SKRIPSI

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

JUNO FEBRIANO

03051381720002

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

621.977.07
Jun
s
2019

507125

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

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
U P T
PERPUSTAKAAN

JUNO FEBRIANO
03051381720002

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

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

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

JUNO FEBRIANO
03051381720002

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

HALAMAN PENGESAHAN

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

SKRIPSI

Dibuat Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Diusulkan Oleh :
JUNO FEBRIANO
03051381720002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

Palembang, Desember 2018
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 Tembaga Paduan Dengan Variasi Kecepatan Putaran**" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 29 Desember 2018.

Palembang, Desember 2018

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Laporan Skripsi

Ketua Penguji :

1. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D ( )
   NIP. 197705072001121001

Anggota :

2. Ir. Helmi Alian, M.T (17-01-19)
   NIP. 195910151987031006
3. Muhammad Yanis, S.T, M.T (18-01-19)
   NIP. 197002281994121001

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

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA	:	JUNO FEBRIANO
NIM	:	03051381720002
JURUSAN	:	TEKNIK MESIN
JUDUL	:	ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN MIKROSTRUKTUR HASIL SAMBUNGAN PENGELASAN GESEK ANTARA ALUMINIUM PADUAN DAN TEMBAGA PADUAN DENGAN VARIASI KECEPATAN PUTARAN
DIBERIKAN	:	AGUSTUS 2018
SELESAI	:	DESEMBER 2018

Palembang, Desember 2018
Diperiksa dan disetujui oleh
Dosen Pembimbing

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa	:	Juno Febriano
NIM	:	03051381720002
Juduk Skripsi	:	Analisis Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Hasil Sambungan Pengelasan Gesek Antara Aluminium Paduan dan Tembaga Paduan Dengan Variasi Kecepatan Putaran

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

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tampa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Januari 2019

Juno Febriano

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa	:	Juno Febriano
NIM	:	03051381720002
Juduk Skripsi	:	Analisis Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Hasil Sambungan Pengelasan Gesek Antara Aluminium Paduan dan Tembaga Paduan 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



Juno Febriano

RINGKASAN

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

Juno Febriano; Dibimbing oleh Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D

MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE ANALYSIS USING FRICTION WELDING BETWEEN ALUMINUM ALLOY AND COPPER ALLOY BY ROTATION SPEED VARIATION

xxvii + 76 halaman, 16 tabel, 49 gambar , 5 lampiran

RINGKASAN

Pengelasan gesek merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan pengelasan cair. 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 kedua material yang disambung menjadi dingin dan membentuk ikatan dalam keadaan padat. Variasi yang digunakan yaitu pada kecepatan putaran (650 rpm, 800 rpm, 1020 rpm dan 1500 rpm). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium paduan dan tembaga paduan. Aluminium paduan dipilih pada penelitian ini karena memiliki sifat-sifat seperti ringan, kuat, penghantar panas yang baik, konduktor listrik yang baik, tahan korosi dan non-magnetik. Sedangkan tembaga paduan dipilih karena memiliki sifat-sifat seperti konduktor listrik yang baik, tahan korosi, dan mudah dibentuk. Pengujian dilakukan dengan beberapa proses yaitu pengujian bending, pengujian kekerasan, pengujian metalografi, SEM, EDS, XRD, dan XRF. Dari beberapa pengujian ini akan diperoleh data-data tentang hasil friction welding yaitu komposisi, kekuatan, kekerasan dan struktur mikro. Tujuan penulis adalah untuk menginvestigasi proses penyambungan antara aluminium paduan dan tembaga paduan dengan metode pengelasan gesek. Fasa baru dari penyambungan material berbeda jenis akan terbentuk (fasa intermetalik) antara Al dan Cu, selanjutnya menganalisis kekuatan, kekerasan, komposisi dan struktur mikro yang dihasilkan pada daerah sambungan las. Dari hasil penelitian XRF diperoleh pada bahan Cu termasuk tembaga murni (Cu 99.95%) dan pada Al termasuk aluminium murni (seri 1xxx). Terjadi difusi pada interface antara Al dan Cu yang menghasilkan fasa intermetalik atau

senyawa baru yaitu Al_2Cu (khatyrkite). Diperoleh dari hasil uji XRD, muncul *peak-peak* utama pembentuk Al_2Cu. Al_2Cu bersifat rapuh dan getas, dari hasil uji bending kekuatan hasil sambungan Al-Cu cenderung rendah. Kekuatan bending meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan putaran (tertinggi rata-rata 2.31 Kgf/mm^2). Nilai kekerasan Vickers pada titik sambungan Al-Cu memiliki nilai rata-rata 136.24 HV.

Kata Kunci : Pengelasan Gesek, Al-Cu, Sifat Mekanik, Mikrostruktur.

SUMMARY

MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE ANALYSIS USING FRICTION WELDING BETWEEN ALUMINUM ALLOY AND COPPER ALLOY BY ROTATION SPEED VARIATION

Juno Febriano; Supervised by Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D

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

xxvii + 76 pages, 16 tables, 49 images, 5 attachment

SUMMARY

Friction welding is one of the solutions of dissimilar metal joint which is difficult to joint with liquid welding. It includes a type of solid-state welding without filler metal, no electricity or other energy sources used but uses a pressure method. Two materials are placed in contact condition and relative motion under pressure, then the friction will increase the temperature on the contact surface (interface) until they reach forge temperature. Then the axial pressure is given axially, plastic deformation then they joined cools and forms a bond in a solid state. Variations of rotational speeds (650 rpm, 800 rpm, 1020 rpm and 1500 rpm). The aim of the author is to investigate the connection processes between aluminum alloy and copper alloy with friction welding method. A new phase of joining different material will be formed (the intermetallic phase) between Al and Cu then analyzes the strength, hardness, composition and microstructure in the weld joint area. From the results of XRF research obtained on Cu material was pure copper (Cu 99.95%) and on Al material was pure aluminum (1xxx series). Diffusion occurs on the interface between Al and Cu which produces an intermetallic phase or a new compound, namely Al_2Cu (khatyrkite). Obtained from the results of the XRD test, the main peaks forming Al_2Cu appear. This compound is brittle, from the bending test results the strength of the results of Al-Cu joints tends to be weak. Metallography result, the specimens were etched using a solution of NaOH and water. Observations on the AL-Cu interface show that the new Al_2Cu (khatyrkite) and Al-Cu compound phase parallel to the interface interdiffusion. This compounds color were grey which is different from aluminum and corroded when immersed in NaOH etching. Bending strength increases as the highest rotation speed increases by an average of 2.31 Kgf / mm^2. Vickers

hardness value at the Al-Cu connection point has an average value of 136.24 HV.

Keywords : Friction Welding, Al-Cu, Mechanical Properties, microstructure.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Alah 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 Tembaga Paduan Dengan Variasi Kecepatan Putaran**" ini disusun untuk memenuhi syarat mengikuti sidang akhir 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 laporan 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. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan wawasan dan ilmu kepada penulis selama ini.
4. Istri dan kedua anakku yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materiil yang tidak ternilai harganya.
5. Kedua Orang tua, Mertua dan adik – adikku yang telah memberikan doa dan semangat untuk menyelesaikan pendidikan di Universitas Sriwijaya

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 Staf 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 laporan 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 laporan skripsi ini.

Terima kasih,

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Palembang,
Januari 2019

Penulis

UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
NO. DAFTAR : 192567
TANGGAL : 12 FEB 2019

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN iii
HALAMAN PERSETUJUAN v
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ix
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS xi
RINGKASAN xiii
SUMMARY xv
KATA PENGANTAR xvii
DAFTAR ISI xix
DAFTAR GAMBAR xxiii
DAFTAR TABEL xxv
DAFTAR LAMPIRAN xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Sistematika Penulisan 5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Definisi Umum Pengelasan 7
2.2 Pengelasan Tekan (*Solid-State Welding*) 8
2.3 Pengelasan Gesek (*Friction Welding*) 10
2.4 Pengelasan Gesek Rotasi (*Rotary Friction Welding*) 11
2.5 Teknologi *Friction Welding* 13
2.5.1 Proses *Direct Drive Welding* 14
2.5.2 Proses *Inertia Drive Welding* 16
2.6 Kelebihan dan Kekurangan *Friction Welding* 17
2.6.1 Kelebihan 17

UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2.6.2 Kekurangan 18
2.7 Daerah *Heat Affected Zone* dan *Fusion Zone* 18
2.8 *Friction Welding* Untuk Material Sejenis (*Similar Metals*) 21
2.9 *Friction Welding* Untuk Material Non- Sejenis (*Dissimilar Metals*). 23
2.10 Aplikasi *Friction Welding* 27
2.11 Kombinasi Material Pada *Friction Welding* 28
2.12 Alumunium dan Paduannya 29
2.12.1 Definisi Umum Aluminium 29
2.12.2 Sifat Aluminium dan Paduannya 31
2.12.3 Aluminium Paduan 33
2.13 Tembaga dan Paduannya 40
2.14 Pengelasan Antara Al dan Cu 43
BAB 3 METODELOGI PENULISAN 45
3.1 Diagram Alur Penelitian 45
3.2 Studi Literatur 46
3.3 Persiapan Alat dan Bahan 46
3.3.1 Persiapan Alat 46
3.3.2 Persiapan Bahan 47
3.4 Proses *Friction Welding* 48
3.4.1 Parameter *Friction Welding* 49
3.5 Pengujian 50
3.5.1 Pengujian Bending 51
3.5.2 Pengujian Kekerasan Vickers 51
3.5.3 Pengujian Metalografi 52
3.5.4 Pengujuan SEM 54
3.5.5 Pengujian XRD 55
3.6 Analisa dan Pembahasan 55
3.7 Jadwal dan Tempat Penelitian 55
3.8 Hasil Yang Diharapkan 56
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN 57
4.1 Spesimen *Friction Welding* Al-Cu 57
4.2 Pengujian XRF 58
4.3 Pengujian *Bending* 59
4.4 Pengujian Kekerasan Vickers 61

4.5 Pengujian XRD 63
4.6 Pengujian SEM 67
4.7 Pengujian EDS 69
4.8 Pengujian Metalografi 72
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 75
5.1 Kesimpulan 75
5.2 Saran 76
DAFTAR RUJUKAN xxix
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Beberapa jenis *Solid-State Welding* 10
Gambar 2. Beberapa jenis *Friction Welding* 11
Gambar 3. Proses *Rotary Friction Welding* 11
Gambar 4. Skema proses *direct drive welding* 14
Gambar 5. Grafik tahapan proses *direct-drive welding* 15
Gambar 6. Skema proses *inertia drive welding* 16
Gambar 7. Grafik tahapan proses *inertia-drive welding* 17
Gambar 8. Bagian – bagian material hasil *friction welding* 19
Gambar 9. Skematik pengaruh parameter pengelasan material sejenis 20
Gambar 10. *Friction welding* antara alumunium dengan baja 23
Gambar 11. Aplikasi *friction welding* di dunia industri 28
Gambar 12. Kombinasi material pada *friction welding* 29
Gambar 13. Struktur mikro pada aluminium murni (100 μm) 34
Gambar 14. Diagram fasa Al-Cu 35
Gambar 15. Diagram fasa Al-Mn 36
Gambar 16. Diagram fasa Al-Mg 37
Gambar 17. Diagram fasa Al-Si 38
Gambar 18. Diagram fasa Al-Zn 39
Gambar 19. Struktur mikro pada tembaga murni (200 μm) 41
Gambar 20. Diagram fasa Cu-Zn 42
Gambar 21. Diagram fasa Cu-Sn 43
Gambar 22. Fasa intermetalik pada *Explosive Welding* Al-Cu (100 μm) 44
Gambar 23. Dagram alur penelitian 45
Gambar 24. Ukuran benda kerja dan mesin *Friction Welding* 49
Gambar 25. Sketsa spesimen uji kekerasan 51
Gambar 26. Alat pengujian kekerasan Vickers 52
Gambar 27. Mikroskop metalurgi 53
Gambar 28. Alat pengujian SEM 54
Gambar 29. Spesimen hasil pengelasan gesek Al-Cu 57

Gambar 30. Spesimen setelah dibelah (a). Al-Cu dibingkai, (b). Al dibingkai, (c). Al-Cu tanpa dibingkai, (d) Cu dibingkai 58
Gambar 31. Data hasil uji XRF pada material (a) Tembaga dan (b) Aluminium 59
Gambar 32. Grafik hasil pengujian bending 60
Gambar 33. Spesimen uji kekerasan Vickers (a). Al, (b). Al-Cu, (c) Cu 61
Gambar 34. Grafik persebaran nilai kekerasan Vickers 62
Gambar 35. Spesimen pengujian XRD (a). Cu, (b). Al-Cu, (c). Al 64
Gambar 36. Hasil uji XRD spesimen Al, Cu, dan AL-CU 64
Gambar 37. Hasil uji XRD spesimen sambungan lasan Al-Cu 65
Gambar 38. *Peak* pada grafik fasa intermetalik Al_2Cu 66
Gambar 39. Pengamatan SEM keseluruhan 67
Gambar 40. Pengamatan SEM pada perbesaran 100X 68
Gambar 41. Pengamatan SEM pada perbesaran 500X 68
Gambar 42. Pengamatan SEM pada perbesaran 1000X 69
Gambar 43. Titik yang diambil pada sampel Al-Cu 70
Gambar 44. Hasil EDS pada Titik #1 Al-Cu 70
Gambar 45. Hasil EDS pada Titik #2 Al-Cu 71
Gambar 46. Hasil EDS pada Titik #3 Al-Cu 72
Gambar 47. Pengamatan Mikro pada sambungan Al-Cu (perbesaran 10X) 73
Gambar 48. Pengamatan Mikro pada sambungan Al-Cu (perbesaran 100X) 73
Gambar 49. Mikrostruktur Al pada a). logam induk dan b). HAZ (400X) 74

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Parameter untuk *inertia drive friction welding* untuk material sejenis pada diameter benda kerja 1 inch (ASM Handbook) 22

Tabel 2. Parameter untuk *inertia drive friction welding* untuk material tidak sejenis pada diameter benda kerja 1 inch (ASM Handbook) 24

Tabel 3. Karakteristik aluminium 30

Tabel 4. Klasifikasi aluminium 34

Tabel 5. Karakteristik Tembaga 40

Tabel 6. Perbandingan karakteristik antara aluminium dan tembaga..... 48

Tabel 7. Parameter *friction welding*..... 50

Tabel 8. Uraian kegiatan selama pelaksanaan pengumpulan data 56

Tabel 9. Hasil pengujian bending..... 60

Tabel 10. Hasil uji kekerasan Vickers 61

Tabel 11. *Peak* utama hasil pengujian Al, Cu, dan Al-Cu..... 65

Tabel 12. *Peak* utama pembentuk Al_2Cu (*khatyrkite*)..... 66

Tabel 13. Hasil EDS pada Titik #1 Al-Cu 70

Tabel 14. Hasil EDS pada Titik #2 Al-Cu 71

Tabel 15. Hasil EDS pada Titik #3 Al-Cu 72

Tabel 16. Uraian kegiatan selama pelaksanaan pengumpulan data 56

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 1. Mesin Bubut SS-1000
Gambar 2. Alat Uji SEM
Gambar 3. Alat Uji XRD
Gambar 4. Alat uji XRF
Gambar 5. Alat Uji Bending

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia industri manufaktur saat ini, sering kita jumpai pembuatan produk atau komponen yang membutuhkan penyambungan material baik dibidang otomotif, perkapalan, penerbangan dan lain-lain. Salah satu cabang ilmu yang dipelajari pada teknik mesin adalah teknik pengelasan logam. Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan yang saat ini sering digunakan untuk penyambungan material. Seiring dengan perkembangan jaman, teknologi pengelasan telah mengalami perkembangan dengan pesat. Saat ini proses pengelasan logam diklarifikasikan menjadi dua kelompok yaitu *liquid state welding* (LSW) dan *solid state welding* (SSW). LSW adalah proses pengelasan logam yang di lakukan dalam keadaan cair, sedangkan SSW merupakan proses las dimana pada saat pengelasan logam dalam keadaan padat.

Berbagai metode untuk mengatasi permasalahan dalam proses penyambungan material merupakan perkembangan dalam teknologi pengelasan. Salah satunya adalah pengelasan gesek (*friction welding*) yang merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan *fusion welding* (pengelasan cair). 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 kedua material yang disambung menjadi dingin dan membentuk 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 di las 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 logam dan adanya tekanan tempa memungkinkan efek negatif pemanasan 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 tembaga paduan. Pada aluminium paduan dan tembaga paduan secara umum mempunyai sifat mampu lasnya rendah karena pada tembaga paduan 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 tembaga paduan yaitu kekuatan sambungan las akibat pengaruh variasi kecepatan putaran 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 permasalahannya yang dihadapi pada proses penyambungan antara aluminium paduan dan tembaga paduan 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

Batasan masalah dalam penelitian ini dapat penulis uraikan sebagai berikut :

1. Persiapan sampel hasil pengelasan gesek antara aluminium paduan dan tembaga paduan, proses pengelasan dilakukan secara eksperimen dengan variasi parameter kecepatan putaran, sedangkan durasi gesekan, tekanan gesek dan tekanan tempa sama atau stabil pada satu tekanan. Jumlah sampel yang akan dibuat sebanyak 16 sampel, setiap bahan berukuran diameter 12 mm dan panjang 70 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 bebebentuk 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 tembaga paduan dengan metode pengelasan gesek (*friction welding*). Fasa baru dari penyambungan material berbeda jenis akan terbentuk (*fasa intermetalik*) antara Al dan Cu.
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 atau pengetahuan kepada mahasiswa teknik mesin khususnya dan civitas akademika tentang hasil sambungan *friction welding* dengan variasi kecepatan putaran.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini adalah :

BAB 1 : Pendahuluan

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

BAB 2 : Tinjauan Pustaka

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

BAB 3 : Metodelogi Penelitian

Bab ini membahas tentang metodelogi penelitian.

BAB 4 : Analisis dan Pembahasan

Bab ini membahas tentang analisis dan pembahasan hasil pengujian spesimen dan pengolahan data

BAB 5 : Kesimpulan dan Saran

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

ASM Handbook. (1993). *Welding, Brazing and Soldering* (Vol. 6). United States Of America: ASM International.

ASM Handbook. (1990). *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials* (Vol. 2). United States Of America: ASM International Handbook Committee.

ASM International. (1998). *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials* (Vol. 2). Metals Handbook.

AY, İ., Çelik, S., & Çelik, İ. (1999). Comparison Of Properties Of Friction and Diffusion Welded Joints Made Between The Pure Aluminium and Copper Bars. *VOL. 2*.

Haidemenopoulos, G. N., Zervaki, A. D., H. Kamoutsi1, Hontzopoulos, E., & Mangana, F. (2013). Fracture behavior of bimetallic Al-Cu LBW joints. *3rd International Conference of Engineering Against Failure (ICEAF III)*.

Hu, Y., Tsujino, R., Higashi, T., Ueda, Y., & Iguchi, M. (2014). Development of Al/Cu Dissimilar Joint by New Friction Welding Method. *The 3rd International Conference on Design Engineering and Science*.

Irawan, Y. S., Wirohardjo, M., Ma'arif, M.S. (2012). Tensile Strength of Weld Joint Produced by Spinning Friction Welding of Round Aluminum A6061 with Various Chamfer Angles.Advanced Materials Research Vol. 576, 761-765.

Jeslin, B., Kumar, M. D., & Venkatakrishnan, P. G. (2015). Parameter Optimization on Friction Welding of Aluminium Alloy 6082T6 & Copper. *International Journal Of Innovative Reseach In Technology, Volume 1(Issue 12)*.

Mila, V. D., Radovanovi, R. V., Mila, M. D., & Gligorijevi, B. R. (2016). Effect Of Friction Welding Parameters On The Morphological Properties Of An Al/Cu Bimetalic Joint. *Materials and technology*.

Moarrefzadeh, A. (2012). Study of Heat Affected Zone (HAZ) in Friction Welding Process. *Journal of Mechanical Engineering, Vol. 1*.

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

Rombaut, P. (2011). Joining of dissimilar materials through rotary friction welding. *Mechanical Construction and Production.*

Sahin, M., & Misirli, C. (2013). Mechanical and Metalurgical Properties of Friction Welded Aluminium Joints. *Aluminium Alloys - New Trends in Fabrication and Applications, Chapter 11.*

Setyawan, P. E., Irawan, Y. S., & Suprapto, W. (2014). Kekuatan Tarik dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek Aluminium 6061 dengan Berbagai Suhu Aging. *Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.5*, 141-148.

Sahin M, Akata HE (2003) Joining with friction welding of plastically deformed steel. J Mater Process Technol 142(1):239–246

Santoso, Eko B., Irawan, Y.S., Sutikno, E. (2012). Pengaruh Sudut Chamfer dan Gaya Tekan Akhir Terhadap Kekuatan Tarik dan Porositas Sambungan Las Gesek Al-Mg-Si. *Jurnal Rekayasa Mesin. Vol.3, No. 1, 293-298.*

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

Taban, E., Gould, J. E., & Lippold, J. C. (2010). Dissimilar Friction Welding of 6061-T6 Aluminum and AISI 1018 Steel. *Materials and Design. ELSAVIER, Vol. 31, 2305-2311.*

Trykov, Y., Gurevich, L., Pronichef, D., & Trunov, M. (2014). Influence of Strain-Hardened Zones and Intermetallic Layers of Explosion Welded and Heat Treated Al/Cu Laminated Metal Composites on the Evolution of Thermal Conductivity Coefficient. *Material Science, Vol. 20.*

Wei, Y., Li, J., Xiong, J., & Zhang, F. (2016). Investigation of interdiffusion and intermetallic compounds in Al–Cu joint produced by continuous drive friction welding. Engineering *Science and Technology an International Journal, 90–95.*