

**ANALISIS SIFAT MEKANIS DAN METALOGRAFI
PADA SAMBUNGAN ALUMINIUM DAN KUNINGAN
MENGUNAKAN METODE *BRAZING***

TESIS

**Diajukan Kepada
Program Studi Magister Teknik Mesin
Sekolah Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta
untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Magister Teknik Mesin**



oleh:

NANANG ERNAWAN

NIM. U100160040

**MAGISTER TEKNIK MESIN
SEKOLAH PASCA SARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

NOTA PEMBIMBING I

Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D
Dosen Program Studi Magister Teknik Mesin
Sekolah Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nota Dinas
Hal : Tesis Saudara **Nanang Ernawan**

Kepada Yth.
Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin
Sekolah Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, mengoreksi dan mengadakan perbaikan terhadap tesis saudara:

Nama : Nanang Ernawan
NIM : U 100 1600 40
Konsentrasi : Material dan Manufaktur
Judul : ANALISIS SIFAT MEKANIS DAN METALOGRAFI
PADA SAMBUNGAN ALUMINIUM DAN
KUNINGAN MENGGUNAKAN METODE *BRAZING*

Dengan ini kami menilai tesis tersebut dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tesis pada Program Studi Magister Teknik Mesin, Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Surakarta, 8 Februari 2019
Pembimbing,



Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D

NOTA PEMBIMBING II

Tri Widodo Besar Riyadi, M.Sc., Ph.D.
Dosen Program Studi Magister Teknik Mesin
Sekolah Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nota Dinas
Hal : Tesis Saudara **Nanang Ernawan**

Kepada Yth.
Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin
Sekolah Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, mengoreksi dan mengadakan perbaikan terhadap tesis saudara:

Nama : Nanang Ernawan
NIM : U 100 1600 40
Konsentrasi : Material dan Manufaktur
Judul : ANALISIS SIFAT MEKANIS DAN METALOGRAFI
PADA SAMBUNGAN ALUMINIUM DAN
KUNINGAN MENGGUNAKAN METODE *BRAZING*

Dengan ini kami menilai tesis tersebut dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tesis pada Program Studi Magister Teknik Mesin, Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Surakarta, 8 Februari 2019
Pembimbing,

Tri Widodo Besar Riyadi, M.Sc., Ph.D.

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS SIFAT MEKANIS DAN METALOGRAFI PADA
SAMBUNGAN ALUMINIUM DAN KUNINGAN MENGGUNAKAN
METODE *BRAZING***

TESIS

Disusun oleh :

NANANG ERNAWAN
U 100 1600 40

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Pembimbing I



Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D.

Pembimbing II



Tri Widodo Besar R, ST., M.Sc., Ph.D

TESIS BERJUDUL
**ANALISIS SIFAT MEKANIS DAN METALOGRAFI PADA
SAMBUNGAN ALUMINIUM DAN KUNINGAN
MENGUNAKAN METODE *BRAZING***

Yang dipersiapkan dan disusun oleh
NANANG ERNAWAN
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 9 Februari 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Pembimbing I



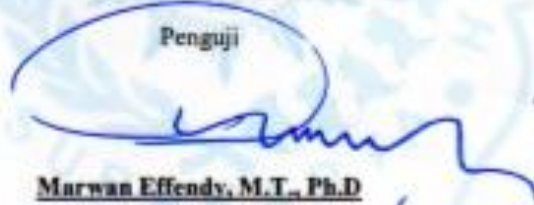
Agus Dwi Anggono, M.Eng., Ph.D

Pembimbing II



Tri Widodo Besar Rivadi, M.Sc., Ph.D

Penguji



Marwan Effendy, M.T., Ph.D

Surakarta, 15 Februari 2019

Universitas Muhammadiyah Surakarta
Sekolah Pascasarjana
Direktur,


Prof. Dr. Bambang Sumardjoko

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : **Nanang Ernawan**
NIM : **U 100 1600 40**
Program Studi : **Magister Teknik Mesin**
Konsentrasi : **Material dan Manufaktur**
Judul : **ANALISIS SIFAT MEKANIS DAN METALOGRAFI
PADA SAMBUNGAN ALUMINIUM DAN
KUNINGAN MENGGUNAKAN METODE *BRAZING***

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya serahkan benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dan ringkasan-ringkasan yang telah saya jelaskan sumbernya. Apabila di kemudian hari terbukti tesis ini jiplakan dan terdapat plagiasi, gelar yang diberikan oleh Universitas Muhammadiyah Surakarta batal saya terima.

Surakarta, 15 Februari 2019

Yang membuat pernyataan,




Nanang Ernawan
U 100 1600 40

ANALISIS SIFAT MEKANIS DAN METALOGRAFI PADA SAMBUNGAN ALUMINIUM DAN KUNINGAN MENGGUNAKAN METODE *BRAZING*

Nanang Ernawan, Agus Dwi Anggono

Magister Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura

e-mail: masanank7@gmail.com

ABSTRAKSI

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan struktur metalografi sambungan aluminium dan kuningan dengan proses pematrian (*brazing*) menggunakan *filler* alusol. Standar yang digunakan untuk ukuran pembuatan spesimen adalah ASME IX, uji tarik raw material menggunakan standar ASTM E8, sedangkan untuk pengujian foto makro dan mikro menggunakan ASTM E407-07. Sementara uji SEM dan EDX digunakan untuk mengetahui struktur mikro dan komposisi kimia bahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sambungan *brazing* antara aluminium dan kuningan rata-rata memiliki tegangan geser maksimal sebesar 12,601 N/mm² (12,601 MPa), regangan maksimal sebesar 0,011, modulus elastisitas maksimal sebesar 1,183 kN/mm². Hasil analisis foto mikro terutama pada daerah *braze metal* yang menghadap sisi kuningan menunjukkan struktur mikro yang keropos. Hasil EDX komposisi kimia yang terdapat pada spesimen antara lain: C (karbon) 21,53%, Al₂O₃ (Alumina) 37,20%, CuO (Tembaga(II) Oksida) 13,63%, dan ZnO (Zinc Oksida) 27,64%. Hasil penelitian ini di bawah penelitian terdahulu di mana kekuatan geser dari sambungan *brazing* Cu/Zn₄Al adalah 34,5 MPa dan kekuatan geser Cu/Zn₆Al₆Ag adalah 39 MPa.

Kata kunci : *brazing*, aluminium, kuningan, alusol,

ANALYSIS OF MECHANICAL AND METALLOGRAPHIC PROPERTIES IN ALUMINIUM AND BRASS CONNECTIONS USING BRAZING METHODS

Nanang Ernawan, Agus Dwi Anggono

Magister Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura

e-mail: masanank7@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the tensile strength and metallographic structure of aluminum and brass joints with brazing using alusol filler. The standard specimen size measurements used was ASME IX and raw material tensile was tested using the ASTM E8, while macro and micro photographs were tested using ASTM E407-07. SEM and EDX tests are used to determine the microstructure and chemical composition of the material. The results showed that the brazing joint between aluminum and brass had an average maximum shear stress 12.601 N/mm^2 , the maximum strain was 0.011, the maximum modulus of elasticity was 1.183 kN/mm^2 . The results of micro photograph analysis, especially in the braze metal area facing the brass side showing porous micro structure. The EDX results show that the chemical composition contained in the specimens are; C (carbon) 21.53%, Al_2O_3 (Alumina) 37.20%, CuO (Copper (II) Oxide) 13.63%, and ZnO (Zinc Oxide) 27, 64%. The results of this study were lower than previous studies where the shear strength of Cu/Zn₄Al brazing joints is 34.5 MPa and the shear strength of Cu/Zn₆Al₆Ag is 39 MPa.

Keywords: brazing, aluminum, brass, alusol,

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menyusun Laporan Tesis yang berjudul “ANALISIS SIFAT MEKANIS DAN METALOGRAFI PADA SAMBUNGAN ALUMINIUM DAN KUNINGAN MENGGUNAKAN METODE *BRAZING*” dengan baik. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, atas segala limpahan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis ini.
2. Dr. Sofyan Anif, M.Si selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta
3. Prof. Dr. Bambang Sumardjoko, M.Pd. selaku Direktur Sekolah Pascasarjana
4. Bapak Tri Widodo Besar R, ST.,M.Sc.,Ph.D. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, sekaligus Dosen Pembimbing II Tesis yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
5. Bapak Agus Dwi Anggono, ST.,M.Eng.,Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I Tesis yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
6. Majelis Dikdasmen Muhammadiyah Propinsi Jawa Tengah yang telah memberikan beasiswa pendidikan ini.
7. Kedua orang tua serta semua keluarga yang telah membesarkan, mendo'akan dan memotivasi penulis sampai sekarang.
8. Istriku tercinta Eko Setyaningrum, S.Kl., dan anak-anakku tercinta (Shabrina, Abdan, Aisyah, dan Khayla) yang selalu memberikan dukungan dan do'a.
9. Rekan-rekan Magister Teknik Mesin khususnya MTM 6 angkatan 2016 dan

semua pihak yang telah membantu dalam penelitian penulisan laporan Tesis ini baik moril maupun materiil.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak dan juga bisa menjadi referensi untuk laporan-laporan yang akan dilakukan di kemudian hari.

Akhirnya apabila ada kritik dan saran yang sifatnya membangun akan penulis terima dengan senang hati demi sempurnanya laporan ini.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Surakarta, 8 Februari 2019

Penulis

Nanang Ernawan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
NOTA PEMBIMBING I	ii
NOTA PEMBIMBING II	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	vi
ABSTRAKSI.....	vii
ABSTRAKSI.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Kajian Penelitian Terdahulu	4
2.2. Landasan Teori	13
2.2.1. Las Mematri (Brazing)	13
2.2.2. Aluminium.....	17
2.2.3. Kuningan (brass).....	21
2.2.4. Filler metal.....	21
2.2.5. Fluks	22
2.2.6. Metalografi	22
2.2.7. Teori Elastisitas dan Plastisitas.....	23
2.2.8. Tegangan	23

2.2.9. Regangan	24
2.2.10. Tegangan Geser	25
2.2.11. Deformasi	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Diagram Alir	27
3.2. Bahan Penelitian	28
3.3. Alat yang Penelitian.....	39
3.4. Sampel	34
3.5. Lokasi Penelitian	35
3.6. Prosedur Penelitian	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pengujian Tarik.....	39
4.1.1. Hasil Pengujian Tarik	39
4.1.2 Pembahasan Hasil Pengujian Tarik	43
4.2 Pengujian Struktur Makro dan Mikro.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Prinsip Proses Dari Penggabungan Aluminium-Titanium	4
Gambar 2.2. Foto SEM permukaan bagian dalam lubang aluminium.....	5
Gambar 2.3. Foto SEM permukaan bagian dalam lubang kuningan	5
Gambar 2.4. Mikrostruktur Umum. Memisahkan struktur mikro elektron sambungan brazing baja dan kuningan menggunakan logam pengisi Ag ₂₅ CuZnSn.....	6
Gambar 2.5. Contoh Struktur Lapisan Baja dilapisi Aluminium self brazing.....	6
Gambar 2.6 : Sekema Sambungan Solder.....	7
Gambar 2.7 Diagram Kekuatan Geser Sambungan Solder	7
Gambar 2.8. Desain Sambungan dan Ukuran Spesimen	8
Gambar 2.9. Proses Proses Patri Laser.....	9
Gambar 2.10. Foto Mikro Reaksi Penetrasi <i>Filler</i> pada Logam Induk : (A) <i>gap</i> 0,1mm; (B) <i>gap</i> 0,2 mm	9
Gambar 2.11 Torch Brazing.....	16
Gambar 2.12. Tungku Untuk Mematri.....	16
Gambar 2.13. Kuningan	21
Gambar 2.14. Diagram tegangan regangan.....	26
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2. Pelat aluminium setelah di potong sesuai standart ASME IX.....	28
Gambar 3.3. Pelat kuningan setelah dipotong sesuai standart ASME IX	29
Gambar 3.4. Batang aluminium solder (alusol) yang digunakan sebagai <i>filler</i> ..	29
Gambar 3.5. <i>Torch</i> dengan Tabung LPG Kecil	30
Gambar 3.6 Mesin Pengujian Geser (Laboratorium ATW Surakarta, 2018)	31
Gambar 3.7. Alat foto SEM dan EDX (Lab.Terpadu UNDIP, 2018).....	31

Gambar 3.8 Penggaris dan spidol.....	32
Gambar 3.9. Gergaji besi	32
Gambar 3.10. Sarung tangan.....	32
Gambar 3.11 Amplas	32
Gambar 3.12. Korek Api Merk Tokai.....	33
Gambar 3.13. Kain bludru.....	33
Gambar 3.14. Autosol	33
Gambar 3.15. Spesimen uji tegangan geser	34
Gambar 3.16. Spesimen pengujian foto makro dan mikro	34
Gambar 3.17. Ukuran Spesimen Standar ASME IX.....	36
Gambar 3.18. Nama Bagian Sambungan Lap Joint	36
Gambar 4.1. Grafik Gaya (kN) dan Perubahan Panjang Benda (mm) sampel 1, 2, dan 3	39
Gambar 4.2. Keadaan Sambungan Setelah diuji Tarik	40
Gambar 4.3 . Luas Total Bidang Geser Setelah Dikurangi Rongga	40
Gambar 4.4. Tegangan Geser Masing Masing Sampel dalam (N/mm ²).....	41
Gambar 4.5. Regangan yang Terjadi pada Masing-masing Sampel dan Rata-rata	42
Gambar 4.6. Modulus Elastisitas Hasil Pengujian Tarik (kN/mm ²).....	43
Gambar 4.7. Perbandingan Tegangan Geser Sambungan <i>Brazing</i>	43
Gambar 4.8. Base Lapisan Kuningan, Alusol dan Aluminium dengan perbesaran 40x	44
Gambar 4.9. Lapisan kuningan dan alusol dengan perbesaran : (a) 500x ; (b) 2000x	45
Gambar 4.10. Lapisan alusol dan Aluminium dengan Perbesaran : (a) 500x ; (b) 2000x	45
Gambar 4.11. Hasil Uji EDX Untuk Mengetahui Komposisi Kimia.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Tegangan Geser yang Dihasilkan dari Perhitungan Gaya dan Luas Penampang	41
Tabel 4.2. Regangan yang Terjadi dari Perhitungan Panjang Mula dan Perubahan Panjang Sampel yang Diuji Tarik	41
Tabel 4.3. Modulus Elastisitas yang dihasilkan dari Perhitungan Tegangan dan Regangan.....	42
Tabel 4.4. Prosentasi Kadar Komponen yang Terkandung di Dalam Sampel....	46

DAFTAR SIMBOL

σ_{eng}	= <i>Engineering stress</i>	(Mpa)
F	= Gaya	(N)
A ₀	= Luas permukaan awal	(mm ²)
σ	= <i>True stress</i>	(MPa)
A	= Luas permukaan sebenarnya	(mm ²)
ϵ_{eng}	= Engineering Strain	(%)
Δl	= perubahan panjang	(mm)
l_0	= Panjang mula-mula	(mm)
l	= Panjang setelah diberi gaya	(mm)
ϵ	= True strain	(%)