasan metode vickers dengan pembebanan 200 gf, 5 detik dengan didukung hasil distribusi temperatur dan struktur mikro menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai kekerasan pada material aluminium. sedangkan pada material *stainless steel* 304 perubahan nilai kekerasan yang terjadi diasumsikan sama dengan nilai kekerasan logam induknya.

#### Daftar Pustaka

- Husodo, Nur dkk., 2013. "Penerapan Teknologi Las Gesek (*Friction Welding*) dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St41 pada Produk *Back Spring Pin*". Jurnal Energi dan Manufaktur Vol.6, No.1.
- Irwansyah., 2015. "Pengaruh Temperatur, Panjang Upset, dan Bentuk Flash Terhadap Kekuatan Tarik pada Penyambungan Aluminium dengan Metode Las Gesek". UG Jurnal Vol. 9 No. 05.
- Iswar M., Syam R., 2012. "Pengaruh Variasi Parameter Pengelasan (Putaran dan Temperatur) Terhadap Kekuatan Sambungan Las Hasil *Friction Welding* pada Baja Karbon Rendah". Jurnal Mekanikal, Vol. X No. X: 254-260.
- Nurdiansyah F., Soeweify., Zubaydi A., dkk., 2012. "Pengaruh Rpm Terhadap Kualitas Sambungan dan Metalurgi Las Pada *Joint Line* Untuk Aluminium Seri 5083 Dengan Proses Friction Stir Welding". Jurnal Teknik ITS Vol. 1, ISSN: 2301-9271.
- Sigit P., Subiyanto H., 2012. "Pengaruh Durasi Gesek, Tekanan Gesek dan Tekanan Tempa Terhadap *Impact Strength* Sambungan Lasan Gesek Langsung pada Baja Karbon AISI 1045". Jurnal Sains Dan Seni Pomits Vol. 1, No. 1, (2012) 1-5.
- Sahin, M., 2009. "Joining of stainless-steel and aluminium materials by friction welding". International journal manufacturing technology. Halm. 487-497.