

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI TEKANAN TEMPA TERHADAP STRUKTUR
MIKRO DAN SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN PADA PENGELASAN
GESEK *CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING* BAHAN SILINDER
PEJAL LOGAM BEDA JENIS (AA2024-T4 DENGAN SS AISI 420)**

Disusun Oleh:

EVIN DONDRI 20120130101

**Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 19 Agustus 2016**

Susunan Tim Penguji:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Totok Suwanda, S.T., M.T.

Ir. Aris Widyo Nugroho M.T., PhD.

NIK. 19690304199603 123

NIK. 19700301199509 123 022

Penguji,

Bambang Riyanta, S.T., M.T.

NIK. 19710124199603 123 022

**Tugas akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Tanggal:

**Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Mesin**

**Novi Caroko S.T., M.Eng.
NIP. 19791113 200501 1 001**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **EVIN DONDRI**

NIM : **20120130101**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul: **Pengaruh Variasi Tekanan Tempa Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Sambungan pada Pengelasan Gesek *Continuous Drive Friction Welding* Bahan Silinder Pejal Logam Beda Jenis (AA2024-T4 dengan SS AISI 420)** adalah benar-benar hasil karya sendiri bagian dari disertasi Totok Suwanda, S.T., M.T., kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Yogyakarta, 12 Agustus 2016

Yang menyatakan,

Evin Dondri

NIM: 20120130101

MOTTO

Bismillahirrahmanirrahim

Orang tua selalu mendoakan dan mengharapakan yang terbaik
“Bertakwalah pada Allah maka Allah akan mengajarimu. Sesungguhnya Allah
Maha Mengetahui segala sesuatu”. Salah satu kunci mendapatkan ilmu adalah:

TAQWA

(Evin Dondri)

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang
yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”

(Terjemahan Q.S. Al-Mujadalah : 11)

“Jagalah amalanmu jangan sampai ditinggalkan, itu yang membantu supaya
jalanmu selalu berkah dan diridhoi oleh Allah SWT”

Jangan bosan dengan omongan orang tua

(Ayah dan Ibu)

“Kerjakan skripsi jangan kebanyakan main, ingat selalu orang tua di rumah”

(Tim Tugas Akhir Friction Welding)

PERSEMBAHAN

“Barang siapa bertakwa pada Allah, maka Allah memberikan jalan keluar kepadanya dan memberi rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka. Barang siapa yang bertaqwa pada Allah, maka Allah jadikan urusannya menjadi mudah. Barang siapa yang bertaqwa pada Allah akan dihapuskan dosa-dosanya dan mendapatkan pahala yang agung”.

(QS. Ath-Thalaq: 2, 3, 4)

Dan sesungguhnya telah Kami berikan hikmah kepada Lukman, yaitu: "Bersyukurlah kepada Allah. Dan barang siapa yang bersyukur (kepada Allah), maka sesungguhnya ia bersyukur untuk dirinya sendiri; dan barang siapa yang tidak bersyukur, maka sesungguhnya Allah Maha Kaya lagi Maha Terpuji”.

(QS. Luqman: 12)

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

- Allah SWT yang telah memberikan keberkahan, ketenangan dan kesehatan dalam mengerjakan skripsi ini.
- Ayah dan Ibu tercinta, Ayah Armando dan Ibu Indriati terimakasih atas kasih sayang dan dukungan yang kalian berikan.
- Adik-adik tersayang, Lulu Fadilla Anggraeni, Nadiah Robbaniah dan Farras Hilmi telah memberikan motivasi, canda tawa, serta dukungan.
- Keluarga besar yang selalu menantikan kelulusan saya, dan selalu menanyakan kapan diwisuda.
- Aribul Maftuhah yang selalu memberikan semangat dengan makanan dan cemilan-cemilan yang ditujukan agar memiliki tenaga untuk berfikir dan tidak kelaparan saat mengerjakan skripsi.

INTISARI

Pengelasan logam beda jenis dan silinder pejal diameter besar dengan teknik pengelasan fusi sulit dilakukan. Dalam beberapa tahun terakhir berkembang proses pengelasan *solid state welding*. Penyambungan logam silinder pejal yang dilakukan seperti penyambungan as roda pada mobil mengalami kendala tidak tersambung pada bagian tengah. Untuk mengatasi hal tersebut, pengelasan gesek lebih efektif dilakukan untuk menggabungkan silinder pejal diameter besar. Logam beda jenis yang memiliki sifat mekanik dan termal yang berbeda dapat disambung dengan metode pengelasan gesek. Pengelasan gesek logam beda jenis dilakukan untuk mengetahui hasil struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik sambungan terhadap variasi tekanan tempa dan waktu tempa.

Pengelasan gesek merupakan metode penyambungan material yang memanfaatkan panas yang ditimbulkan antara gesekan kedua material yang sama maupun berbeda. Keistimewaan pengelasan gesek dapat menyambung material yang berbeda yang dilihat dari struktur mikro, tahanan temperatur, dan kandungan yang terdapat didalamnya. Pada penelitian ini dilakukan *Countinous Drive Friction Welding (CDFW)* terhadap material logam beda jenis antara Aluminium Alloy 2024-T4 dengan Stainless Steel AISI 420. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan tekanan tempa dan waktu tempa. Putaran yang digunakan untuk pengelasan gesek 1000 rpm. Variasi tekanan tempa yang digunakan (40, 45, 50, 55, 60) Mpa. Sedangkan variasi waktu tempa yang digunakan 20 detik dan 60 detik. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan *vickers*, dan pengujian tarik dengan standard *JIS Z 2201*.

Semakin lama waktu tempa dan semakin tinggi tekanan tempa maka butiran logam semakin halus. Semakin lama waktu tempa dan semakin tinggi tekanan maka nilai uji kekerasan semakin tinggi. Hasil tertinggi dalam penelitian ini terdapat pada waktu tempa 60 detik dan tekanan tempa 60 MPa dengan nilai 190,8 VHN. Semakin lama waktu tempa dan semakin tinggi tekanan tempa akan menaikkan nilai kekuatan tarik. Hasil tertinggi dalam penelitian ini terdapat pada waktu tempa 60 detik dan tekanan tempa 60 MPa dengan nilai 84,97 MPa.

Kata kunci: Pengelasan gesek, logam beda jenis, tekanan tempa, waktu tempa.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahilahirabbilalamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan petunjuk-Nya sehingga penyusunan Laporan Tugas Akhir dapat terselesaikan. Laporan ini dibuat sebagai tindak lanjut dan pertanggungjawaban dari hasil Penelitian di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M.T. selaku ketua program studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Totok Suwanda, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I tugas akhir.
3. Bapak Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II tugas akhir.
4. Bapak Bambang Riyanta, S.T., M.T. selaku dosen penguji tugas akhir.
5. Karyawan-karyawati Teknik Mesin UMY.
6. Bagus Farkhan, S.T. dan Galang Ayusi Putra, S.T. selaku pembuat mesin *Friction Welding*.
7. Achmad Sultoni selaku konco kentel yang selalu ada ketika sedang mengalami masa-masa sulit dari semester 1 hingga semester 8.
8. Anak-anak kontrakan dan kost Blues Machine, Haris, Agis, Dimas, Lucky, Fahdio, Rifaldi, Helina yang selalu kompak dengan kegilaan-kegilaan sewaktu bercanda dan tidak lupa saling mendukung dalam mengerjakan skripsi hingga selesai.
9. Tim tugas akhir friction welding, Luhur, Taufiq, Lukman, Dwi, Egin yang selalu cerewet penuh komentar memberikan masukan-masukan jika ada kekurangan dalam skripsi.
10. Kawan-kawan Gegeba, Rhyaldi, Yogga, Yuni, Rahmawati, Wulan, Nespi, Kusniawati, Andini, Asep, Sembiring yang saling mendukung agar cepat lulus dan diwisuda.
11. Keluarga besar Selenk FC, Amir, Thoyib, Edo, Yuda, Yudha, Erwin, Anggar, Fauzi, Yusuf, Fahmi, Basroni, Candra, Dani, Dharul, Edward, Fajar, Hidayat,

Julian, Iqbal, Tartono, Agung, Pungky, Revan, Sugeng, Teguh, Yoga yang selalu memberikan hiburan ketika jenuh dengan mengajak ngopi dan main futsal rutin mingguan.

12. Keluarga KKN 49 UMY periode 3 2015/2016, Jenny, Dwi, Metra, Kemal, Bang Adi, Septian, Vanario, Dudi yang selalu penuh traktiran-traktiran.
13. Sri Fajriani dan Nurfitri Wulandari yang sudah memberikan hadiah setelah pendadaran.
14. Kawan-kawan Science 4 yang selalu menyemangati melalui chat dunia maya.
15. Kawan-kawan KHAD Eco Team yang telah memberikan banyak pengalaman dan ilmu-ilmu yang bermanfaat dalam dunia mobil listrik.
16. Kawan-kawan Mechanical Project yang telah memberikan pengalaman membuat event-event besar bersama.
17. Teman-teman Teknik Mesin UMY semua angkatan, terutama 2011 dan 2012 yang selalu memberi dukungan satu sama lain.

Penyusun mengharapkan masukan, kritik, serta saran selama penyusunan berlangsung. Selanjutnya, penyusun berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam memahami teori maupun prakteknya.

Yogyakarta, Mei 2016

Penyusun,

Evin Dondri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka	5
2.2. Dasar Teori	7
2.3. Daerah Lasan	
a. Las Fusi	8
b. Las Gesek	10
2.4. Pengelasan Gesek (<i>Friction Welding</i>)	11
2.5. Keuntungan Pengelasan Gesek	13
2.6. Aplikasi Pengelasan Gesek	14
2.7. Logam Aluminium Alloy 2024-T4	

2.7.1. Klasifikasi Logam Aluminium Alloy 2024-T4	15
2.8. Stainless Steel AISI 420	
2.8.1. Klasifikasi Logam Stainless Steel AISI 420	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian	21
3.2. Identifikasi Masalah	22
3.3. Perencanaan Penelitian	23
3.3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.3.2. Pengadaan Bahan dan Alat	
A. Alat Utama	
1. Alat Penelitian	25
2. Mesin Bubut	26
3. Pegas	26
4. Alat Uji Tarik	28
5. Alat Uji <i>Methallography</i>	29
6. Alat Uji Kekerasan	29
B. Bahan Penelitian	
1. Aluminium Alloy 2424-T4 Silinder Pejal	30
2. Stainless Steel AISI 420 Silinder Pejal	31
3.4. Penelitian	
3.4.1. Skema Mesin <i>Friction Welding</i>	32
3.4.2. Pembentukan Bentuk Spesimen	32
3.4.3. Proses Pengelasan	33
3.4.4. Proses Pengujian	
1. Pengujian Tarik	35
2. Pengujian Kekerasan	39
3. Pengujian <i>Methallography</i>	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengelasan Gesek	44
4.2. Hasil Pembahasan Struktur Mikro dan Makro	45

4.2.1. Struktur Mikro dan Makro	47
4.3. Hasil dan Analisa Pengujian Kekerasan	55
4.4. Hasil dan Analisa Pengujian Tarik	61

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	70

DAFTAR PUSTAKA

71

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Daerah las fusi
- Gambar 2.2. Daerah las gesek
- Gambar 2.3. Parameter acuan las gesek
- Gambar 2.4. Proses pengelasan gesek 3 dimensi
- Gambar 2.5. Contoh aplikasi pengelasan metode rotary. (a) Hydraulic Cylinder, (b) Roller, (c) OEM of chemical pump
- Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian
- Gambar 3.2. Mesin las gesek yang digunakan sebagai las gesek Aluminium Alloy 2024-T4 dan Stainless Steel AISI 420
- Gambar 3.3. Skema mesin *friction welding*
- Gambar 3.4. Mesin Bubut
- Gambar 3.5. Pegas
- Gambar 3.6. Alat Uji Tarik
- Gambar 3.7. Alat uji struktur mikro dan Alat *polish*
- Gambar 3.8. Alat uji kekerasan mikro vickers
- Gambar 3.9. Keterangan mesin *friction welding*
- Gambar 3.10. Hasil pemotongan kemudian pembentukan bahan (a) Stainless Steel AISI 420 dan (b) Aluminium Alloy 2024-T4
- Gambar 3.11. Meratakan ujung bahan (a) Stainless Steel AISI 420 dan (b) Aluminium Alloy 2024-T4
- Gambar 3.12. Pemasangan bahan diposisikan center
- Gambar 3.13. Menyetel putaran 1000 rpm
- Gambar 3.14. Profil Singkat Uji Tarik
- Gambar 3.15. Spesimen Uji Tarik Standar JIS Z 2201
- Gambar 3.16. Skematis prinsip indentasi dengan metode *Vickers*
- Gambar 3.17. Pantulan sinar pada pengamatan metalografi
- Gambar 4.1. Hasil pengelasan gesek AA2024-T4 dan SS AISI 420
- Gambar 4.2. Spesimen pengujian mikro

Gambar 4.3. (1) foto makro (2) posisi pengujian mikro, Struktur Mikro pengelasan gesek *dissimilar* (a) logam induk Aluminium Alloy 2024-T4, (b) daerah yang mengalami perubahan yaitu HAZ Aluminium Alloy 2024-T4 (c) daerah las aluminium 2024 T4 (d) daerah las Stainless Steel AISI 420 (e) logam induk Stainless Steel AISI 420, dengan pembesaran 200 kali

Gambar 4.4. (1) foto makro (2) posisi pengujian mikro, Struktur Mikro pengelasan gesek *dissimilar* (a) daerah yang mengalami perubahan yaitu HAZ Aluminium Alloy 2024-T4, (b) daerah las Aluminium Alloy 2024-T4 (c) daerah yang mendekati perubahan yaitu HAZ Stainless Steel AISI 420, dengan pembesaran 200x

Gambar 4.5. (1) foto makro (2) posisi pengujian mikro , struktur Mikro pengelasan gesek *dissimilar* (a) daerah yang mengalami perubahan yaitu HAZ Aluminium Alloy 2024-T4, (b) daerah las Aluminium Alloy 2024-T4 (c) daerah yang mendekati perubahan yaitu HAZ Stainless Steel AISI 420, dengan pembesaran 200x

Gambar 4.6. (1) foto makro (2) posisi pengujian mikro , Struktur Mikro pengelasan gesek *dissimilar* (a) daerah yang mengalami perubahan yaitu HAZ Aluminium Alloy 2024-T4, (b) daerah las Aluminium Alloy 2024-T4 (c) daerah yang mendekati perubahan yaitu HAZ Stainless Steel AISI 420, dengan pembesaran 200x

Gambar 4.7. (1) Hasil foto makro (2) posisi pengujian mikro (5), Struktur Mikro pengelasan gesek *dissimilar* (a) daerah yang mengalami perubahan yaitu HAZ Aluminium Alloy 2024-T4, (b) daerah las Aluminium Alloy 2024-T4 (c) daerah yang mendekati perubahan yaitu HAZ Stainless Steel AISI 420, dengan pembesaran 200x

Gambar 4.8. Spesimen pengujian kekerasan

Gambar 4.9. Posisi pengujian kekerasan

Gambar 4.10. Grafik kekerasan pada sambungan las gesek dengan waktu tempa 20 detik dengan variasi tekanan tempa 45 dan 55 MPa

Gambar 4.11. Grafik kekerasan pada sambungan las gesek dengan waktu tempa 60 detik pada variasi tekanan tempa 40, 50, dan 60 MPa

Gambar 4.12. Spesimen Uji Tarik Aluminium Alloy 2024-T4 dan Stainless Steel AISI 420 sesuai standar JIS Z 2201

Gambar 4.13. Grafik perbandingan hasil tegangan tarik dengan tekanan tempa pada waktu tempa 20 detik

Gambar 4.14. Grafik perbandingan hasil tegangan tarik dengan tekanan tempa pada waktu tempa 60 detik

Gambar 4.15. Grafik gabungan beban perpanjangan. (1) tekanan tempa 60 MPa waktu tempa 60 detik, (2) tekanan tempa 55 MPa waktu tempa 20 detik, (3) tekanan tempa 50 MPa waktu tempa 60 detik, (4) tekanan tempa 45 MPa waktu tempa 20 detik, (5) tekanan tempa 40 MPa waktu tempa 60 detik

Gambar 4.16. Penampang patahan pengujian tarik pada waktu tempa 20 detik, (a). Variasi tekanan tempa 45 MPa, (b). Variasi tekanan tempa 55 MPa

Gambar 4.17. Penampang patahan pengujian tarik pada waktu tempa 60 detik, (a). Variasi tekanan tempa 40 MPa, (b). Variasi tekanan tempa 50 Mpa, (c). Variasi tekanan tempa 60 MPa

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Beberapa Kodifikasi Aluminium Alloy

Tabel 2.2. Beberapa Kodifikasi Stainless Steel

Tabel 3.1. Tabel rancangan penelitian awal pada bahan aluminium 2024 T4 dan stainless steel 420

Tabel 3.2. Komposisi Paduan Aluminium Alloy 2024-T4

Tabel 3.3. Sifat Mekanis Paduan Aluminium Alloy 2024-T4

Tabel 3.4. Komposisi Stainless Steel AISI 420

Tabel 3.5. Sifat Mekanis Stainless Steel AISI 420

Tabel 4.1. Data hasil pengujian tarik pada sambungan bahan Aluminium Alloy 2024-T4 dengan Stainless Steel AISI 420

DAFTAR NOTASI

K	= konstanta pegas ($\frac{N}{mm}$)
F	= gaya (N)
Δx	= perbedaan panjang (mm)
P	= tekanan (MPa)
A	= luas penampang (mm ²)
σ_u	= tegangan tarik maksimal (MPa)
A_o	= luas penampang sebelum dibebani (mm ²)
ΔL	= pertambahan panjang (mm)
L	= panjang awal (mm)
E	= gradien kurva
σ	= tegangan ($\frac{N}{m^2}$)
ϵ	= regangan
P	= beban yang digunakan (kg)
d	= panjang diagonal rata-rata (mm)
θ	= sudut diantara permukaan intan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji Tarik Tekanan Gesek 35 MPa, Waktu Gesek 7,5 Detik, Tekanan Tempa 45 MPa, Waktu Tempa 20 Detik

Lampiran 2. Uji Tarik Tekanan Gesek 35 MPa, Waktu Gesek 7,5 Detik, Tekanan Tempa 50 MPa, Waktu Tempa 20 Detik

Lampiran 3. Uji Tarik Tekanan Gesek 35 MPa, Waktu Gesek 7,5 Detik, Tekanan Tempa 55 MPa, Waktu Tempa 20 Detik

Lampiran 4. Uji Tarik Tekanan Gesek 35 MPa, Waktu Gesek 7,5 Detik, Tekanan Tempa 60 MPa, Waktu Tempa 20 Detik

Lampiran 5. Uji Tarik Tekanan Gesek 35 MPa, Waktu Gesek 7,5 Detik, Tekanan Tempa 40 MPa, Waktu Tempa 60 Detik

Lampiran 6. Uji Tarik Tekanan Gesek 35 MPa, Waktu Gesek 7,5 Detik, Tekanan Tempa 45 MPa, Waktu Tempa 60 Detik

Lampiran 7. Uji Tarik Tekanan Gesek 35 MPa, Waktu Gesek 7,5 Detik, Tekanan Tempa 50 MPa, Waktu Tempa 60 Detik

Lampiran 8. Uji Tarik Tekanan Gesek 35 MPa, Waktu Gesek 7,5 Detik, Tekanan Tempa 55 MPa, Waktu Tempa 60 Detik

Lampiran 9. Uji Tarik Tekanan Gesek 35 MPa, Waktu Gesek 7,5 Detik, Tekanan Tempa 60 MPa, Waktu Tempa 60 Detik

Lampiran 10. Uji Kekerasan Spesimen Aluminium vs Stainless Steel (*Friction Welding*)

Lampiran 11. *Chemical Composition of Various Wrought Aluminium Alloys*

Lampiran 12. *Inspection Certificate*

Lampiran 13. *Physical Properties of Various Whrought Aluminium Alloys*