

DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA PENGELASAN GESEK CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING BAHAN SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061 T6

Reza Febriyanto^a, Totok Suwanda, S.T., M.T.^b, Ir. Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
e-mail: Rezafabriyanto26@gmail.com

INTISARI

Pengelasan fusi mempunyai kesulitan ketika harus menyambung logam silinder pejal berdiameter besar. Pengelasan gesek adalah solusi penyambungan logam silinder pejal. Pengelasan gesek memerlukan waktu pendek. Panas yang ditimbulkan tidak mencapai temperatur luluh. Panas pengelasan berpengaruh terhadap kualitas sambungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu gesek terhadap distribusi temperatur, struktur mikro dan distribusi kekerasan pada sambungan logam silinder pejal aluminium 6061 T6

Spesimen uji dibuat sesuai dengan standar JIS Z 2201. Penelitian ini menggunakan parameter putaran 1000 rpm, tekanan gesek 30 MPa, waktu gesek 2, 4, 6 detik, tekanan tempa 70 MPa dan waktu tempa 2 detik. Sebelum dilakukan pengambilan data spesimen dipasang termokopel untuk mengukur distribusi temperatur yang terjadi. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah struktur mikro dan kekerasan.

Berdasarkan hasil penelitian, pada variasi waktu gesek 2 detik temperatur maksimal sebesar 210,9649°C tercapai dalam waktu 3 detik. Nilai kekerasan tertinggi sebesar 59,1 VHN terjadi pada sambungan las. Pada variasi waktu gesek 4 detik temperatur maksimal sebesar 368,4893°C tercapai dalam waktu 5 detik. Nilai kekerasan sebesar 51,5 VHN terjadi pada sambungan las. Temperatur tertinggi sebesar 385,4879°C tercapai dalam waktu 5 detik dan nilai kekerasan terendah sebesar 50,7 VHN terjadi pada variasi waktu gesek 6 detik.

Kata Kunci: Pengelasan gesek, temperatur, kekerasan, waktu.

1. Pendahuluan

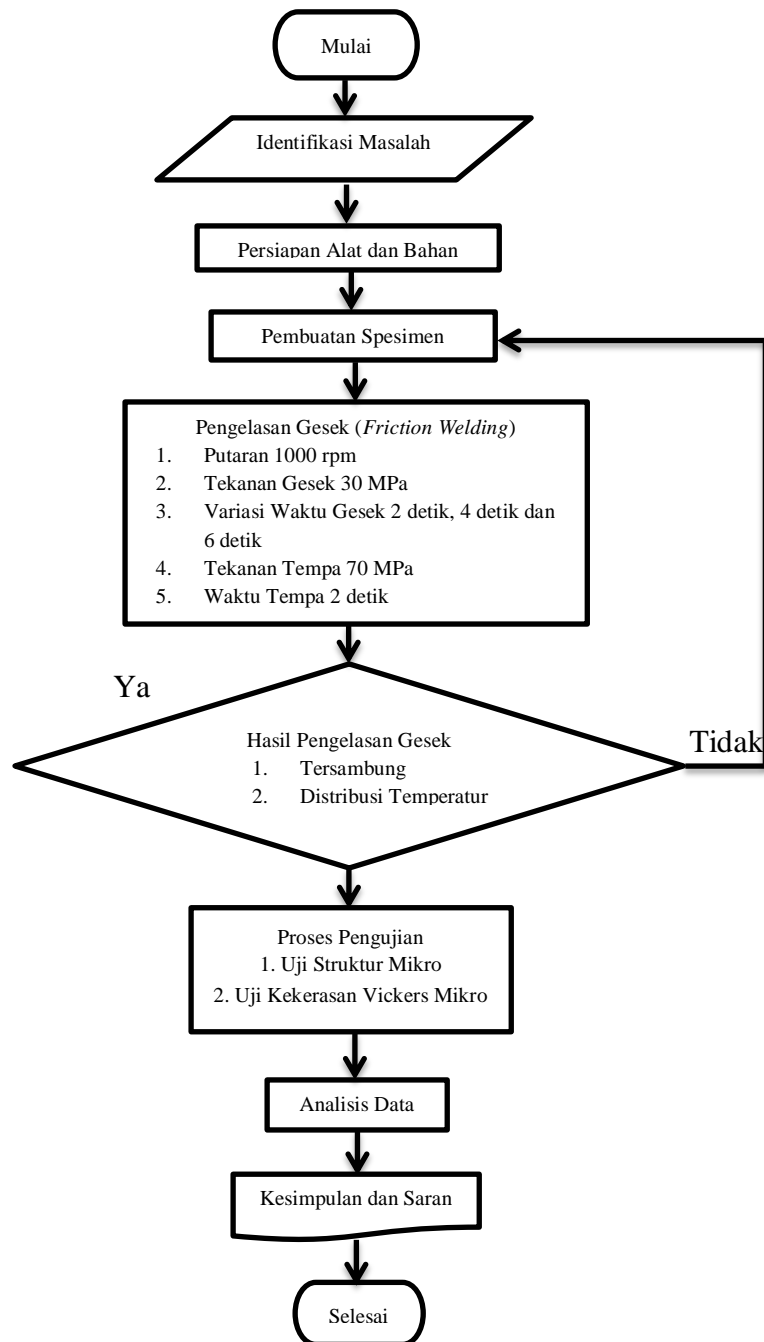
Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan dua buah logam atau lebih. Berdasarkan kondisinya pengelasan dibedakan menjadi dua yaitu las fusi (fusion welding) dan las padat (solid state welding). Pengelasan memiliki keunggulan seperti fleksibilitas yang tinggi serta kekuatan sambungan yang kuat dibandingkan dengan sambungan lipat ataupun keling

Las fusi merupakan proses pengelasan dengan mencairkan sebagian logam induk. Dalam aplikasinya las fusi biasa digunakan untuk pengelasan plat datar, plat siku, dan pipa. Jenis pengelasan fusi yang sering dijumpai adalah *Shield Metal Arc Welding (SMAW)*, *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*, *Metal Inert Gas (MIG)*, dan sebagainya (Mahardika, 2017). Pada pengelasan fusi masih ditemukan kesulitan dalam pengelasan logam silinder pejal dengan diameter besar. Pengelasan fusi hanya dapat dilakukan pada bagian luar saja, sedangkan bagian dalam tidak tersentuh oleh las. Pengelasan fusi juga tidak bisa digunakan untuk menyambung logam beda jenis.

Friction welding merupakan pengelasan jenis *solid state welding* dimana sumber panas dihasilkan dari dua buah logam yang bergesekan. *Friction welding* memiliki banyak keunggulan dibandingkan pengelasan lain karena tidak memerlukan fluks, gas pelindung ataupun elektroda. Dalam proses pengelasannya tidak terjadi cacat seperti *porosity*, inklusi terak dan lain – lain.

Panas yang ditimbulkan dari proses pengelasan merupakan variabel yang penting. Suhu pengelasan yang tidak cukup tinggi mengakibatkan bahan yang disambung tidak dapat menyatu. Daerah pengaruh panas (HAZ) yang terbentuk pada benda uji yang disambung juga relatif kecil karena panas yang terjadi tidak mencapai temperatur luluh, sehingga suhu pengelasanpun akan mempengaruhi hasil pengelasan (Husodo, 2013). Dikarenakan pentingnya panas pada proses pengelasan maka diperlukan pemantauan distribusi temperatur saat proses pengelasan. Panas yang terjadi dapat mempengaruhi kualitas sambungan las.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Penelitian ini menggunakan parameter tekanan tempa 30 MPa, waktu gesek 2, 4 dan 6 detik, tekanan tempa 70 MPa dan waktu tempa 2 detik. Parameter lain yang digunakan adalah putaran mesin 100 rpm. Beberapa alat penunjang untuk melakukan penelitian adalah termokopel, load cell, data logger, jangka sorong dll. Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah silinder pejal aluminium 6061 T6.

Benda uji dibuat sesuai standar JIS Z 2201. Setelah benda uji dilakukan proses fabrikasi selanjutnya dilakukan proses kalibrasi pada mesin las gesek sesuai dengan parameter yang sudah ditentukan. Pasang 4 buah termokopel pada benda uji. Selanjutnya barulah proses pengelasan bisa dimulai.

2.1 Pengamatan Struktur Mikro

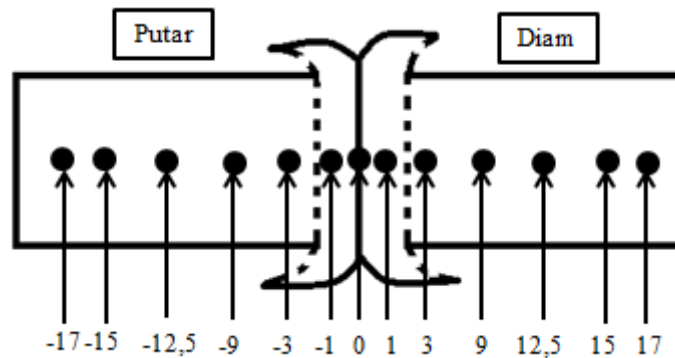
Pengamatan struktur mikro dilakukan setelah proses pengelasan selesai dan benda uji sudah dilakukan proses pemotongan, mounting, pengamplasan dan etsa. Pengamatan ini bertujuan untuk melihat perubahan struktur mikro yang terjadi pada material 6061 yang sudah di sambung menggunakan pengelasan gesek. Hasil dari pengamatan ini sangat berperan penting pada pengujian selanjutnya yaitu untuk menentukan posisi titik dalam melakukan pengujian kekeasan. Gambar 2. Merupakan benda uji yang sudah siap dilakukan pengamatan struktur mikro.



Gambar 2. Benda uji yang siap dilakukan pengamatan

2.2 Pengujian Kekerasan

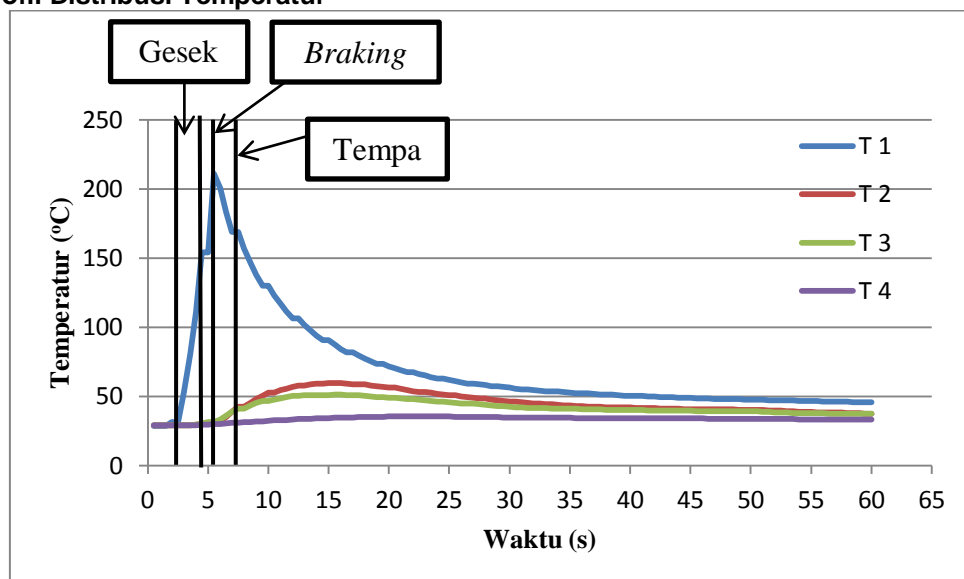
Setelah pengamatan struktur mikro selesai, selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan vikers dengan pembebanan 100 gf.



Gambar 3. Posisi titik pengujian kekerasan

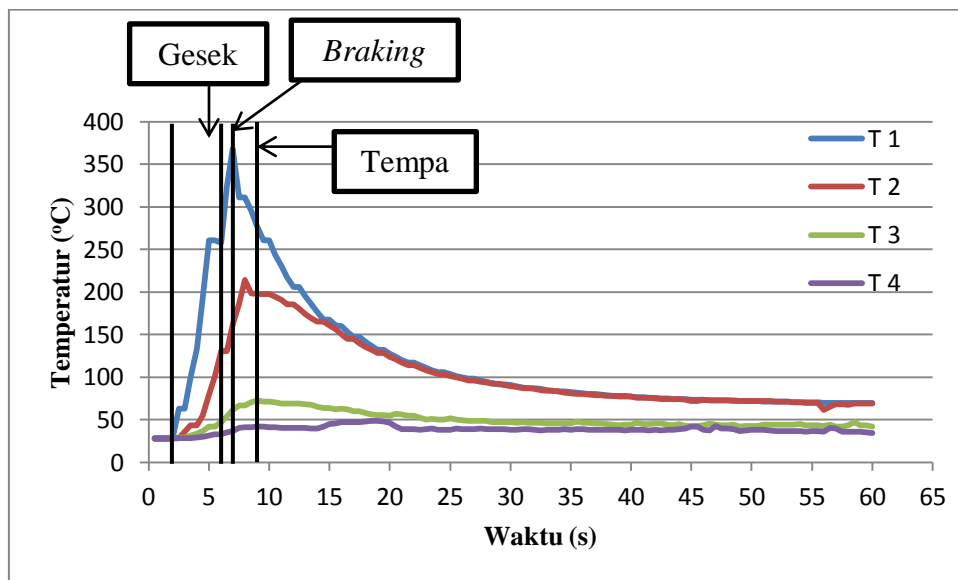
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Profil Distribusi Temperatur



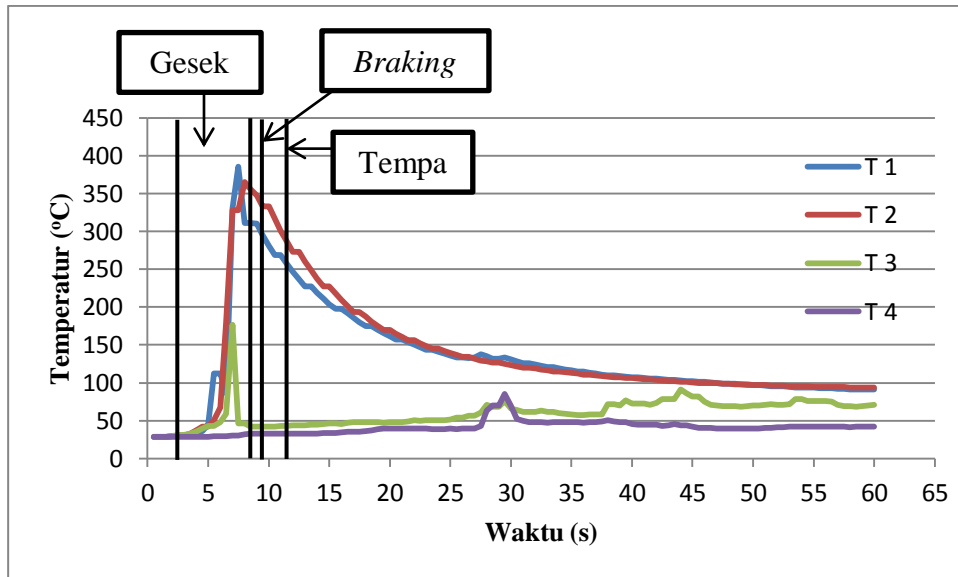
Gambar 4. Profil distribusi temperatur dengan variasi waktu gesek 2 detik

Gambar 4 menunjukkan hasil distribusi temperatur dengan parameter tekanan gesek 30 MPa waktu gesek 2 detik tekanan tempa 70 MPa dan waktu tempa 2 detik, dimana distribusi temperatur maksimal sebesar: T1 = 210,9649°C, T2 = 59,35°C, T3 = 51,1568°C dan T4 = 35,4898°C. Puncak temperatur T1 terjadi pada proses pengereman. Penambahan tekanan tempa yang terlalu cepat ketika proses pengereman masih berlangsung menyebabkan kenaikan temperatur pada T1. Kenaikan temperatur pada T2, T3 dan T4 terbilang minim. Daerah HAZ yang terbentuk pada variasi waktu gesek 2 detik diperkirakan hanya sepanjang T1, hal ini dikarenakan waktu gesek yang sangat singkat menyebabkan rendahnya kenaikan temperatur yang terjadi.



Gambar 5. Profil distribusi temperatur dengan variasi waktu gesek 4 detik

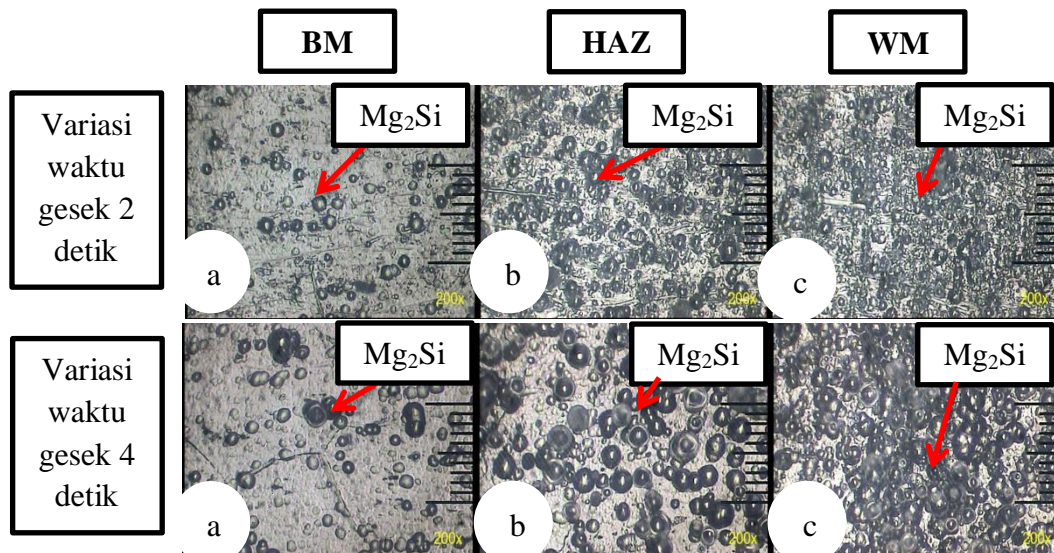
Gambar 5 menunjukkan hasil distribusi temperatur dengan parameter tekanan gesek 30 MPa, waktu gesek 4 detik, tekanan tempa 70 MPa dan waktu tempa 2 detik. Hasil pengelasan gesek menunjukkan distribusi temperatur sebesar: T1 = 368,4893°C, T2 = 214,4807 °C, T3 = 72,7946 °C dan T4 = 48,4053 °C. Profil distribusi temperatur yang terjadi pada variasi waktu gesek 4 detik memiliki persamaan seperti variasi waktu gesek 2 detik. Puncak temperatur T1 terjadi pada proses pengereman. Penambahan tekanan tempa yang terlalu cepat ketika proses pengereman masih berlangsung menyebabkan kenaikan temperatur yang sangat signifikan pada T1. Puncak temperatur T2 terjadi pada proses penempaan, hal ini disebabkan panas yang terjadi pada T1 mulai merambat secara aksial menuju T2. Kenaikan temperatur pada T3 terlihat cukup tinggi walaupun tidak signifikan. Kenaikan temperatur pada T4 sangat rendah dikarenakan jaraknya yang jauh dari *interface*. Profil distribusi temperatur pada Gambar 4.5 dapat di perkirakan daerah HAZ yang terbentuk bisa mencapai jarak hingga T3.

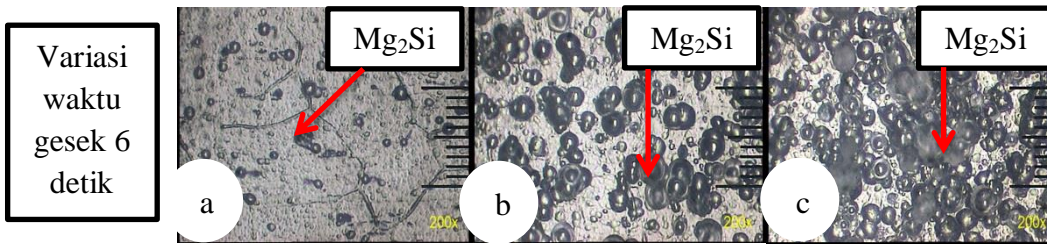


Gambar 6. Profil distribusi temperatur dengan variasi waktu gesek 6 detik

Gambar 6 merupakan grafik distribusi temperatur dengan parameter tekanan gesek 30 MPa, waktu gesek 6 detik, tekanan tempa 70 MPa dan waktu tempa 2 detik. Variasi waktu gesek 6 detik memiliki distribusi temperatur sebesar: T1 = 385,4879°C, T2 = 365,6648 °C, T3 = 176,5555 °C dan T4 = 85,436 °C. Penurunan temperatur yang terjadi pada T1 dan T2 disebabkan karena pada jarak T1 dan T2 sudah menjadi *flash* terlebih dahulu sebelum proses pengelasan berakhir. Temperatur T3 yang turun secara drastis disebabkan kurangnya kemampuan termokopel dalam mempertahankan panas yang dihasilkan dari proses pengelasan. Lamanya waktu gesek pada variasi ini mempunyai nilai temperatur tertinggi dibandingkan variasi waktu gesek yang lain. Daerah HAZ yang terbentuk pada variasi ini di perkirakan mencapai jarak T4.

3.2 Struktur Mikro

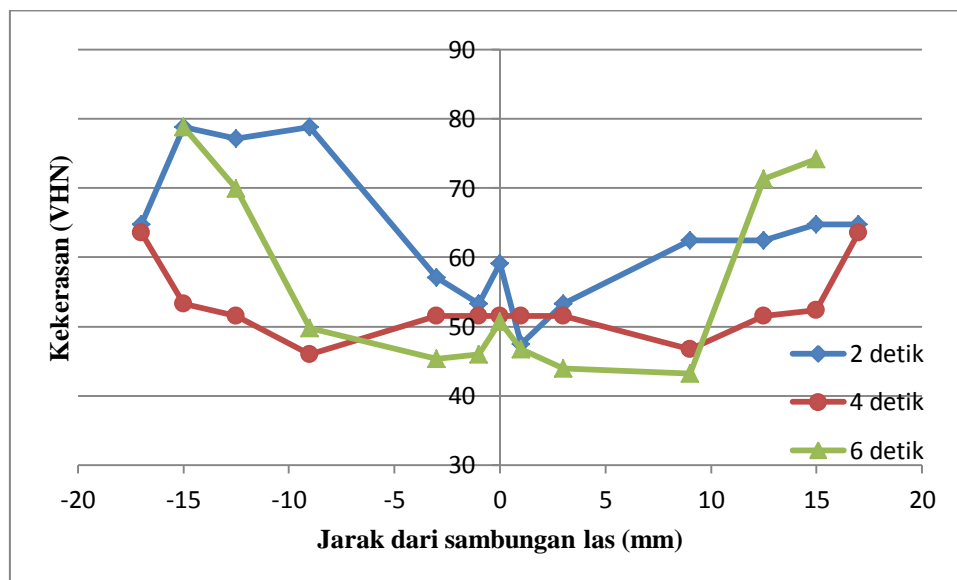




Gambar 7. Hasil pengujian struktur mikro

Gambar 7 merupakan benda uji dengan beberapa variasi waktu gesek yang sudah dilakukan pengamatan struktur mikro dengan pembesaran 200x. Hasil pengamatan daerah logam induk terlihat butiran Mg memiliki jarak yang jauh dengan butiran Mg yang lainnya. Daerah HAZ yang terbentuk akibat proses pengelasan mulai terlihat perubahan struktur mikro dimana jarak antara butiran Mg saling mendekat satu sama lainnya. Daerah sambungan yang mengalami perubahan struktur mikro paling jelas dimana butiran Mg saling menempel lebih rapat dan ukuran butiran yang lebih besar dibandingkan daerah HAZ dan logam induk.

3.3 Pengujian Kekerasan



Gambar 8. Grafik perbandingan distribusi kekerasan

Gambar 4.16 adalah grafik perbandingan uji kekerasan dengan variasi waktu gesek 2 detik, 4 detik dan 6 detik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama waktu gesek dan semakin tinggi kenaikan temperatur yang terjadi pada daerah sambungan maka hasil uji kekerasan semakin kecil, hal ini dibuktikan dengan hasil variasi waktu gesek 2 detik dengan nilai kekerasan tertinggi pada sambungan sebesar 59,1 VHN, 4 detik memiliki nilai kekerasan 51,5 VHN dan 6 detik memiliki nilai kekerasan terendah pada sambungan sebesar 50,7 VHN. Panjang daerah HAZ pada waktu gesek 2 detik sangat pendek yaitu hanya 3 mm dari sambungan las dan nilai kekerasan sebesar 57,1 VHN. Daerah HAZ dengan waktu gesek 4 detik mempunyai panjang 15 mm dari sambungan las dan nilai kekerasan sebesar 53,3 VHN. Panjang HAZ terbentuk dikarenakan kenaikan temperatur yang cukup tinggi membuat panas yang dihasilkan mempunyai waktu untuk menyebar. Daerah HAZ pada variasi waktu gesek 6 detik cukup panjang yaitu 9 mm dan nilai kekerasan sebesar 49,8 VHN, fenomena panjang HAZ yang terjadi pada waktu gesek 6 detik banyak terbuang menjadi flash. Nilai kekerasan tertinggi sebesar 78,8 VHN pada logam induk dengan variasi waktu gesek 2 detik. Logam induk dengan waktu gesek 4 detik mempunyai nilai kekerasan sebesar 63,6 VHN. Nilai kekerasan tertinggi logam induk sebesar 78,8 VHN pada variasi waktu gesek 6 detik.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan menjadi beberapa poin yaitu sebagai berikut :

1. Distribusi temperatur yang terjadi pada variasi waktu gesek 2 detik mempunyai temperatur terendah sebesar 385,4879°C tercapai dalam waktu 5 detik. Semakin dekat posisi termokopel terhadap *interface* maka nilai temperaturnya akan semakin tinggi. Begitupun sebaliknya, semakin jauh posisi termokopel terhadap *interface* maka semakin rendah nilai temperaturnya. Perambatan panas terhadap bidang gesek menyebabkan nilai temperatur pada masing – masing termokopel berbeda.
2. Dari semua variasi waktu gesek mengalami perubahan terhadap struktur mikro, hal ini terlihat dimana didaerah logam induk kandungan atau butiran Mg₂Si terlihat kecil dan memiliki jarak yang jauh, sedangkan untuk daerah HAZ butiran Mg₂Si mulai saling bergerak mendekati satu sama lain dan untuk daerah las butiran Mg₂Si menumpuk di satu bagian yaitu bagian sambungan dan butirannya terlihat membesar dibandingkan didaerah logam induk.
3. Menurunnya nilai kekerasan pada hasil pengelasan disebabkan karena banyaknya butiran Mg₂Si yang berkumpul pada sambungan las. Nilai kekerasan terkecil pada sambungan las terjadi pada variasi waktu gesek 6 detik sebesar 50,7 VHN, nilai kekerasan pada variasi waktu gesek 4 detik sebesar 51,5 VHN dan nilai kekerasan pada sambungan terbesar terdapat pada variasi waktu gesek 2 detik sebesar 59,1 VHN, sedangkan untuk daerah HAZ nilai kekerasan terkecil di dapat pada variasi waktu gesek 6 detik sebesar 43,2 VHN. Untuk nilai kekerasan tertinggi pada logam induk didapatkan pada variasi waktu gesek 2 detik dan 6 detik sebesar 78,8 VHN.

Daftar Pustaka

- David, S.A., Babu, S.S. and Vitek, J.M. (2003). *Welding: Solidification and microstructure. A hypertextenhanced article. JOM Journal*, 55(6), 14.
- Dewi, J. 2010. Temperatur. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Gatwick Technologies. *Friction Welding*. Diakses pada 7 januari, dari <http://www.gatwicktechnologies.com/processes/friction-welding>. (pada pukul 21.35)
- Husodo, Nur dkk. 2013. Penerapan Teknologi Las Gesek (*Friction Welding*) dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St41 pada Produk *Back Spring Pin*.
- 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.
- Izumi Machine Manufacturing. 2013. *Examples Of Friction Welding*. Diakses pada 28 april 2018, dari <http://www.en.izumi-mfg.co.jp/fw/examples/>. (Pada pukul 20.35)
- Japanese Industrial Standards Association. 1980. *Standard Book of JIS: JIS Z 2201*. Japanese Industrial Standard Association. Tokyo.
- Kallee, S and Nicholas, D. (1999). *Friction and Forge Welding Processes for The Automotive Industry. USA: International Body Engineering Conference*.
- Mahardika, D.S. 2017. Pengaruh Variasi Waktu *Upset* Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Logam Silinder Pejal Aluminium 6061 T6 dengan *Stainless Steel 304* Menggunakan Metode *Continuous Drive Friction Welding*. UMY
- Mishra, R.S. dan Ma, Z.Y. 2005. *Friction Stir Welding and Processing*. *Journal Material Science and Engineering* Vol. 50 Halm. 1-78.
- Mukhopadhyay, P. 2012. *Alloy Designation, Processing, and Use of AA6XXX Series Aluminium Alloy*.
- Purnomo, S. 2016. *Pengaruh Variasi Putaran Gesek Terhadap Kualitas Sambungan Pada Pengelasan Gesek Continuous Drive Friction Welding Bahan Pipa Kuningan dan Tembaga*. UMY.
- Sahin, M. 2008. *Joining of stainless-steel and aluminium materials by friction welding*. *International journal manufacturing technology*. Halm. 487-497.
- Subarkah, E. 2017. Distribusi Temperatur pada Pengelasan Gesek *Continuous Drive Friction Welding* Bahan Silinder Pejal Logam Beda Jenis (Aluminium 2024 T4 - *Stainless Steel AISI 420*). UMY.

- Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Syaifudin, E. 2018. Pengaruh Variasi Waktu Gesek Terhadap Kekuatan Tarik Struktur Mikro dan Kekerasan Sambungan Aluminium 6061 dengan Metode Continuous Drive Friction Welding. UMY.
- Wicaksana S., Santosa M. dan Ahmad S. (2016). Sifat mekanik dan struktur mikro sambungan las aluminium 6061 hasil friction welding.
- Wiryosumarto, H. dan Okumura, T. 1981. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, Toshie. 2004. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.