



**PENGARUH TEKANAN TEMPA PADA LAS GESEK
DENGAN MATERIAL YANG BERBEDA, ANTARA
ALUMINIUM 6061 DAN TEMBAGA**

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana



Disusun oleh:

SYALMAN ROMDANI
182110006

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2023

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 01 Februari 2023

Mahasiswa,



Syalman Romdani

NIM. 182110006

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Syalman Romdani
NIM : 182110006
Program Studi : Teknik Mesin
Skripsi : Pengaruh Tekanan Tempa Pada Las Gesek Dengan
Material Yang Berbeda, Antara Aluminium 6061
dan Tembaga.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Ade Sunardi, S.T., M.T.

() 02/02/23

Pembimbing 2 : Mohammad Zaenudin S.Pd., M.Sc.Eng.

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 01 Februari 2023

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Syalman Romdani
NIM : 182110006
Program Studi : Teknik Mesin
Skripsi : Pengaruh Tekanan Tempa Pada Las Gesek Dengan
Material Yang Berbeda, Antara Aluminium 6061
dan Tembaga.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Fajar Mulyana , S.T., M.T.

()

Penguji 2 : Yasya Khalif Perdana Saleh, S.T., M.Sc.

()

Penguji 3 : Nashrul Chanief Hidayat, S.T., M.Eng.

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 01 Februari 2023

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat- Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer University Global Jakarta. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bpk. Mohamad Zaenudin S.Pd., M.Sc.Eng Ketua Jurusan Teknik Mesin sekaligus Dosen pembimbing II, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Bpk. Ade Sunardi, ST., MT. Dosen pembimbing I, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) Bpk. Riyan Ariyansah ST.,MT. yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (4) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (5) Nesya Febrianti yang selalu mensupport saya dan membantu banyak hal dalam menyelesaikan skripsi ini;
- (6) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 01 Februari 2023

Penulis



Syalman Romdani

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Syalman Romdani
NPM : 182110006
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**(Pengaruh Tekanan Tempa Pada Las Gesek Dengan Material Yang Berbeda,
Antara Aluminium 6061 dan Tembaga)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 01 Februari 2023

Yang menyatakan



Syalman Romdani

NIM. 182110006

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xiii
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRAC</i>	xviii
BAB I_PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan masalah.....	7
1.4 Tujuan	7
1.5 Manfaat	7
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB II_KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 Pengelasan.....	9
2.2 Klasifikasi Pengelasan	10
2.3 Macam-Macam Proses dan Jenis-jenis Pengelasan	11
2.4 Las Gesek (<i>Friction Welding</i>).....	17
2.5 Jenis – Jenis Sambungan Las	21

2.6 Mesin Bubut	23
2.7 Pengujian Hasil Pengelasan	24
2.8 Mesin Friction welding	29
2.9 Standar <i>ASTM</i>	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Diagram Alir	31
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian.....	32
3.2.1 Alat Penelitian.....	32
3.2.2 Bahan Penelitian.....	36
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	37
3.3.1 Tempat Penelitian.....	37
3.3.2 Waktu Penelitian	37
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	38
3.4.1 Variabel Penelitian.....	38
3.5 <i>Desain Of Experimen</i>	39
3.6 Analisis Metallografis.....	39
3.7 Pelaksanaan Penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Hasil Penyambungan Benda Uji.....	47
4.1.1 Hasil Pengelasan Gesek	47
4.2 Hasil Pengujian Mekanik	48
4.2.1 Suhu Yang Terjadi Pada <i>Friction Welding</i> Aluminium Dan Tembaga	48
4.2.2 Nilai Hasil Pengujian Tarik.....	49
4.2.3 Nilai Hasil Pengujian Vickers.....	56
4.3 Mikrostruktur	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69

5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Aluminium.	1
Gambar 1.2 Tembaga.	3
Gambar 2.1 Pengelasan.	10
Gambar 2.2 Klasifikasi Macam-macam Pengelasan.	11
Gambar 2.3 SMAW (<i>Shield Metal Arch Welding</i>).	12
Gambar 2.4 Gas Metal Arc Welding (<i>GMAW/MIG</i>).	13
Gambar 2.5 SAW (<i>Submerged Arch Welding</i>).	14
Gambar 2.6 Flux Core Arc Welding (<i>FCAW</i>).	15
Gambar 2.7 Gas Tungsten Arc Welding (<i>GTAW/TIG</i>).	16
Gambar 2.8 Las Gesek (<i>Friction Welding</i>).	16
Gambar 2.9 Proses Pengelasan Gesek.	18
Gambar 2.10 <i>Direct Drive Welding</i>	20
Gambar 2.11 Skema setup untuk Inersia welding (<i>Friction welding</i>).	20
Gambar 2.12 Daerah Las-an.	21
Gambar 2.13 Jenis-jenis Sambungan Dasar.	22
Gambar 2.14 Mesin Bubut CW6232B (Lab. JGU).	24
Gambar 2.15 Kurva Tegang-Regangan.	26
Gambar 2.16 Sampel Standar Uji Tarik E8 ASTM Volume 3.	26
Gambar 2.17 Metode Pengujian Kekerasan Vickers.	29
Gambar 2.18 Spesimen Uji Tarik Standar <i>ASTM</i>	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.2 <i>Cutting Wheel</i>	32
Gambar 3.3 Termometer Inframerah	33
Gambar 3.4 Mesin Bubut CW6232B (Lab JGU).	33
Gambar 3.5 Mesin Uji Tarik Gotech AI-7000 LA 10 (Lab UI).	34
Gambar 3.6 Alat uji mikrostruktur (Lab UI).	35
Gambar 3.7 Alat uji kekerasan Vickers (Lab UI).	35
Gambar 3.8 <i>Pressure Gauge</i>	36
Gambar 3.9 Spesimen Tembaga dan Aluminium 6061	37

Gambar 3.10 (A). Pegangan Berputar, (B).Pegangan Tidak Berputar Mesin Las Gesek Type CW6232B).....	41
Gambar 3.11 Pemotongan Bahan Tembaga dan Aluminium 6061.....	42
Gambar 3.12 Meratakan Ujung Bahan Tembaga Dan Aluminium 6061 Dengan Mesin Bubut Type CW6232B.....	43
Gambar 3.13 Pemasangan Bahan Di Posisikan Center.....	43
Gambar 3.14 Pengatur Putaran (1600 Rpm).....	44
Gambar 3.15 Proses Las Gesek Aluminium 6061 Dan Tembaga (A),Proses Pengaturan Waktu Gesek (B).....	45
Gambar 3.16 Proses pengukuran temperature (A), proses pengereman (B), pendinginan hasil las gesek (C)	46
Gambar 4.1 Hasil Las Gesek Aluminium 6061 Dengan Tembaga.....	47
Gambar 4.2 Grafik Temperatur Pada Friction Welding Al-Cu	48
Gambar 4.3 Spesimen 1 Dengan Tekanan Tempa 30kg/cm^2	49
Gambar 4.4 Grafik Spesimen 1	50
Gambar 4.5 Spesimen 2 Dengan Tekanan Tempa 40kg/cm^2	51
Gambar 4.6 Spesimen 2	52
Gambar 4.7 Spesimen 3 Dengan Tekanan Tempa 50kg/cm^2	53
Gambar 4.8 Spesimen 3	54
Gambar 4.9 Spesimen Setelah Dilakukan Uji Tarik	55
Gambar 4.10 Grafik Keseluruhan Uji Tarik Spesimen.....	56
Gambar 4.11 Daerah Titik Indentasi Uji Kekerasan.....	57
Gambar 4.12 Daerah Titik Indentasi Uji Kekerasan.....	60
Gambar 4.13 Grafik Uji Vicker Tu-Al 6061.....	62
Gambar 4.14 Mikrostruktur zoom 200x.....	63
Gambar 4.15 mikrostruktur zoom 500x.....	64
Gambar 4.16 Mikrostruktur zoom 1000x.....	64
Gambar 4.17 Mikrostruktur zoom 200x.....	65
Gambar 4.18 Mikrostruktur zoom 500x.....	65
Gambar 4.19 Mikrostruktur zoom 1000x.....	66
Gambar 4.20 Mikrostruktur zoom 200x.....	66
Gambar 4.21 Mikrostruktur Zoom 500x.....	67

Gambar 4.22 Mikrostruktur Zoom 1000x 67

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

$^{\circ}\text{C}$	Derajat Celcius
Al	Aluminium
Ao	Luas Mula Dari Penampang Batang Uji
<i>ASTM</i>	<i>American Society For Testing And Material</i>
CO_2	Karbon Dioksida
Cu	Tembaga
D	Panjang Diagonal Penginjakan Penetrator
<i>DCEN</i>	<i>Direct Current Electrode Negative</i>
<i>DCEP</i>	<i>Direct Current Electrode Positive</i>
<i>DIN</i>	<i>Deutche Industrie Normen</i>
<i>DOE</i>	<i>Desain Of Eksperimen</i>
E	Elastisitas Bahan
F	Gaya
<i>FCAW</i>	<i>Flux Core Arc Welding</i>
<i>FRW</i>	<i>Friction Welding</i>
<i>FSW</i>	<i>Friction Stir Welding</i>
<i>GMAW</i>	<i>Gas Metal Arc Welding</i>
<i>GTAW</i>	<i>Gas Tungsten Arc Welding</i>
<i>HAZ</i>	<i>Heat Affected Zone</i>
<i>HV</i>	<i>High Voltage</i>
kgf	Kilo Gram Gaya
L	Panjang Batang Uji Yang Dibebani
Lo	Panjang Mula Dari Batang Uji
<i>MAG</i>	<i>Metal Active Gas</i>
<i>MIG</i>	<i>Metal Inert Gas</i>
mm	Milimeter
mm^2	Milimeter Persegi
<i>MPA</i>	<i>Megapascal</i>
NH_4CL	Amonium Klorida
θ	Sudut Antara Permukaan Intan

P	Beban Panjang Digunakan
Pf	Tekanan Gesek
Pu	Tekanan Tempa
RPM	Revolusi Per Menit
s	Kecepatan Putaran
<i>SAW</i>	<i>Submerged Arc Welding</i>
<i>SMAW</i>	<i>Shield Metal Arch Welding</i>
tf	Waktu Gesekan
<i>TIG</i>	<i>Tungsten Inert Gas</i>
<i>TMAZ</i>	<i>Thermomechanically Affected Zone</i>
tu	Waktu Tempa
<i>WM</i>	<i>Weld Metal</i>
σ_{ult}	Tegangan Ultimate
σ_{ys}	Tegangan Luluh

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tingkat Experiment.....	39
Tabel 4.1 Hasil Uji Tarik	55
Tabel 4.2 Spesimen I.....	57
Tabel 4.3 Spesimen II	58
Tabel 4.4 Spesimen III	59
Tabel 4.5 Nilai Uji Vickers Daerah Base 3.....	60
Tabel 4.6 Nilai Uji Vickers Daerah Haz 4	60
Tabel 4.7 Nilai Uji Vickers Daerah Weld 5	61
Tabel 4.8 Nilai Uji Vickers Daerah Haz 6	61
Tabel 4.9 Nilai Uji Vickers Daerah Base 7.....	61

ABSTRAK

Teknik pengelasan telah digunakan secara luas dalam penyambungan logam dengan media panas. Sumber panas yang dipakai berasal dari busur listrik, nyala oksasi-asitilen dan gesekan. Las gesek (*friction welding*) merupakan salah satu metode pengelasan jenis solid state welding, dimana panas dihasilkan oleh dua logam yang bergesekan sehingga logam mencair kemudian membeku bersama-sama menjadi sambungan las. Penelitian ini membahas mengenai pengelasan gesek untuk mengetahui perbedaan tekanan tempa pada pengelasan aluminium 6061 dengan tembaga. **Tujuan :** Tujuan penelitian ini untuk mengetahui : uji tarik dan uji kekerasan (*Vickers*) serta mikrostruktur. **Metodologi Penelitian :** Adapun metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan onjek penelitian, metode pengumpulan data, analisa data dan kerangka pemecahan masalah. Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah tekanan gesek (Pf), waktu gesek (tf), Tekanan Tempa (Pu), Waktu Tempa (tu) dan kecepatan putaran (s). **Hasil Penelitian :** Analisis dari hasil uji tarik, uji kekerasan, dan uji mikrostruktur dari hasil *fiction welding* bahan Aluminium 6061 dan Tembaga : semakin besar tekanan tempa maka nilai kekerasannya juga semakin besar. Pada nilai kekuatan juga bervariasi dari terendah sampai tertinggi, serta pada uji mikrostruktur dapat di simpulkan bahwa semakin besarnya tekanan tempa maka semakin kuat juga sambungan las yang dihasilkan. **Kesimpulan :** Semakin besar tekanan tempa, maka semakin besar pula nilai dari uji tarik dan uji kekerasan. Serta semakin kuat mikrostruktur yang di hasilkan

Kata Kunci : *Friction Welding, Aluminium, Tembaga, Uji tarik dan Uji Kekerasan.*

ABSTRAC

*Welding techniques have been used extensively in joining metals to hot media. The heat source used comes from an electric arc, oxy-acetylene flame and friction. Friction welding is a type of solid state welding method, where heat is generated by two metals rubbing together so that the metal melts and then freezes together to become a welded joint. This study discusses friction welding to determine the difference in forging pressure in welding aluminum 6061 with copper. **Purpose :** The purpose of this study was to determine: tensile test and hardness test (Vickers) and microstructure. **Research Methodology :** The methodology used in this research uses research objects, data collection methods, data analysis and problem solving frameworks. The parameters used in this study are friction pressure (Pf), friction time (tf), Forging Pressure (Pu), Forging Time (tu) and rotational speed (s). **Research Results :** Analysis of the results of the tensile test, hardness test, and microstructural test of the results of fiction welding of Aluminum 6061 and Copper: the greater the forging pressure, the greater the hardness value. The strength values also vary from the lowest to the highest, and in the microstructural test it can be concluded that the greater the forging pressure, the stronger the resulting welded joint will be. **Conclusion :** the greater the forging pressure, the greater the value of the tensile test and hardness test. As well as the stronger the resulting microstructure.*

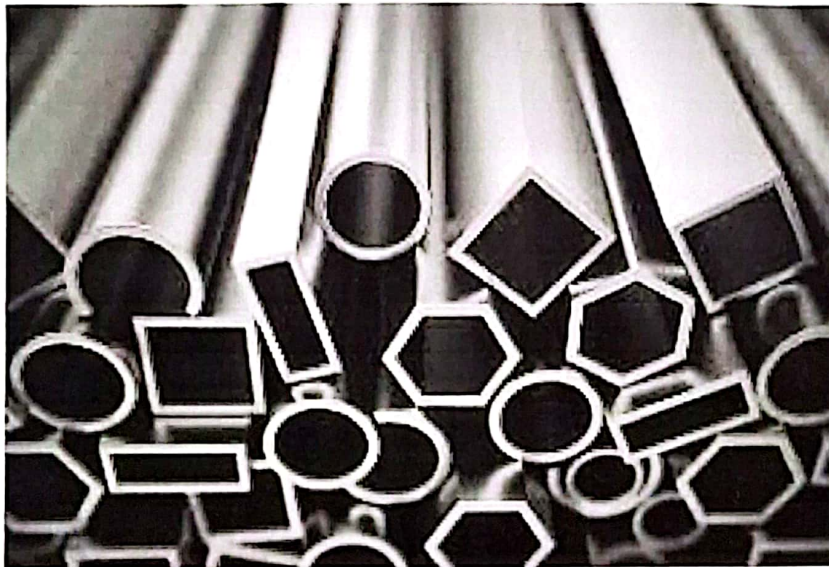
Keywords : *Friction Welding, Aluminum, Copper, Tensile Test and Hardness Test.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan logam yang paling banyak di dunia. Logam 8 % dari bagian pada kerak bumi. Boleh dikatakan setiap negara mempunyai persediaan bahan yang mengandung aluminium, tetapi proses untuk mendapatkan aluminium dari kebanyakan bahan itu masih belum ekonomis. Aluminium pertama kali dibuat dalam bentuk murni oleh Oersted, pada tahun 1825, yang memanaskan ammonium klorida NH_4Cl dengan amalgam kalium-raksa (Surdia. & Saito., 1992).



Gambar 1.1 Aluminium.

(Sumber : Sarkepo, 2021)

Aluminium telah menjadi salah satu logam industri yang paling luas penggunaannya di dunia. Aluminium banyak digunakan di dalam semua sektor utama industri seperti angkutan, konstruksi, listrik, peti kemas dan kemasan, alat rumah tangga serta peralatan mekanis. Adapun sifat-sifat yang

dimiliki aluminium antara lain sebagai berikut (Kalpakjian. & Schmid., 2009) :

1. Ringan
Memiliki bobot sekitar 1/3 dari bobot besi dan baja, atau tembaga dan banyak digunakan dalam industri transportasi seperti angkutan udara.
2. Tahan terhadap korosi
Sifatnya durabel sehingga baik dipakai untuk lingkungan yang dipengaruhi oleh unsur-unsur seperti air, udara, suhu dan unsur-unsur kimia lainnya, baik di ruang angkasa atau bahkan sampai ke dasar laut.
3. Kuat
Aluminium memiliki sifat yang kuat terutama bila dipadu dengan logam lain. Digunakan untuk pembuatan komponen yang memerlukan kekuatan tinggi seperti: pesawat terbang, kapal laut, bejana tekan, kendaraan dan lain-lain.
4. Mudah dibentuk
Proses pengerjaan aluminium mudah dibentuk karena dapat disambung dengan logam/material lainnya dengan pengelasan, brazing, solder, adhesive bonding, sambungan mekanis, atau dengan teknik penyambungan lainnya.
5. Konduktor panas
Sifat ini sangat baik untuk penggunaan pada mesin-mesin/alat-alat pemindah panas sehingga dapat memberikan penghematan energi.
6. Memiliki ketangguhan yang baik
Dalam keadaan dingin dan tidak seperti logam lainnya yang menjadi getas bila didinginkan. Sifat ini sangat baik untuk penggunaan pada transportasi LNG dimana suhu gas cair LNG mencapai dibawah -150°C .
7. Mampu diproses ulang-guna
Mendaur ulang kembali melalui proses peleburan dan selanjutnya dibentuk menjadi produk seperti yang diinginkan. Proses ulang-guna ini dapat menghemat energi, modal dan bahan baku yang berharga.



Gambar 1.2 Tembaga.

(Sumber : Riadi, 2020)

Penggunaan tembaga dalam kehidupan sehari-hari maupun industri sangat banyak. Bahkan, tembaga adalah salah satu logam yang sering dicampur untuk menciptakan logam campuran dan digunakan dalam berbagai hal, sebagai berikut:

1. Konstruksi bangunan Menurut data di Amerika Serikat pada tahun 2019, sebanyak 43 persen penggunaan tembaga berada di konstruksi bangunan. Tembaga digunakan untuk berbagai aspek, seperti kabel, pipa saluran air, lapisan tahan cuaca, dan bagian lainnya.
2. Kabel listrik Kabel listrik terbuat dari tembaga dan menduduki posisi kedua terbanyak penggunaan tembaga, yaitu sekitar 30 persen dari total penggunaan tembaga. Tembaga dipilih karena merupakan logam yang bisa fleksibel, namun mampu menghantarkan listrik dan panas dengan baik. Selain itu, tembaga lebih aman dari perak karena tidak akan terbakar jika dialiri listrik dengan tegangan tinggi.
3. Kendaraan bermotor dan mesin Kabel ini tidak hanya digunakan untuk listrik di rumah atau bangunan saja, namun juga untuk di berbagai bagian kendaraan bermotor. Contoh penggunaan tembaga di kendaraan bermotor, antara lain kabel, radiator, dan rem. Selain itu, logam ini juga digunakan di berbagai mesin industri.
4. Pagar dan gagang pintu Pagar yang biasa digunakan di depan rumah, balkon, atau teralis, beberapa menggunakan tembaga. Bahan ini dipilih karena ringan dan memberikan tampilan yang bagus dan tahan karat. Selain itu, sebagian besar gagang pintu juga terbuat dari tembaga.

5. Alat untuk pemurnian air Tembaga sulfat adalah bahan yang digunakan secara luas di bidang pertanian dan sebagai bahan pembasmi alga pada air. Hasilnya, air akan lebih bersih (Farabida, 2022).

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Lambangnya berasal dari bahasa Latin Cuprum. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu unsur ini memiliki korosi yang cepat sekali. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga dicampurkan dengan timah untuk membuat perunggu. Ion Tembaga (II) dapat berlarut ke dalam air, di mana fungsi mereka dalam konsentrasi tinggi adalah sebagai agen anti bakteri, fungisi, dan bahan tambahan kayu. Dalam konsentrasi tinggi maka tembaga akan bersifat racun, tetapi dalam jumlah sedikit tembaga merupakan nutrisi yang penting bagi kehidupan manusia dan tanaman tingkat rendah. Di dalam tubuh, tembaga biasanya ditemukan di bagian hati, otak, usus, jantung, dan ginjal (User, 2018)

Di dunia industri yang berkaitan dengan logam, banyak sekali proses-proses penyambungan logam. Salah satu proses penyambungan dua bagian logam adalah dengan cara mengelas, yaitu menyambung dua bagian logam atau lebih secara permanen dengan menggunakan energi panas. Pada umumnya pengelasan aluminium dilakukan dengan menggunakan proses *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* atau *Gas Metal Arc Welding (GMAW)*, namun pada kedua metode tersebut terdapat kendala dalam proses pengelasannya adalah aluminium merupakan penghantar panas yang baik, mempunyai titik lebur yang rendah dan adanya lapisan oksida pada permukaan sehingga sangat sulit untuk memanaskan atau mencairkan hanya sebagian kecil dari aluminium tersebut (Wiryo Sumarto & Okumura, 2014). Cacat yang sering terjadi pada pengelasan aluminium menggunakan metode *GTAW* atau *GMAW* adalah porositas.

Faktor yang menyebabkan porositas paling mendasar adalah larutnya udara ke dalam logam las selama proses pengelasan berlangsung. Karena porositas adalah cacat jenis lubang yang terbentuk karena adanya gas yang terperangkap selama proses pengelasan yang umumnya disebabkan oleh elektroda basah atau jarak

elektroda dengan benda terlalu jauh sehingga fungsi shielding gas pada elektroda tidak efektif (Edward, 2013). Permasalahan yang timbul pada pengelasan tersebut dapat diatasi dengan proses *Friction Stir Welding (FSW)*, karena pengelasan ini tidak menggunakan busur las.

Friction Stir Welding (FSW) merupakan salah satu metode atau teknik pengelasan solid state dimana sambungan las terbentuk tanpa penambahan logam pengisi (*filler metal*). Pengelasan *FSW* memanfaatkan panas yang dihasilkan dari gaya gesek tool (pin dan shoulder) yang berputar dan ditekankan sepanjang garis sambungan antara dua benda kerja, sehingga logam mengalami pelunakan dan terjadi proses penyambungan yang dihasilkan dari deformasi plastis akibat adukan pin di lokasi pengelasan (Khaled, 2005). Kelebihan dari pengelasan *FSW* yaitu dapat menyambung beberapa logam yang berbeda jenis (*dissimilar joint*) seperti aluminium dengan tembaga, aluminium dengan magnesium, aluminium dengan baja dan termasuk menyambung jenis paduan aluminium yang berbeda. Dedi Triyoko (2016) Pengelasan dengan menggunakan paduan aluminium dan tembaga. Pada aplikasi teknik sambungan las tak sejenis aluminium dan tembaga dapat dijumpai di dunia industri seperti pembuatan kabel listrik, *tailor welded blank*, chasis dan lain-lain.

Perbedaan metalurgi logam las pada pengelasan material yang berbeda (*dissimilar*) akan mengakibatkan kendala tersendiri dan perlu perhatian khusus. Aluminium memiliki kadar Aluminium 99% dan mempunyai sifat *creep* dan kekuatan tarik yang tinggi, sedangkan paduan tembaga tidak dapat diperlakukan panas, sehingga perbedaan ini akan berpengaruh pada daerah *HAZ (heat affected zone)*, *TMAZ (thermomechanically affected zone)* dan *WM (weld metal)* (Griffin, L, 1972). Oleh karena itu pada saat proses pengelasan parameter yang umum digunakan dalam proses *FSW* harus benar-benar diperhatikan antara lain geometri tool, kecepatan tool (mm/min), kecepatan putar tool (rpm), dan sudut kemiringan tool (Mishra & Mahoney., 2007)

Agar pada daerah *HAZ* tidak terjadi perubahan sifat mekanik yang drastis dibanding logam induk, namun pada daerah *HAZ* struktur mikro akan berbeda dibandingkan logam induknya, hal ini terjadi karena panas terjadi pada saat pengelasan (Taban, 2010). Desain bentuk pin tool yang berbeda merupakan salah

satu faktor penting yang mempengaruhi hasil kualitas sambungan, struktur mikro, dan sifat mekanik pada sambungan las (Terry, 2005). Pada saat merancang tool pemilihan material perlu diperhatikan karena akan menjadi faktor yang menentukan kekuatan dan koefisien gesek tool.

Penelitian terdahulu telah meneliti tentang pengelasan *FSW* pada material tak sejenis (*dissimilar weld*) telah banyak diteliti. (Riswanda & Ilham M, N., 2011), menggunakan paduan aluminium seri 5083 dan 6061-T6 pada variasi putaran 1200, 1400, dan 1600 rpm, didapatkan hasil kekerasan rata-rata tertinggi dilogam las pada spesimen putaran 1400 rpm yaitu 47,98 (kg/mm²), sedangkan nilai kekuatan tarik tertinggi adalah dengan menggunakan variasi putaran 1600 rpm yaitu 151 (MPa).

Dalam menggunakan paduan aluminium seri 6061 dan 2024 pada putaran mesin 1500 rpm dengan variasi kecepatan pengelasan 50, 100, dan 150 mm/min. Tool untuk *FSW* yang digunakan adalah tipe EMS 45 steel dengan panjang 100 mm, panjang pin tool 3 mm, diameter pin tool 3 mm dan diameter shoulder 20 mm. Dimana hasil uji kekuatan tarik tertinggi adalah dengan menggunakan kecepatan pengelasan 50 mm/min yaitu 109 kg/mm². Kekerasan paduan aluminium seri 2024 lebih tinggi dibanding Al-6061 (Wijayanto, & dkk., 2011)

Berdasarkan uraian diatas, pengkajian terhadap pengelasan *FSW* pada material tak sejenis (*dissimilar weld*) masih sangat luas cakupannya. Banyak ilmu yang masih bisa digali untuk menjelaskan pengelasan *FSW* yang beragam, baik dari sisi metode pengelasan, kecepatan putar tool, kecepatan pengelasan, sudut kemiringan tool, kekerasan tool, geometri tool, dan material yang digunakan. Untuk itu penelitian tentang pengelasan pada sambungan material aluminium 6061 dan tembaga dengan metode *friction welding*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh tekanan pada hasil pengelasan material yang berbeda antara aluminium 6061 dan tembaga dengan metode *friction welding* ?

1.3 Batasan masalah

Selama proses penyusunan tugas akhir ini maka penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas dengan rincian sebagai berikut :

1. Proses pengelasan gesek.
2. Putaran tool dan waktu pada proses pengelasan dissimilar dengan metode *FSW* dibuat konstan.
3. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium 6061 dan tembaga dengan panjang 70 mm, dan diameter 12,7 mm.
4. Parameter yang digunakan dalam proses pengelasan yaitu : *friction time*, *rotation speed* dan *friction pressure*.
5. Pengujian sambungan las yang akan dilakukan adalah uji kekerasan metode *Vickers* dan uji tarik.
6. Standar yang diajukan untuk parameter las dan uji kekuatan adalah standard *ASTM*.

1.4 Tujuan

1. Mengetahui kualitas hasil sambungan pada pengelasan *FSW* dissimilar Aluminium 6061 dan Tembaga.
2. Mengetahui uji tarik (*tensile strength*) pada hasil sambungan las Aluminium 6061 dengan Tembaga.
3. Menganalisis kekerasan terhadap sambungan las gesek pada material Aluminium 6061 dan Tembaga dengan menggunakan metode *hardness vickers test*.
4. Untuk mengetahui mikrostruktur terhadap sambungan las gesek pada material Aluminium 6061 dan Tembaga.

1.5 Manfaat

1. Memberikan alternatif pengelasan Aluminium dengan Tembaga metode *FSW*.
2. Mendapatkan informasi tentang variasi pengelasan antara aluminium dengan tembaga dengan metode *FSW*.

3. Sebagai referensi dalam melaksanakan pengelasan dengan parameter yang tepat agar diperoleh hasil yang diinginkan.
4. Bagi peneliti, penelitian ini merupakan sarana untuk melatih diri agar bertambah pengetahuan serta keterampilan dalam melakukan penelitian.
5. Sebagai referensi untuk penelitian tak sejenis.
6. Memberikan motivasi kepada peneliti lain untuk meneliti proses pengelasan gesek lebih lanjut.
7. Menambah pustaka keilmuan dalam bidang teknik mesin, khususnya tentang las gesek.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam Skripsi ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut ini:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan Skripsi.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Berisi tentang obyek penelitian yang akan diteliti, dibandingkan dengan penelitian relevan sebelumnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang obyek penelitian, metode pengumpulan data, analisa data dan kerangka pemecahan masalah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang hasil penelitian yang dilakukan pada pekerja meliputi perbandingan cara kerja dan setelah penggunaan alat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Mengemukakan kesimpulan dan saran yang diperoleh dari analisa data serta mengemukakan saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan dan masukan bagi pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- ALATUJI. "Mengenal Metode Vickers Sebagai Pengujian Kekerasan Material".
Diakses 30 Januari 2023.
<https://www.alatuji.com/article/detail/1036/mengenal-metode-vickers-sebagai-pengujian-keras>
- Arifin. (1997). *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Astrom, P. (2002). *Friction Welding Aluminium*.
- ASTM E8 / E8M-16a, Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.
- Farabida, N. (2022, Januari 04). *5 Manfaat Tembaga dalam Industri dan Kehidupan Manusia*. Retrieved 05 18, 2022, from Kompas.com:
<https://www.kompas.com/sains/read/2022/01/04/123100023/5-manfaat-tembaga-dalam-industri-dan-kehidupan-manusia>
- Firmansyah. (2020). *Tensile Test : Pengertian, Prosedure, Acceptance dan Standard*. Diakses 30 Januari 2023. <https://www.detech.co.id/tensile-test/>
- Griffin, L. (1972). "Welding book" 6 ed. *Published by American welding society, 2501 N.W., 7.*
- Groover, Mikell P. 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing Fourth Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc
- Grub, T. (2021, Januari 26). *Mengenal Jenis-Jenis Welding*. Retrieved Mei 20, 2022, from truelogs.co.id: <https://www.truelogs.co.id/mengenal-jenis-jenis-welding-pengelasan-dan-cara-kerjanya/>
- H. T. (1996). *Teknik Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S.R.,. (2009). *Manufacturing Engineering and Technology*. In *Sixth Edition*. New York: Pentice Hall.

- Mishra, R., & Mahoney M. (2007). *Friction Stir Welding and Processing. ASM internasional.*
- Riadi, Muchlisin. (2020) Tembaga (Definisi, Karakteristik, Sifat, Penggunaan dan Dampak Keracunan Limbah)
- Riswanda, & Ilham M, N. (2011). Pengaruh Variasi Putaran Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Sambungan Las Tak Sejenis Pada Aluminium 5083 dan 6061-T6. *Industrial Research and National Seminar*, 34-39.
- S. S. (2007). Prediksi Laju Korosi Dengan Perubahan Besar Derajat Deformasi Plastik Dan Media Pengkorosi Pada Material Baja Karbon. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM 1(1)*, 1-8.
- Sarkepo. (2021, Juni 27). *9 Jenis Aluminium Beserta Fungsinya (Penjelasan Lengkap)*. Retrieved Mei 18, 2022, from <https://sarkepo.com/https://sarkepo.com/jenis-jenis-aluminium/>
- SLV Metropolitan Indonesia. "Jenis - jenis Pengelasan". Diakses 30 Januari 2023. <https://slv.co.id/jenis-jenis-pengelasan/>
- Suratman, M. (2001). *Teknik Mengelas*. Bandung: Cetakan 1. Pustaka Grafika.
- Surdia, T., & Saito, S. (1992). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: P.T Pradnya Paramitha.
- Teknikmart. "Tips Cara Pengelasan Yang Baik dan Benar" . Diakses 30 Januari 2023. <https://www.teknikmart.com/blog/tips-cara-pengelasan-yang-baik-dan-benar/>
- Terry Khaled, P. (2005). *An Outsider Looks at Friction Stir Welding*. Lakewood: Report.
- Tony, F. (2005). *Operating Instruction. Instron Universal Testing Edition*. Norword: Instron Corp.
- User, S. (2018, Juni 10). *Tembaga (Cu)*. Retrieved Juni 18, 2022, from bpusdataru-bk.jatengprov.go.id:https://bpusdataru-

bk.jatengprov.go.id/index.php/informasi-sda/kualitas-air/93-das/kualitas-air/164-tembaga-cu

Wijayanto, J, Mujiarto, S, & Rustianto, T. (2011). Friction Stir Welding/FSW Pada Paduan Aluminium Seri 6061 dan 2024.

Wirjosumarto. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Wirjosumarto, H., & Okumura, T. (2014). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Balai Pustaka.

Zulkifli Edward, W. H. (2013). Pengaruh Bentuk Probe Pada Tool Shoulder Terhadap Metalurgi Aluminium Seri 5083 Dengan Proses Friction Stir. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, 1*.