

SKRIPSI
ANALISI SIFAT MEKANIK DAN MIKROSTRUKTUR HASIL
SAMBUNGAN PENGELASAN GESEK ANTARA ALUMINIUM
PADUAN DAN KUNINGAN DENGAN VARIASI KECEPATAN
PUTARAN



AGUS DWI HARNELEO

03051381720691

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEPULUH NOPEMBER

2017

671.52 07
Agus
a
2019

108055



SKRIPSI
ANALISI SIFAT MEKANIK DAN MIKROSTRUKTUR HASIL
SAMBUNGAN PENGELASAN GESEK ANTARA ALUMINIUM
PADUAN DAN KUNINGAN DENGAN VARIASI KECEPATAN
PUTARAN



AGUS DWI HARNELEO
03051381720001

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

SKRIPSI
ANALISI SIFAT MEKANIK DAN MIKROSTRUKTUR HASIL
SAMBUNGAN PENGELASAN GESEK ANTARA ALUMINIUM
PADUAN DAN KUNINGAN DENGAN VARIASI KECEPATAN
PUTARAN

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



AGUS DWI HARNELEO
03051381720001

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

**Analisa Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Hasil Sambungan Pengelasan
Gesek Antara Aluminium Paduan dan Kuningan Dengan Variasi Kecepatan
Putaran**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Diusulkan Oleh :
AGUS DWI HARNELEO
03051381720001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001

Palembang, Januari 2019

Dosen Pembimbing,

Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197909272003121004

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

NAMA : Agus Dwi Harnaleo
NIM : 03051381720001
JURUSAN : Teknik Mesin
BIDANG STUDI : Material
**JUDUL SKRIPSI : Analisis Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Hasil
Sambungan Pengelasan Gesek Antara Aluminium Paduan
dan Kuningan Dengan Variasi Kecepatan Putaran**
DIBUAT TANGGAL : Oktober 2018
SELESAI TANGGAL : Januari 2019

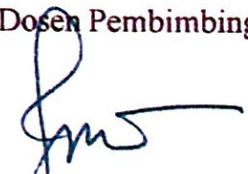


Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001

Palembang, Januari 2019
Diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing,



Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197909272003121004

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan Judul “**Analisis Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Hasil Sambungan Pengelasan Gesek Antara Aluminium Paduan dan Kuningan Paduan Dengan Variasi Kecepatan Putaran**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 12 Januari 2019.

Palembang, Januari 2019

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Laporan Skripsi

Ketua Penguji :

1. Muhammad Yanis, S.T, M.T.
NIP. 197909272003121004

()

Anggota :

2. Ir. Fusito HY, M.T
NIP. 195709101991021001
3. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

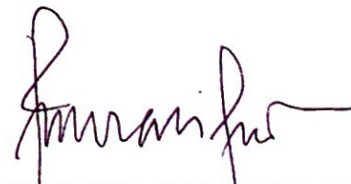
()
()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin


Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001

Dosen Pembimbing


Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP.197909272003121004

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agus Dwi Harnaleo

NIM : 03051381720001

Judul : Analisis Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Hasil Sambungan Pengelasan Gesek Antara Aluminium Paduan dan Kuningan Dengan Variasi Kecepatan Putaran

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya ntuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korepondensi (*Corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Palembang, Januari 2019

Penulis

Agus Dwi Harnaleo
NIM. 03051381720001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agus Dwi Harneleo

NIM : 03051381720001

Judul : Analisis Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Hasil Sambungan Pengelasan Gesek Antara Aluminium Paduan dan Kuningan Dengan Variasi Kecepatan Putaran

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Palembang, Januari 2019

Penulis




Agus Dwi Harneleo
NIM. 03051381720001

RINGKASAN

ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN MIKROSTRUKTUR HASIL
SAMBUNGAN PENGELASAN GESEK ANTARA ALUMINIUM PADUAN
DAN KUNINGAN DENGAN VARIASI KECEPATAN PUTARAN

Agus Dwi Harnaleo ; Dibimbing oleh Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D

MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE ANALYSIS
USING FRICTION WELDING BETWEEN ALUMINIUM ALLOY AND
BRASS BY ROTATION SPEED VARIATION

xxvii + 62 halaman, 15 tabel, 30 gambar, 6 lampiran

RINGKASAN

Friction welding termasuk jenis pengelasan *solid state welding* dimana proses pengelasan dilakukan pada fasa padat. Panas pengelasan diperoleh dari konversi langsung energi mekenik menjadi energi termal melalui gesekan. Pengelasan ini tidak memerlukan sumber panas dari listrik atau pembakaran, tetapi konversi langsung dari energi mekanik ke energi panas. Panas yang dihasilkan dari proses gesekan antar *interface* akan menaikkan temperatur benda dalam arah aksial dengan jarak yang relatif sangat pendek. Penyambungan terjadi ketika permukaan *interface* mencapai temperatur dibawah temperatur cair. Pengelasan terjadi akibat pengaruh tekanan pada pencampuran logam plastis dan mekanisme difusi. Selanjutnya panas yang timbul disimpan dalam material yang disambung hingga menaikkan temperaturnya. Pada temperatur tertentu material berada pada sifat plastis sempurna dan adanya tekan akan mudah terdeformasi. Dengan adanya peristiwa difusi secara kimiawi maka akan terjadi proses penyambungan pada permukaan logam yang disambung. Kelebihan dari *friction welding* ini adalah kebersihan permukaan sambungan tidak diperlukan, karena selama proses friction permukaan akan terkelupas dan terdeformasi sebagian luar, tidak memerlukan logam pengisi, pelindung flux dan gas pelindung selama proses, tidak terdapat cacat akibat fenomena pencairan dan pembekuan, dimungkinkan untuk menyambung dua material

logam yang berbeda, dan proses cepat dan efektif sehingga pengerjaan lebih ekonomis. Sedangkan kelemahan dari *friction welding* adalah benda yang disambung harus simetris, desain sambungan terbatas pada permukaan plat, dan bentuk batang bulat dan salah satu material yang disambung harus memiliki sifat mampu dideformasi secara plastis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium paduan dan kuningan. Aluminium paduan dipilih karena memiliki sifat-sifat seperti ringan, kuat, penghantar panas yang baik, konduktor listrik yang baik, tahan korosi dan non-magnetik. Sedangkan kuningan dipilih karena memiliki sifat-sifat seperti konduktor listrik yang baik, tahan korosi, dan mudah dibentuk. Mesin yang digunakan pada penelitian ini yaitu Mesin Bubut dengan variasi kecepatan putaran yang digunakan yaitu (650 rpm, 800 rpm, 1020 rpm, 1200 rpm, dan 1500 rpm). Pengujian dilakukan dengan beberapa proses yaitu pengujian bending, pengujian kekerasan, pengujian metalografi, SEM, EDS, XRD, dan XRF. Dari beberapa pengujian ini diperoleh data-data tentang hasil *friction welding* yaitu komposisi, kekuatan, kekerasan dan struktur mikro. Dari hasil uji bending kekuatan hasil sambungan Al-CuZn cenderung rendah. Kekuatan bending meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan putaran (tertinggi rata-rata 16,22 kgf/mm²). Nilai kekerasan Vickers pada titik sambungan Al-CuZn memiliki rata-rata 136,25 HV. Dari hasil penelitian XRF diperoleh bahan CuZn termasuk tembaga paduan dimana (Cu 58,54% dan Zn 37,23%) dan pada Al termasuk aluminium murni (seri 1xxx). Terjadi difusi pada *interfaces* antara Al dan CuZn yang menghasilkan fasa intermetalik dari senyawa yaitu Al₂Cu (*khatyrkite*). Diperoleh dari hasil uji XRD, muncul *peak-peak* utama pembentuk Al₂Cu, Al₂Cu bersifat rapuh dan getas.

Kata Kunci : Pengelasan Gesek, Al-CuZn, Sifat Mekanik, Mikrostruktur

SUMMARY

MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE ANALYSIS
USING FRICTION WELDING BETWEEN ALUMINIUM ALLOY AND
BRASS BY ROTATION SPEED VARIATION

Agus Dwi Harnleo ; *Supervised by* Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D

ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN MIKROSTRUKTUR HASIL
SAMBUNGAN PENGELASAN GESEK ANTARA ALUMINIUM PADUAN
DAN KUNINGAN DENGAN VARIASI KECEPATAN PUTARAN

xxvii + 62 pages, 15 table, 30 images, 6 attachment

SUMMARY

Friction welding includes the type of solid state welding where the welding process is carried out using solid phase. Heat input of welding is obtained from the direct conversion of mechanical energy into thermal energy through friction mechanism. This welding does not require a heat source from electricity or combustion, but a direct conversion from mechanical energy to heat energy. The heat generated from the friction process between interfaces will increase the temperature of the object in the axial direction with a relatively very short distance. Splicing occurs when the interface surface reaches temperatures below the liquid temperature. Fusion of both material occurs due to the influence of pressure on plastic metal mixing and diffusion mechanisms. Furthermore, the heat is stored in the material that is connected to increase the temperature. At certain temperatures the material is in perfect plastic properties and the press is easily deformed. With the presence of chemical diffusion events, the connection process will be carried out on the connected metal surface. The advantages of this friction welding are that the cleanliness of the connection surface is not required, because during the friction process the surface will be exfoliated and deformed to the outside, no filler metal, protective flux and protective gas during the process, no defects due to liquefaction and freezing, it is possible to connect two different metal

materials, and the process is fast and effective so workmanship is more economical. Whereas the weakness of friction welding is that the object to be connected must be symmetrical, the design of the joint is limited to the surface of the plate, and the shape of the rod is round and one of the connected material must have the ability to be deformed plastically. The material used in this study is aluminum alloy and brass. Aluminum alloys are chosen due to have properties such as light, strong, good heat conductors, good electrical conductors, corrosion resistant and non-magnetic. Whereas brass is chosen because it has properties such as good electrical conductors, corrosion resistance, and easy to form. The machine used in this study is the Lathe Machine with variations in rotation speed used, namely (650 rpm, 800 rpm, 1020 rpm, 1200 rpm, and 1500 rpm). Tests were carried out with several processes namely bending testing, hardness testing, metallographic testing, SEM, EDS, XRD, and XRF. From some of these tests obtained data about the results of friction welding, namely composition, strength, hardness and microstructure. From the results of the bending test the strength of the results of the Al-CuZn joints tends to be low. Bending strength increases with increasing rotation speed (highest average 16.22 kgf / mm²). Vickers hardness value at the Al-CuZn connection point has an average of 136.25 HV. From the results of XRF research, CuZn materials including copper alloys were obtained (Cu 58.54% and Zn 37.23%) and in Al including pure aluminum (1xxx series). Diffusion occurs at the interfaces between Al and CuZn which produce the intermetallic phase of the compound namely Al₂Cu (khatyrkite). Obtained from the XRD test results, the main peaks forming Al₂Cu appear, Al₂Cu is brittle and brittle.

Keywords: Friction Welding, Al-CuZn, Mechanical Properties, Microstructure

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya kepada penulis. Sholawat teriring penulis hanturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita pada jalan yang penuh berkah, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan Judul **“Analisis Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Hasil Sambungan Pengelasan Gesek Antara Aluminium Paduan dan Kuningan Dengan Variasi Kecepatan Putaran”** ini disusun untuk memenuhi syarat mengikuti siding skripsi pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu dan memberi bimbingan selama penyusunan proposal skripsi ini. Tak lupa juga penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung, yaitu kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Amir Arifin, ST, M.Eng, Ph.D selaku Dosen Pembimbing sekaligus Sekretaris Jurusan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Kedua Orang tuaku dan saudara – saudaraku yang telah memberikan doa, dorongan dan semangat dalam menyelesaikan Pendidikan di Universitas Sriwijaya.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan wawasan dan ilmu kepada penulis selama ini.

6. Teman-teman seperjuangan di jurusan teknik mesin khususnya angkatan 2017 Alih Program D3 ke S1 yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan studi ini.
7. Para Karyawan dan Staff Jurusan Teknik Mesin yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya penulis mengharapkan semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya, serta pembaca umumnya. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam menyusun laporan ini akibat keterbatasan yang penulis miliki, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak demi kebaikan dan kesempurnaan skripsi ini.

Terima kasih,

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Palembang, Januari 2019

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS.....	xi
RINGKASAN.....	xiii
SUMMARY.....	xv
KATA PENGANTAR.....	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
LAMPIRAN.....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pengertian Pengelasan.....	7
2.2 Las Tekan (<i>Solid State Welding</i>).....	7
2.3 Las Gesek (<i>Friction Welding</i>).....	9
2.4 Teknik <i>Friction Welding</i>	11
2.4.1 <i>Direct Drive Welding</i>	12
2.4.2 <i>Inertia Drive Welding</i>	13
2.5 Kelebihan dan Kekurangan <i>Friction Welding</i>	15
2.5.1 Kelebihan <i>Friction Welding</i>	15

2.5.2	Kekurangan <i>Friction Welding</i>	15
2.6	<i>Friction Welding</i> untuk Material Sejenis (<i>Similar metals</i>) dan Tidak Sejenis (<i>Dissimilar Metals</i>).....	15
2.6.1	<i>Friction Welding</i> untuk Material Sejenis (<i>Similar Metals</i>).....	15
2.6.2	<i>Friction Welding</i> untuk Material Tidak Sejenis (<i>Disimilar Metals</i>).....	17
2.7	Alumunium dan Paduannya	20
2.7.1	Definisi Umum Aluminium.....	20
2.7.2	Sifat Aluminium dan Paduan	21
2.7.3	Aluminium Paduan	23
2.8	Tembaga Paduan Seng (Kuningan).....	26
2.8.1	Definisi Kuningan	26
2.8.2	Macam-macam Tembaga dan Paduannya Serta Kode Penamaan	27
2.8.3	Klasifikasi Tembaga Paduan.....	31
BAB 3 PENULISAN METODELOGI PENELITIAN		33
3.1	Diagram Alur Penelitian	33
3.2	Studi Literatur	34
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	34
3.4	Persiapan Alat dan Bahan	34
3.4.1	Persiapan Alat	35
3.4.2	Persiapan Bahan.....	36
3.5	Proses Pengerjaan <i>Friction Welding</i>	36
3.6	Parameter <i>Friction Welding</i>	37
3.7	Pengujian	38
3.7.1	Pengujian Bending	38
3.7.2	Pengujian Kekerasan Vickers	39
3.7.3	Pengujian Metalografi.....	40
3.7.4	Pengujian SEM.....	41
3.7.5	Pengujian XRD	42
3.8	Analisa dan Pembahasan.....	43
3.9	Hasil yang Diharapkan.....	44
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Spesimen <i>Friction Welding</i> Al-CuZn	45

4.2	Pengujian XRF	46
4.3	Pengujian Bending	47
4.4	Pengujian Kekerasan Vickers	48
4.5	Pengujian SEM	50
4.6	Pengujian EDS	52
4.7	Pengujian Metalografi	56
4.8	Pengujian XRD	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	62
DAFTAR RUJUKAN		xxix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Beberapa Jenis <i>Solid State Welding</i>	9
Gambar 2 Tahapan Proses <i>Friction Welding</i>	10
Gambar 3 Sistem <i>Friction Welding</i> dengan Cara <i>Direct Drive Welding</i>	12
Gambar 4 Grafik Tahapan Proses <i>Direct-Drive Welding</i>	13
Gambar 5 Skema Proses <i>Inertia Drive Welding</i>	13
Gambar 6 Grafik Tahapan Proses <i>Inertia-Drive welding</i>	14
Gambar 7 Diagram alur penelitian.....	33
Gambar 8 Ukuran Benda Kerja dan Mesin <i>Friction Welding</i>	37
Gambar 9 Mesin Uji Bending	39
Gambar 10 Alat dan Pengujian Vickers.....	39
Gambar 11 Mikroskop Metalurgi.....	41
Gambar 12 Alat Pengujian SEM	42
Gambar 13 Spesimen Hasil Pengelasan Gesek Al-CuZn	45
Gambar 14 Grafik Hasil Pengujian Bending	42
Gambar 15 Spesimen Uji Kekerasan Vickers	48
Gambar 16 Grafik Persebaran Nilai Kekerasan Vickers.....	49
Gambar 17 Pengamatan SEM Keseluruhan	50
Gambar 18 Pengamatan SEM Pada Perbesaran 100x	51
Gambar 19 Pengamatan SEM Pada Perbesaran 500x	51
Gambar 20 Pengamatan SEM Pada Perbesaran 1000x	52
Gambar 21 Titik Yang Diambil Pada Sampel Al-CuZn	53
Gambar 22 Hasil EDS Pada Titik #1 Al-CuZn	53
Gambar 23 Hasil EDS Pada Titik #2 Al-CuZn	54
Gambar 24 Hasil EDS Pada Titik #3 Al-CuZn.....	55

Gambar 25 Pengamatan Mikro Pada Sambungan Al-CuZn (Perbesaran 10x)	56
Gambar 26 Pengamatan Mikro Pada Sambungan Al-CuZn (Perbesaran 100x)	57
Gambar 27 Mikrostruktur Al Pada a) Logam Induk dan b) HAZ (200x).....	57
Gambar 28 Spesimen Pengujian XRD	58
Gambar 29 Hasil Uji XRD Spesimen Al, CuZn dan Al-CuZn	59
Gambar 30 Hasil Uji XRD Spesimen Sambungan Lasan Al-CuZn.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Parameter untuk <i>inertia drive friction welding</i> untuk material sejenis pada diameter benda kerja 1 inch.....	16
Tabel 2.	Parameter untuk <i>inertia drive friction welding</i> untuk material tidak sejenis pada diameter benda kerja 1 inch.....	17
Tabel 3.	Karakteristik Aluminium.....	21
Tabel 4.	Klasifikasi Aluminium.....	23
Tabel 5.	Karakteristik Tembaga.....	26
Tabel 6.	Komposisi Kimia dan Sifat Mekanik Umum Kuningan.....	31
Tabel 7.	Klasifikasi Tembaga Paduan	32
Tabel 8.	Parameter <i>Friction Welding</i>	37
Tabel 9.	Uraian Kegiatan Selama Pelaksanaan Pengumpulan Data	43
Tabel 10.	Data Hasil Uji XRF Pada Material a) Aluminium Paduan dan b) Kuningan.....	46
Tabel 11.	Hasil Pengujian Bending.	47
Tabel 12.	Hasil EDS Pada Titik #1 Al-CuZn.	54
Tabel 13.	Hasil EDS Pada Titik #2 Al-CuZn.	55
Tabel 14.	Hasil EDS Pada Titik #3 Al-CuZn.	56
Tabel 15.	<i>Peak</i> Utama Hasil Pengujian Al, CuZn dan Al-CuZn.	59

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 1. Data Hasil Uji XRF Pada Material Aluminium Paduan.....	63
Gambar 2. Data Hasil Uji XRF Pada Material Kuningan.....	63
Gambar 3. Data Vickers.	63
Gambar 4. Mesin Bubut untuk <i>Friction Welding</i>	64
Gambar 5. Alat Detektor Pengujian XRF.	64
Gambar 6. JIG Pengujian XRF	64

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman sekarang ini, pengelasan telah banyak digunakan di proses manufaktur. Di Indonesia sendiri, pengelasan sudah banyak dilakukan dengan berbagai macam jenis, antara lain SMAW (*Shield Metal Arc Welding*), *Oxy Acetylene Welding* atau sering disebut sebagai las karbit, *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) yang terdiri dari *Tungsten Inert Gas* (TIG) dan *Metal Inert Gas* (MIG) dll. Tetapi ada proses pengelasan yang jarang dilakukan yaitu pengelasan gesek atau *friction welding*.

Friction welding merupakan metode penyambungan logam tanpa menggunakan logam pengisi, yang mana proses penyambungan terjadi akibat adanya penggabungan antara laju putaran dari salah satu benda kerja dengan gaya tekan yang dilakukan oleh benda kerja lain terhadap ujung benda kerja yang berputar. Pengelasan ini termasuk jenis pengelasan *solid-state* tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*) dimana tidak ada listrik atau sumber energi lain yang digunakan tetapi menggunakan metode tekanan, dimana dua benda kerja yang akan disambung ditempatkan dalam kontak dan diatur gerakan relatif dalam tekanan, maka gesekan antara dua benda kerja tersebut akan membangkitkan panas (*heat generated*) pada permukaan kontak (*interface*), ketika sudah mencapai temperatur tempa maka diberikan tekanan tempa secara aksial sehingga mengalami deformasi plastis kemudian ikatan dalam keadaan padat. Pada dasarnya terdapat beberapa parameter penting dalam proses pengelasan gesek (*friction welding*) meliputi durasi gesekan (*friction time*) , kecepatan putaran (*rotational speed*), dan tekanan aksial (*friction axial pressure*).

Beberapa kekurangan dan kendala yang ditemukan dalam pengelasan cair atau busur listrik. Ketebalan material yang akan dilas relatif kecil dan

penyambungan silinder yang besar mengalami kesulitan karena harus dilakukan secara bertahap agar lapisan logam mengisi sempurna. Oleh karena itu, terdapat beberapa kelebihan *friction welding* antara lain tidak memerlukan fluks atau pelindung lasan, tanpa bahan pengisi (*filler*), tidak ada percikan api ataupun asap yang dihasilkan, daerah pengaruh panas (HAZ) pada material yang disambung relatif sempit karena panas yang terjadi tidak mencapai temperatur cair dan adanya tekanan tanpa memungkinkan efek negatif pemansan logam akan tereliminasi (misalnya porositas, pembesaran butiran, segregasi atau inklusi terak). Selain itu metode *friction welding* juga dapat digunakan untuk material tidak sejenis (*dissimilar metals*) karena tidak ada metode pengelasan alternatif lainnya yang dapat digunakan. Contoh dari jenis sambungan ini yaitu kombinasi material yang memiliki titik leleh yang sangat berbeda dan kombinasi *dissimilar metals* yang memiliki fase yang tidak cocok ketika pengelasan fusi.

Pada penelitian ini, kombinasi *dissimilar metals* yang akan diteliti yaitu aluminium paduan dan kuningan. Pada aluminium paduan dan kuningan secara umum mempunyai sifat mampu lasnya rendah karena pada kuningan memiliki kandungan tembaga (Cu) cukup tinggi yang menyebabkan mudah terjadi retak panas dan porositas, sedangkan pada aluminium paduan memiliki titik cair yang rendah dengan daya hantar panas yang tinggi membuat kesulitan menggunakan pengelasan cair. Kondisi ini membuat kedua material ini sulit disambung dengan proses pengelasan cair, maka metode pengelasan gesek (*friction welding*) digunakan untuk penelitian dan pengembangannya. Untuk itu, bagian yang akan diteliti adalah hasil penyambungan pada aluminium paduan dan kuningan yaitu kekuatan sambungan las akibat pengaruh variasi kecepatan putaran dan durasi gesekan pada pengelasan gesek, sehingga dapat diketahui bagaimana perubahan yang terjadi pada kekuatan sambungan hasil lasan. Akibat variasi tersebut mengakibatkan panas (*heat generated*) yang terjadi berbeda dan ini sangat mempengaruhi kualitas sambungan. Sampel yang dihasilkan akan diuji dengan beberapa pengujian. Pengujian sifat mekanik meliputi uji tarik dan uji kekerasan Vickers, analisa mengenai perubahan

struktur mikro menggunakan pengujian metalografi dan SEM, dan analisa komposisi kimia menggunakan pengujian XRD.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk memperjelas arah penelitian, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi tentang proses penyambungan antara aluminium paduan dan kuningan dengan metode pengelasan gesek (*friction welding*). Permasalahan yang dihadapi pada pengelasan logam tidak sejenis (*dissimilar metal*) adalah perbedaan temperatur titik lelehnya. Pengaruh variasi parameter proses pengelasan pada kecepatan putaran terhadap sifat mekanis dan mikrostruktur hasil sambungan las.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan masalah yang akan dibahas agar lebih jelas, fokus dan terarah, maka permasalahan yang penulis bahas dibatasi sebagai berikut :

1. Persiapan sampel hasil pengelasan gesek antara aluminium paduan dan kuningan, proses pengelasan dilakukan secara eksperimen dengan variasi kecepatan putaran, sedangkan tekanan gesek dan tekanan tempa sama atau stabil pada satu tekanan. Jumlah sampel yang akan dilihat sebanyak 16 buah, setiap bahan berukuran diameter 12 mm dan panjang 17 mm.
2. Persiapan metalografi untuk melihat struktur mikro dan makro pada sampel hasil sambungan dengan pengamatan menggunakan mikroskop metalurgi. Sebelum pengamatan, sampel yang telah dipotong kemudian dilanjutkan beberapa proses yaitu *mounting*, pengamplasan, pemolesan, pengetsaan. Pembersihan dan pengeringan.

3. Pengujian XRD (*X-ray Diffraction*) untuk meneliti struktur mikro seperti fasa kristal, butir-butir, ukuran butir, komposisi material, dan unsur yang ada pada sampel tersebut.
4. Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk meneliti tekstur permukaan sampel (topografi), bentuk dan ukuran dari partikel penyusun (morfologi), data kuantitatif unsur dan senyawa (komposisi) dan susunan atom penyusun sampel (kristalografi).
5. Pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers dimana indentor intan berbentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan-permukaan yang berhadapan 136° . Penekanan oleh indentor dilakukan di beberapa titik pada permukaan sampel.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menginvestigasi proses penyambungan antara aluminium paduan dan kuningan dengan metode pengelasan gesek (*friction welding*). Fasa baru dari penyambungan material berbeda jenis akan terbentuk (*fasa intermetalik*) antara aluminium paduan dan kuningan.
2. Untuk menganalisis kekuatan, kekerasan, komposisi dan struktur mikro yang dihasilkan pada daerah sambungan las. Sehingga diperoleh parameter yang menghasilkan sambungan terbaik setelah dilakukan pengujian dan analisa.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menambah wawasan kita tentang pengelasan dengan metode *friction welding*.
2. Mengetahui karakteristik fisik dan mekanik dari sampel hasil sambungan setelah melakukan analisa dan pengujian.
3. Memberikan kontribusi atas pengetahuan kepada mahasiswa Teknik mesin khususnya dan civitas akademika tentang hasil sambungan *friction welding* dengan variasi kecepatan putaran yang diberikan.

1.6 Sistematika Penelitian

Adapun sistematika dari penelitian ini adalah :

BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan serta sistematika penulisan dari proposal skripsi ini.

BAB 2 : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tentang landasan teori yang menjadi acuan untuk penelitian ini.

BAB 3 : Metodologi Penelitian

Bab ini membahas tentang metodologi penelitian.

BAB 4 : Analisa dan Pembahasan

Bab ini membahas tentang pembahasan dari penelitian ini.

BAB 5 : Kesimpulan dan Penutup

Bab ini Membahas tentang kesimpulan dan saran dari penelitian ini.



DAFTAR RUJUKAN

- ASM Handbook. 1995. Mechanical Testing, Volume 8
- ASM Handbook. 1996. Surface Engineering, Volume 5
- ASM Handbook. 1996. Welding and Brazing, Volume 12
- Budinski. Kenneth , Michael, 1999. Engineering Materials, Prentice-Hall International. London.
- Callister, W.D., Material Science dan Engineering, John Wiley & Sons, Inc. Canada
- Fukumoto ,S., Tsubakino, H. 2000. Amorphization By Friction Welding Between 5052 Aluminium Alloy and 304 Stainless Steel, Scripta material, Pergamon.
- Inkson, B.J., Threadgill, P.L. 1998. Friction Welding of FeAl40 Grade 3 ODS alloy, Material Science and Engineering, Elsevier.
- Amstead, B.H., Philip F., Myron L.B dan Sriati D., 1989. *Teknologi Mekanik* PT. Gelora Aksara Pratama.
- Anggara, Fendi. Skripsi. 2012. "Analisa Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Al-Mg-Si Hasil Pengelasan *Linier Friction Welding* dengan Variasi *Rotation Speed*". Jember: Jurusan Teknik Mesin Jember
- ASM Internasional. 1994. Fundamentals of Friction Welding, *ASM Handbook, Welding, Brazing and Soldering. (Vol 6)*.
- D. Manideep and K. Balachandar, 2012. Welding Parameters-Metallurgical Properties Correlation of Friction Welding of Austenitic Stainless Steel and Ferritic Stainless Steel. *Journal of Applied Sciences*, 12: 1013-1019
- Hu, Y., Tsujino, R., Higashi, T., Ueda, Y., & Iguchi, M. (2014). *Development of Al/Cu Dissimilar Joint By New Friction Welding Method. The 3rd Internasional Conference on Design Engineering and Science.*
- Jeslin, B., Kumar, M. D., & Venkatakrishnan, P.G (2015). *Parameter Optimization on Friction Welding of Aluminium Alloy 6082T6 & Copper. Internasional Journal of Innovative Reseach In Techonology, volume 1 (Issue 12).*
- YS Irawan, M Wirohardjo, MS Ma'arif. *Tensile strength of weld joint produced by spinning friction welding of round aluminum A6061 with various chamfer angles.*
- Rombout, P. (2011). Joining of dissimilar material through rotary friction welding. *Mechanical Construction and Production.*
- ASM Internasional, (1998). *Properties and Selection : Nonferrous Alloys and Special-Purpose*

Materials (Vol. 2). Metals Handbook.

Surdia, T. & Saito, S, (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*.

Pah, J. C. A., Irawan, Y. S., & Suprpto, W. (2018). Pengaruh Waktu dan Tekanan Gesek Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Paduan Aluminium dan Baja Karbon Pada Pengelasan Gesek Continuous Drive. *Junral Rekayasa Mesin, Vol.9*.

Purnomo, A., Bayuseno, A., Nugroho, S., & Haryanto, P. (2012). Pengaruh Kecepatan Putar dan Tekanan Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Sambungan Friction Welding Antara Bahan Paduan Tembaga dan Paduan Aluminium, *Polines National Engineering Seminar*.

ASM Handbook Vol 15: Casting. 9th Edition. ASM International. (1998)