

**PENGARUH VARIASI WAKTU GESEK TERHADAP  
SIFAT MEKANIK PADA PENGELASAN *FRICTION WELDING*  
ALUMINIUM DAN TEMBAGA**

**SKRIPSI**



Oleh:

**RENDY SETIAWAN AJI**

**1903035076**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA  
JAKARTA  
2024**

**PENGARUH VARIASI WAKTU GESEK TERHADAP  
SIFAT MEKANIK PADA PENGELASAN *FRICTION WELDING*  
ALUMINIUM DAN TEMBAGA**

**SKRIPSI**

Disusun untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik Mesin



Oleh:

**RENDY SETIAWAN AJI**

**1903035076**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA  
JAKARTA  
2024**

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH VARIASI WAKTU GESEK TERHADAP  
SIFAT MEKANIK PADA PENGELASAN *FRICTION* WELDING  
ALUMINIUM DAN TEMBAGA**

### **SKRIPSI**

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik Mesin

Oleh:  
**RENDY SETIAWAN AJI**  
1903035076

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan ke Sidang Ujian Skripsi  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri dan Informatika

**UHAMKA**

Tanggal, 2 November 2024

Pembimbing

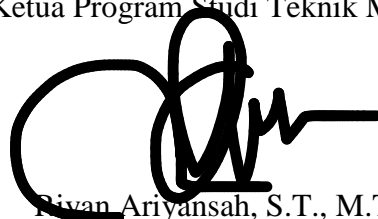


Riyan Ariyansah, S.T., M.T.

NIDN. 0324069102

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Riyan Ariyansah, S.T., M.T.

NIDN. 0324069102

## HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI WAKTU GESEK TERHADAP  
SIFAT MEKANIK PADA PENGELASAN *FRICTION WELDING*  
ALUMINIUM DAN TEMBAGA

SKRIPSI

Oleh:  
RENDY SETIAWAN AJI  
1903035076

Telah diuji dan dinyatakan lulus dalam Sidang Ujian Skripsi  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Industri dan Informatika

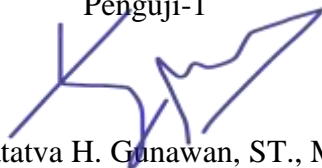
UHAMKA

Tanggal, 14 November 2024



Riyan Ariyansah, S.T., M.T.  
NIDN. 0324069102

Penguji-1



Pancatutva H. Gunawan, ST., MT.  
NIDN. 0315046802

Penguji-2

Delvis Agusman, ST., M.Sc.  
NIDN. 0311087002

Mengesahkan,  
Dekan  
Fakultas Teknologi Industri dan  
Informatika

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Mesin

Dr. Dan Mugisidi S.T., M.Si  
NIDN. 031126901

Riyan Ariyansah, S.T., M.T  
NIDN. 0324069102

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang membuat pernyataan

Nama : Rendy Setiawan Aji  
NIM : 1903035076  
Judul skripsi : Pengaruh variasi waktu gesek terhadap sifat Mekanik pada pengelasan *friction welding* aluminium dan tembaga

Menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya saya sendiri (ASLI) dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu institusi pendidikan tinggi mana pun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain, KECUALI yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Jakarta 02 November 2024



Rendy Setiawan Aji

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrohmanirrohim.*

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Swt. atas ridanya saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Adapun judul skripsi yang saya ajukan adalah pengaruh waktu gesek terhadap nilai uji tarik dan kekerasan pada *friction welding*.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Skripsi saya di Fakultas Teknologi Industri dan Informatika Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA. Tidak dapat disangkal bahwa butuh usaha yang keras dalam penyelesaian pengerjaan skripsi ini. Namun, karya ini tidak akan selesai tanpa orang-orang tercinta di sekeliling saya yang mendukung dan membantu. Terima kasih saya sampaikan kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Bapak Riyan Ariyansah, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.
3. Bapak Riyan Ariyansah, S.T., M.T. yang telah membimbing dari awal hingga selesainya skripsi ini.
4. Teman maupun kerabat penulis yang selalu memberikan doa dan membantu dalam proses penyelesaian penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna oleh karenanya mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk evaluasi kedepannya, semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pembaca.

*Wassalamualikum warahmatullahi wabarakatuh*

## PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (UHAMKA), saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rendy Setiawan Aji

NIM : 1903035076

Program Studi : Teknik Mesin

Menyetujui, memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive royalty free right*) kepada Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (UHAMKA) atas karya ilmiah saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) yang berjudul:

Pengaruh Variasi Waktu Gesek Terhadap Sifat Mekanik

Pada Pengelasan *Friction Welding*

Aluminium dan Tembaga

Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Jakarta, 02 November 2024



Rendy Setiawan Aji

## ABSTRAK

### **Pengaruh Variasi Waktu Gesek Terhadap Sifat Mekanik Pada Pengelasan *Friction Welding Aluminium Dan Tembaga***

Rendy Setiawan Aji

*Friction welding* adalah salah satu metode pengelasan yang memanfaatkan panas yang dihasilkan dari gesekan antara dua material untuk menciptakan sambungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh waktu gesek terhadap sifat mekanik sambungan, yaitu kekuatan tarik dan kekerasan material. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium dan tembaga, dengan variasi waktu gesek 30, 45, dan 60 detik. Metode pengujian meliputi uji tarik untuk mengetahui kekuatan sambungan dan uji kekerasan untuk mengevaluasi distribusi kekerasan pada daerah sambungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan waktu gesek secara signifikan memengaruhi kekuatan tarik dan kekerasan material. Waktu gesek yang lebih lama cenderung meningkatkan homogenitas sambungan dan kekerasan di daerah las, namun juga dapat menyebabkan overheating yang berdampak negatif pada sifat mekanik tertentu. Kesimpulannya, waktu gesek merupakan parameter penting dalam proses *friction welding* yang secara langsung memengaruhi kualitas sambungan.

**Kata kunci:** *friction welding*, waktu gesek, uji tarik, kekerasan, sambungan material.

### ***The Effect of Friction Time Variation on Mechanical Properties in Friction Welding of Aluminum and Copper***

Rendy Setiawan Aji

*Friction welding is an advanced welding technique that leverages heat generated through friction between two materials to form a solid-state joint. This research investigates the effect of friction time on the mechanical properties of the welded joint, particularly tensile strength and hardness. The materials employed in this study are aluminum and copper, with variations in friction time set at 30, 45, and 60 seconds. Mechanical testing comprises tensile strength analysis to assess the joint's integrity and hardness testing to determine the hardness distribution across the welded region. The findings reveal that increasing friction time significantly influences both the tensile strength and hardness of the joint. Extended friction time enhances the homogeneity and hardness of the weld zone but may also induce overheating, which adversely affects specific mechanical properties. In conclusion, friction time is a critical parameter in the friction welding process, exerting a direct impact on the joint's quality and performance.*

**Keywords:** *friction welding, friction time, tensile strength, hardness, welded joint*



## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>   | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>   | <b>iv</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>  | <b>v</b>    |
| <b>PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b> | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRAK .....</b>   | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>  | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>   | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>   | <b>xii</b>  |
| <b>BAB.1 PENDAHULUAN .....</b>   | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang Masalah .....   | 1           |
| 1.2 Perumusan Masalah .....  | 2           |
| 1.3 Batasan Masalah .....  | 2           |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....  | 2           |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....   | 2           |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....  | 3           |
| <b>BAB.2 DASAR TEORI .....</b>   | <b>5</b>    |
| 2.1 <i>Friction Welding</i> .....  | 5           |
| 2.2 Pengertian Pengelasan .....  | 6           |
| 2.3 Pengelasan Gesek .....   | 7           |
| 2.4 <i>Rotary Friction Welding</i> .....                                   | 8           |
| 2.5 Alumunium .....  | 9           |
| 2.6 Tembaga .....  | 11          |
| 2.7 Sifat Mekanik Pada Logam .....   | 12          |
| 2.7.1 <i>Tensile strength</i> (kekuatan tarik) .....                       | 13          |
| 2.7.2 <i>Hardness</i> (kekerasan) .....                                    | 14          |
| 2.7.3 <i>Durability</i> .....  | 14          |
| 2.7.4 <i>Weldability</i> (kemampuan las) .....                             | 14          |
| 2.7.5 <i>Ductility</i> (elastipitas) .....                                 | 15          |
| <b>BAB.3 METODOLOGI .....</b>  | <b>16</b>   |
| 3.1 Alur Penelitian .....  | 16          |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....  | 17          |
| 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian .....                                      | 19          |
| 3.4 Teknik Pengumpulan Data .....  | 20          |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.5 Spesifikasi Material.....                | 20        |
| <b>BAB.4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>      | <b>21</b> |
| 4.1 Hasil Uji Kekerasan <i>Vickers</i> ..... | 21        |
| 4.2 Hasil Uji Tarik.....                     | 23        |
| <b>BAB.5 SIMPULAN .....</b>                  | <b>25</b> |
| 5.1 Simpulan .....                           | 25        |
| 5.2 Saran.....                               | 25        |
| <b>DAFTAR REFERENSI .....</b>                | <b>26</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                 | <b>28</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2-1 Kemampuan las suatu komponen (DIN 8528) .....                      | 7  |
| Gambar 2-2 Tahapan pengelasan rotari .....                                    | 9  |
| Gambar 2-3 Aplikasi pengelasan gesek dengan metode pengelasan gesek rotari .. | 9  |
| Gambar 2-4 Uji tarik pada logam .....   | 13 |
| Gambar 2-5 Uji kekerasan pada logam .....                                     | 14 |
| Gambar 2-6 Faktor yang mempengaruhi pada las .....                            | 14 |
| Gambar 2-7 Contoh komponen bersifat elastis .....                             | 15 |
| Gambar 3-1 Diagram alur penelitian .....                                      | 16 |
| Gambar 4-1 Daerah titik indentasi uji kekerasan .....                         | 21 |
| Gambar 4-2 Grafik hasil uji kekerasan .....                                   | 22 |
| Gambar 4-3 Dimensi spesimen uji tarik .....                                   | 23 |
| Gambar 4-4 Sketsa benda uji tarik (tensile test) .....                        | 23 |
| Gambar 4-5 Grafik data kekuatan tarik friction welding .....                  | 24 |

## DAFTAR NOTASI

| No | Uraian            | Notasi | Satuan |
|----|-------------------|--------|--------|
| 1. | Waktu Gesek       | t      | S      |
| 2. | Diameter Spesimen | Ø      | Mm     |
| 3. | Panjang Specimen  | L      | Mm     |
| 4. | Beban Tekanan     | F      | Kg     |
| 5. | Putaran Berat     | N      | Rpm    |
| 6. | Persentase Berat  | wt%    | -      |
| 7. | Persentase Atom   | at%    | -      |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 3-1 Alat Penelitian .....                                     | 17 |
| Tabel 3-2 Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam proses penelitian ..... | 19 |
| Tabel 3-3 Karakteristik tembaga .....                               | 20 |
| Tabel 3-4 kandungan kimia pada AISI 304 (mass%) .....               | 20 |
| Tabel 4-1 Hasil dari uji kekerasan vickers sampel 1.....            | 21 |
| Tabel 4-2 Hasil dari uji kekerasan vickers sampel 2.....            | 22 |
| Tabel 4-3 Hasil dari uji kekerasan vickers sampel 3.....            | 22 |
| Tabel 4-4 Hasil dari uji kekerasan vickers sampel 4.....            | 24 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|  |    |
|--|----|
| LAMPIRAN A. Hasil Turnitin.....                    | 28 |
| LAMPIRAN B. Log Book.....                          | 30 |
| LAMPIRAN C. Log Book Lembar Bimbingan Skripsi..... | 31 |

## **BAB.1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Semakin banyak orang yang menggunakan sistem pengelasan dalam konstruksi bangunan dan mesin. Dalam industri, istilah pengelasan atau sambungan sering digunakan. Beberapa jenis sambungan termasuk baut, mur, dan lipat. Salah satu teknik pengelasan lainnya adalah pengelasan *solid state*, di mana dua bahan diikat pada suhu yang lebih rendah daripada titik lelehnya. Karena kekurangan kekuatan, mengelas antara tepi dan tengah logam berbentuk silinder padat dengan busur tidak efektif, yaitu pengelasan gesek.

Pengelasan melalui gesekan adalah proses menyambungkan material melalui panas yang dihasilkan oleh gesekan antara dua jenis material yang berbeda atau tidak sejenis. Menurut (Purnomo, 2016) pengelasan gesekan dengan antarmuka yang seragam dapat digunakan pada berbagai jenis logam. Teknik ini dapat digunakan untuk mengelas silinder logam padat karena penyatuan silinder harus dilakukan secara bertahap sampai lapisan logam menjadi penuh. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa kecepatan pengelasan terkait dengan hasil kekuatan yang dapat dipengaruhi.

Karena masing-masing jenis pengelasan memiliki fitur yang berbeda, penggunaan masing-masing jenis bergantung pada kebutuhan. Untuk menggabungkan bahan dan logam yang berbeda, pengelasan logam yang berbeda adalah kemajuan dalam teknologi pengelasan modern. Pengelasan dua bahan yang berbeda: Pengelasan dua bahan yang berbeda adalah praktik umum dalam teknik mesin dan elektronik. Dalam penelitian ini, berbagai jenis paduan aluminium, termasuk aluminium (AL) dan tembaga (CU), digunakan untuk pengelasan. Teknologi pengelasan seperti ini digunakan dalam berbagai industri, seperti chassis, panel pesawat terbang, dan bidang pengelasan khusus (Haryanto, Purnomo, & Carli, 2018)

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penulis ingin menganalisis sifat mekanis dan karakteristik struktur mikro produk pengelasan gesek (*friction welding*) dari baja tahan karat AISI 304 dan D2. Dengan mempertimbangkan uraian di atas,

penulis ingin mengetahui bagaimana perbedaan waktu gesek terhadap putaran RPM yang terjadi selama pengelasan gesek tembaga dan aluminium mempengaruhi kekuatan tarik dan tekan. Penelitian ini akan meneliti bagaimana perbedaan waktu gesek berdampak pada kekuatan tarik dan tekan dengan menggunakan metode eksperimental dengan variasi waktu gesek 30, 45 dan 60 menit untuk meningkatkan kualitas sambungan las gesek.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Bedasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, maka didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini yaitu, bagaimana pengaruh waktu gesek terhadap nilai uji tarik dan kekerasan pada *friction welding* aluminium dan tembaga?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berikut adalah beberapa batasan masalah yang dapat diterapkan dalam penelitian ini:

1. Kecepatan putar mesin las diseting pada nilai konstan, yaitu 1300 RPM.
2. Pengujian hasil hanya dilakukan dengan metode (*tensile test*) uji tarik dan (*vickers*) uji kekerasan.
3. Getaran yang dihasilkan tidak berdampak pada hasil las.
4. Waktu gesek 30, 45, dan 60 menit.
5. Temperatur tidak diatur.
6. Waktu tekan 30 detik.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh waktu gesek terhadap nilai uji tarik dan kekerasan pada *friction welding* aluminium dan tembaga

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yang signifikan dalam berbagai aspek, baik secara teoritis maupun praktis. Secara akademis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik pengelasan,



khususnya dalam memahami pengaruh waktu gesek terhadap sifat mekanis, seperti kekuatan tarik dan kekerasan, pada sambungan antara aluminium dan tembaga menggunakan metode friction welding. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi acuan bagi industri manufaktur dalam mengoptimalkan parameter waktu gesek untuk meningkatkan kualitas sambungan material, sehingga dapat mendukung efisiensi proses produksi.

Selain itu, penelitian ini memberikan manfaat praktis berupa pengurangan biaya produksi melalui pengaturan parameter yang tepat, tanpa memerlukan pengujian yang berulang kali. Dalam konteks keberlanjutan, friction welding yang tidak menggunakan bahan tambahan atau pelarut kimia berpotensi menjadi teknologi pengelasan yang ramah lingkungan. Lebih jauh, penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi studi lanjutan, terutama dalam mengeksplorasi pengaruh parameter lain pada teknik friction welding, seperti tekanan, kecepatan rotasi, atau variasi material. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai strategis dalam mendukung kemajuan teknologi dan aplikasi material di berbagai sektor.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Berikut ini adalah sistematika penulisan yang telah disusun dalam beberapa bab antara lain:

1. Bab 1: Pendahuluan. Pada bab ini, akan diperkenalkan latar belakang penelitian dan mengidentifikasi masalah yang ingin diselesaikan. Kemudian, dijelaskan mengapa topik ini penting dan relevan. Selain itu, juga akan ditetapkan tujuan penelitian yang ingin dicapai dan menggambarkan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini. Selanjutnya, dijelaskan juga batasan penelitian dan memberikan gambaran umum tentang struktur skripsi.
2. Bab 2: Dasar Teori. Bab ini akan berisi tinjauan teori dan literatur yang relevan dengan penelitian skripsi ini. Di bab ini terkumpul informasi dari sumber-sumber terpercaya dan merangkum penelitian terdahulu yang telah dilakukan dalam bidang yang sama atau terkait. Pada bagian ini, akan menyajikan pemahaman yang baik tentang konsep-konsep yang terkait

dengan pengelasan gesek dan teori yang mendasari bahan dari alumunium dan tembaga.

3. Bab 3: Metodologi. Pada bab ini, akan dijelaskan desain penelitian yang digunakan dan langkah-langkah yang diambil untuk mengumpulkan data. Pada bagian ini dijelaskan metode dan alur yang digunakan dalam penelitian ini, alat dan bahan yang digunakan, serta proses penelitian yang dilakukan.
4. Bab 4: Hasil dan Pembahasan. Bab ini akan memaparkan hasil penelitian ini berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Pada bab ini akan menyajikan temuan-temuan dan menggambarannya dalam bentuk grafik, tabel, atau diagram yang relevan. Selanjutnya, akan melakukan analisis data dengan menggunakan metode yang sesuai dan menginterpretasikan hasil penelitian secara rinci. Pada bab ini, akan menafsirkan hasil penelitian dan menjelaskan implikasinya.
5. Bab 5: Simpulan. Di bab terakhir ini, akan merangkum simpulan yang telah diperoleh berdasarkan hasil penelitian. Pada bab ini akan memberikan jawaban atas tujuan penelitian yang telah ditetapkan dan menguraikan implikasi penelitian. Selain itu, pada bab ini juga akan memberikan saran untuk penelitian lanjutan yang dapat dilakukan dalam bidang ini.

## **BAB.2 DASAR TEORI**

### **2.1 *Friction Welding***

Dalam konstruksi, pengelasan sangat umum. Ini termasuk pipa cepat, jaringan pipa, bejana tekan, jembatan, rangka baja, dan sebagainya. Meskipun pengelasan hanyalah cara untuk meningkatkan ekonomi manufaktur, itu bukanlah tujuan utama konstruksi. Akibatnya, desain dan metode pengelasan harus mempertimbangkan dan menunjukkan bahwa karakteristik pengelasan sesuai dengan penggunaan konstruksi dan lingkungan. Proses pengelasan tampak seperti hal yang mudah, ada banyak masalah yang memerlukan pemahaman yang mendalam untuk mengatasi. Akibatnya, pemahaman tentang pengelasan harus dimasukkan ke dalam praktik yang sesuai.

Bahan las dan jenis pengelasan yang digunakan akan dipengaruhi oleh proses pengelasan saat membangun struktur atau mesin yang menggunakan sambungan las. Menurut definisi DIN (*Deutch Industrie Normen*), pengelasan adalah proses penyatuan metalurgi pada sambungan logam paduan dalam keadaan cair yang menekankan kedua batang logam, yang menghasilkan hubungan antar atom molekul logam yang disambungkan. Salah satu dari lebih dari empat puluh metode pengelasan adalah ini. Pada saat ini, pengelasan dan pemotongan sangat penting untuk teknologi yang menggunakan logam sebagai bahan utama. Sejak awal pengembangan, banyak inovasi baru telah terjadi. Oleh karena itu, saat ini hampir tidak mungkin untuk memotong atau las logam.

Pengelasan gesekan telah dilakukan secara menyeluruh. Gesekan gesek dari segi kekuatan, kekerasan, dan struktur mikro telah dipelajari oleh beberapa penelitian. Struktur Mikro, Analisis Mikrostruktur Panas Gesekan Rendah, Penelitian mengenai pengelasan gesek dan kekuatan tarik menunjukkan bahwa kuat tarik rata-rata mencapai 118,505 MPa pada kecepatan 950 rpm dengan waktu pengelasan rata-rata 10,30 detik. Studi (Razzaq, 2011) menunjukkan bahwa energi gesek meningkat seiring bertambahnya putaran mesin (rpm). Pada baja karbon rendah, kekuatan tarik maksimum pada area pengelasan adalah 212,8 VHN setelah 8 menit pemanasan, yang menghasilkan kekuatan tarik 305,15 MPa. Kekerasan

mikroskopis rata-rata pada zona HAZ adalah 174,08 VHN, dan kekerasan logam induk 158,96 VHN. Penelitian lain menunjukkan bahwa durasi gesekan berdampak pada kekuatan tarik dan kekerasan mikroskopis. Perubahan bentuk dan kekuatan tarik berkorelasi positif di daerah yang jauh dari titik pengelasan tetap. (Frayudi, 2013).

Dalam pengelasan baja tahan karat pada kecepatan 950 rpm, tenaga tarik rata-rata 167,99 MPa dihasilkan; pada kecepatan 1350 rpm, tenaga tarik rata-rata meningkat menjadi 237,68 MPa dalam waktu 63,67 detik, yang menunjukkan bahwa kecepatan motor memengaruhi tenaga tarik dalam pengelasan gesek. (Satoto, 2011). Meneliti dampak gesek pada kekuatan tarik dan kekerasan mikro dalam waktu. Hasil menunjukkan bahwa dengan waktu putar sepuluh menit, benda memiliki kekuatan tarik sebesar 368,28 MPa dan kekerasan tertinggi pada daerah inti las sebesar 263,7 VHN. Kekuatan tarik berkurang seiring dengan waktu putar yang lebih lama. Menurut (Sidiq, 2013).

## **2.2 Pengertian Pengelasan**

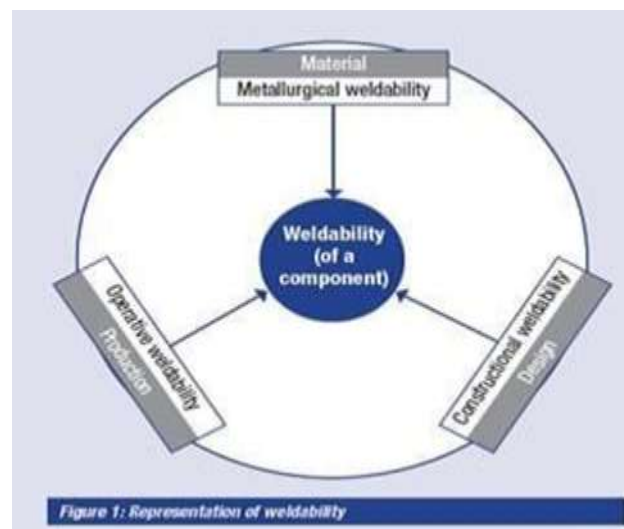
Ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan dilakukan dalam keadaan cair atau lumer, menurut DIN (Deutch Industrie Normen). Pengelasan adalah penyambungan dua logam pada suhu rekristalisasi, baik dengan atau tanpa bahan tambahan. (Wiryosutomo dan Okumura, 2008). Berdasarkan jenis pekerjaannya, pengelasan dibagi menjadi:

1. Pengelasan menggunakan busur listrik atau semburan api untuk membuat logam cair.
2. Pengelasan dengan tekanan terjadi ketika dua logam panas disambungkan dan ditekan menjadi satu.
3. Pengelasan logam dilakukan dengan menggunakan paduan yang titik lelehnya lebih rendah daripada logam yang akan disambung. Ini dilakukan agar logam yang ingin disambung tidak meleleh bersama paduan tersebut.

Suatu teknik yang menggunakan panas untuk menghubungkan dua bagian logam secara permanen dikenal sebagai pengelasan. Pengelasan tidak hanya dapat digunakan untuk menyambungkan dua komponen yang terbuat dari logam, tetapi

juga dapat digunakan untuk memotong logam. Pengelasan adalah proses memanaskan dan meleburkan logam dasar untuk menyambung dua bagian logam. Akibatnya, busur api memanaskan ujung logam yang akan disambung hingga mencapai titik leleh, yang menghasilkan pembentukan logam yang disambung. Dalam proses pembuatan, beberapa pengelasan dilakukan, seperti pengelasan SMAW (pengelasan busur logam terlindung), yang juga disebut sebagai pengelasan listrik, pengelasan bahan bakar oksigen atau karbida, pengelasan MIG (gas logam inert), pengelasan TIG (termasuk pengelasan tungsten (gas inert), dll. (Saefuloh et al. 2023).

Menurut standar Deutsches Institut fur Normung (DIN), hasil pengelasan yang baik memiliki tiga kriteria: kesesuaian bahan las, keandalan desain pengelasan, dan kelayakan pengelasan dalam pembuatan (kemudahan pembuatan). Kemampuan las (suatu komponen) adalah salah satu dari tiga kriteria ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2-1 di bawah ini.



**Gambar 2-1** Kemampuan las suatu komponen (DIN 8528)

### 2.3 Pengelasan Gesek

Pengelasan gesek adalah proses penggabungan logam menggunakan panas dari gesekan antara benda kerja. (Sigit Purnomo, 2016). Pengelasan gesekan memiliki tiga jenis yang menghubungkan logam menggunakan campuran panas dan tekanan.

Proses pengelasan tarik memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode pengelasan fusion. Keuntungan termasuk hal-hal berikut:

1. Dalam proses pengelasan, filler metal tidak diperlukan.
2. Pengelasan gesekan tidak membutuhkan fluks, gas, atau pengisi logam.
3. Terak dan porositas dapat dihindari.
4. Sesuai untuk produksi volume besar.
5. Karena tidak menghasilkan asap atau gas, lebih ramah lingkungan.
6. Mengurangi Menghemat daya mesin, biaya perawatan, dan kualitas produk
7. kapasitas dan menurunkan biaya perangkat yang mudah rusak.
8. Menjaga toleransi las yang tepat

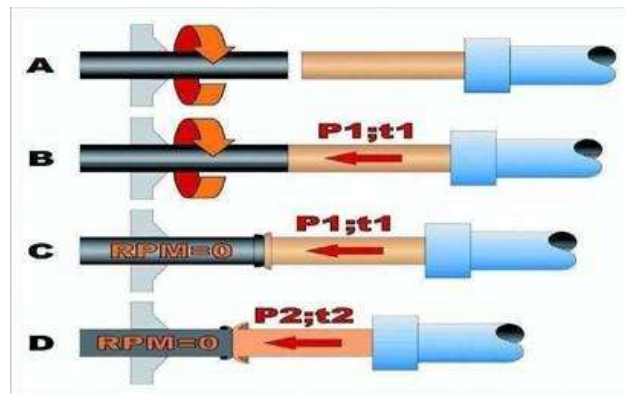
Dapat menghubungkan dua karakteristik material yang berbeda. Namun metode pengelasan gesekan juga memiliki kelemahan yaitu:

1. Objek yang terhubung harus simetris.
2. Material yang akan disambung harus memiliki sifat deformasi plastic.
3. Batasan bentuk yang bisa dilas.

#### **2.4 Rotary Friction Welding**

Pengelasan gesek adalah proses penggabungan logam menggunakan panas dari gesekan antara benda kerja. (Sigit Purnomo, 2016). Pengelasan gesekan memiliki tiga jenis yang menghubungkan logam menggunakan campuran panas dan tekanan.

Ketika panas yang dihasilkan dari gesekan pada kedua ujung permukaan benda kerja memberikan tekanan antara material yang berputar dan material yang diam atau keduanya berputar berlawanan arah, itu disebut pengelasan. Gambar berikut menunjukkan langkah-langkah dalam proses.



**Gambar 2-2** Tahapan pengelasan rotary

Sumber: Jurnal Internasional Teknologi Berkembang dan Rekayasa Lanjutan Situs web:  
[www.ijetae.com](http://www.ijetae.com) (ISSN 2250-2459, Volume 2, Edisi 7, Juli 2012)

Panas dihasilkan oleh gesekan antara dua logam bergabung dengan tekanan untuk mengikat kedua logam menjadi satu. Karena tidak memerlukan logam tambahan dan menghasilkan sambungan berkualitas tinggi, teknologi pengelasan gesekan sangat populer. Mesin las gesekan, mirip dengan mesin bubut, mudah dioperasikan, dan memiliki waktu gesekan yang singkat untuk mempercepat proses penyambungan. Karena panas yang dihasilkan tidak mencapai titik leleh logam, panas (HAZ) yang dihasilkan oleh logam yang terikat tetap sempit. Tekanan yang tepat mengurangi kerusakan logam karena panas. Sebaliknya, Teknologi Industri menengah dan kecil masih belum menggunakan teknologi ini secara signifikan. Akibatnya, penelitian lebih lanjut diperlukan tentang teknik pengelasan gesek putar yang digunakan untuk menyambungkan dua logam menjadi pin pegas. Gambar berikut menunjukkan bagaimana las gesek digunakan.



**Gambar 2-3** Aplikasi pengelasan gesek dengan metode pengelasan gesek rotary

Sumber :Bahan Azo. 2015. Pengelasan Gesekan dalam Pembuatan Peralatan Pemrosesan Kimia OEM - Studi Kasus oleh American Friction Welding.  
<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=4606>. 9 Agustus 2015.

## 2.5 Alumunium

Alumunium, logam lunak dengan penampakan putih keperakan, merupakan logam paling melimpah di kerak bumi dan unsur terbanyak ketiga, setelah oksigen dan silikon. Alumunium menyumbang sekitar 8,07–8,23% dari total massa padat kerak bumi. Produksi bauksit global tahunan mencapai jutaan ton, yang kemudian digunakan dalam berbagai aplikasi industri (korundum, gibbsite, boehmite, diaspora, dll.). Fenomena pasivasi membuat alumunium tahan terhadap korosi karena logam membentuk lapisan pelindung melalui reaksi dengan bagian udara sehingga melindungi lapisan dalam dari korosi.

Mengandung 7,5-8,1%, adalah unsur logam paling umum di Bumi, bersaing dengan besi dan jenis logam lainnya. Sangat cocok untuk berbagai aplikasi, seperti pesawat terbang, mobil, industri, dan mobil, karena sifat mekanik dan paduannya yang kuat. Sifat las paduan alumunium dari seri 2000, 5000, 6000, dan 7000 berbeda. Paduan alumunium yang diproses dengan perlakuan T3 biasanya memiliki sifat las yang berbeda. memiliki kandungan tembaga (Cu) yang tinggi, yang membuatnya sulit dilas dan rentan terhadap porositas dan retak panas. Akibatnya, proses pengelasan fusi seperti teknologi pengelasan gesekan (FW) telah dikembangkan untuk membuat hal ini lebih baik, versi penyempurnaan yang terbuat dari paduan alumunium yang sulit yang dihubungkan dengan pengelasan cair. Penelitian ini ditulis karena peneliti ingin memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang struktur mikro sambungan las gesek yang dilakukan peneliti antara material paduan tembaga dan alumunium. Aluminium yang dapat diberikan perlakuan panas berbeda dari aluminium yang tidak dapat diberikan perlakuan panas karena jenis aluminium ini dapat ditingkatkan dengan pembentukan dingin.

Aluminium 99% dan corannya, yang dibuat tanpa logam paduan tambahan, memiliki kekuatan tarik hanya 92 MPa dalam kondisi normal. Oleh karena itu, aluminium sering digunakan bersama dengan logam lainnya. Sebelum tahun 1982, lithium, magnesium, tembaga, seng, mangan, dan silikon adalah bahan paduan yang umum digunakan untuk aluminium. Penggunaan aluminium paduan dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, dan menurunkan titik leleh hingga



mencapai konsentrasi tertentu. Jika konsentrasi ini lebih tinggi, titik leleh biasanya meningkatkan dan berhubungan dengan peningkatan kerapuhan karena pembentukan senyawa, kristal, atau partikel dalam logam.

## 2.6 Tembaga

Tembaga sulfat pentahidrat adalah salah satu senyawa tembaga yang paling umum yang digunakan dalam industri seperti penyepuhan, pelapisan, dan pembilasan tekstil. (Saputri, 2013). Tembaga murni seringkali bercampur dengan ion lain, seperti sulfat, yang membuat logam tembaga murni berwarna kemerahan. Tembaga, yang memiliki nama kimia Cuprum, adalah kristal berwarna kemerahan dengan huruf Cu di awalnya. Dalam tabel unsur kimia periodic, tembaga berada di posisi 29 dengan berat atom 63.546. Tembaga ada dalam bentuk logam bebas secara alami; namun, Mereka lebih sering ditemukan dalam bentuk senyawa padat atau mineral kompleks, seperti yang dinyatakan oleh (Septia & et al, 2020).

Berikut ini ada sifat-sifat tembaga antara lain:

1. Tembaga biasanya bewarna kekuningan-kemerahan
2. Bahan Bahan ini dapat dengan mudah dibentuk menjadi pipa, kawat, atau lembaran tipis.
3. Tembaga adalah penghantar panas dan listrik yang sangat baik, yang memungkinkan aliran elektron terus berlanjut.
4. Tembaga yang tidak murni akan menjadi keras.
5. Titik didihnya tercatat pada  $2562^{\circ}\text{C}$ , dan titik leleh nya  $1084,62^{\circ}\text{C}$
6. Tembaga tahan terhadap korosi karena sifatnya yang relative non-reaktif
7. Permukaan tembaga mengalami lapisan hijau yang menarik yang disebut tembaga karbonat dasar, juga dikenal sebagai  $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3$ .
8. Reaksi antara tembaga dan oksigen: Tembaga membentuk CuO hitam pada suhu sekitar  $300^{\circ}\text{C}$ , dan tembaga(I) oksida terbentuk pada suhu sekitar  $1000^{\circ}\text{C}$ .
9. Air atau uap air tidak mempengaruhi tembaga, tetapi dapat dipengaruhi oleh asam non-oksidator encer seperti HCL encer atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$  encer. Namun, HCL pekat dan mendidih dapat mempengaruhi tembaga.

10. Tembaga tidak peka terhadap alkali, saat terpapar udara, ia dapat larut dalam ammonia, menghasilkan larutan berwarna biru yang merupakan kompleks  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^+$ .
11. Tembaga menghasilkan tembaga (I) sulfida, tembaga (II) sulfida, dan tembaga (I) klorida dalam reaksi dengan uap halogen dan belerang ketika terpapar panas. Dalam reaksi ini, gas hidrogen dilepaskan.

Keunggulan tembaga dapat digunakan untuk peralatan rumah tangga, terutama peralatan listrik, logam ini sangat kuat sebagai penghantar listrik. Tembaga adalah komponen penting dalam handphone, komputer, dan barang elektronik lainnya. Dalam tembaga memberikan hasil yang menarik, terutama ketika dicampur dengan emas atau logam lain, sehingga sangat penting dalam pembuatan perhiasan.

## 2.7 Sifat Mekanik Pada Logam

Sifat mekanik bahan, juga disebut sebagai "sifat mekanik", mengacu pada bagaimana mereka bertindak terhadap pembebanan mekanik pada besi. Sifat-sifat ini harus dipertimbangkan saat memilih produk baja dan proses pengolahan yang akan dilakukan. Sifat mekanisnya mencakup:

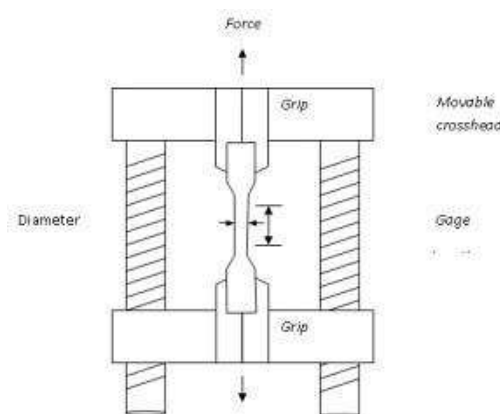
1. *Strength* (Kekuatan)
2. *Toughness* (Kekerasan)
3. *Ductility* (Elastisitas)
4. *Weldability* (Kemampuan Las)
5. *Durability* (Ketahanan)

Sifat mekanik atau fitur mekanik dihitung dari nilai terendah yang ditentukan dalam standar produk yang relevan untuk digunakan dalam desain. Kemampuan las kandungan kimia panduan ditentukan oleh batasan standar produk. Baja karbon biasa dapat pelapukan, tahan karat, atau tahan karat, tergantung pada jenis paduannya. Komposisi kimia baja, perlakuan panas, dan proses manufaktur membentuk sifat mekanis baja. Meskipun besi adalah komponen utama baja, menambahkan bahan lain dalam jumlah kecil dapat mengubah sifatnya. Kekuatan baja dapat ditingkatkan dengan penambahan. Kombinasi mangan, vanadium, dan niobium.

Namun, properti lain, seperti kekerasan, elastisitas, dan kemampuan las, dapat dipengaruhi. Komponen paduan memiliki reaksi yang berbeda ketika bahan diberi perlakuan panas yang melibatkan pendinginan pada tingkat tertentu. Selama proses pembuatan, perlakuan panas dan kerja mekanis mungkin terjadi, yang sangat penting untuk kinerja baja. Baja yang digulung atau dibentuk menjadi lebih kuat karena kerja mekanis yang terjadi. Karena standar material umumnya menunjukkan peningkatan ketebalan material bersamaan dengan penurunan tingkat kekuatan luluh, efek ini jelas terlihat. Berikut beberapa sifat mekanik logam adalah antara lain:

#### 2.7.1 *Tensile strength* (kekuatan tarik)

Kekuatan tarik, juga disebut kekuatan tarik, adalah tegangan maksimal yang dapat ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik sebelum patah. Standar produk menetapkan range nilai yang diizinkan untuk *Ultimate Tensile Strength* (UTS). UTS minimum terkait dengan beberapa komponen desain. Ketika bahan tertentu patah tanpa mengalami kerusakan, mereka disebut rapuh atau getas (brittle). Sebaliknya, bahan yang lebih elastis (*ductile*) meregang dan mengalami kerusakan sebelum patah.



**Gambar 2-4** Uji tarik pada logam

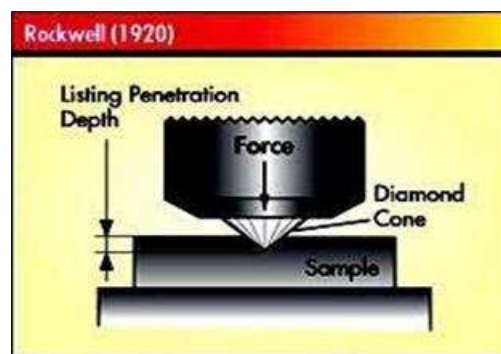
(Sumber : <https://pin.it/2ZukZncRg>)

Kekuatan tarik biasanya diukur dengan uji tarik, yang mencatat perubahan tegangan dan regangan. Titik tertinggi kurva tegangan-regangan disebut kekuatan tarik maksimum. Ukuran bahan tidak memengaruhi nilai; sebaliknya, jenis bahan

memengaruhi nilai. Faktor-faktor yang berpengaruh termasuk zat pengotor yang terkandung dalam bahan, suhu dan kelembapan lingkungan pengujian, dan prosedur dengan mana spesimen disiapkan.

### 2.7.2 *Hardness* (kekerasan)

Kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan (abrasi), identifikasi, dan penetrasi dikenal sebagai kekerasannya.



**Gambar 2-5** Uji kekerasan pada logam

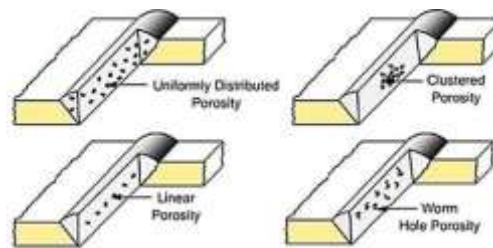
(sumber : <https://www.alatuji.com/article/detail/971/metode-pengujian-kekerasan-pada-material-industri>)

### 2.7.3 *Durability*

Pencegahan korosi adalah penting juga. Bangunan biasanya tidak menggunakan baja tahan karat. Metode perlindungan korosi yang paling umum untuk baja konstruksi adalah mengecat atau menggembleng. Jenis lapisan dan tingkat perlindungan yang diperlukan dipengaruhi oleh tingkat paparan, lokasi, dan umur desain. Dalam banyak kasus, dalam kondisi internal kering, lapisan pelindung korosi tambahan selain perlindungan api yang tepat tidak diperlukan.

### 2.7.4 *Weldability* (kemampuan las)

Kemampuan las, juga dikenal sebagai kemampuan bergabung, digunakan untuk membandingkan kualitas las suatu material dengan material lain dan menentukan seberapa baik suatu material dapat dilas. Kemampuan las baja paduan rendah adalah sedang, tetapi membutuhkan perawatan khusus; baja karbon rendah adalah sangat baik, medium, dan tinggi.



**Gambar 2-6** Faktor yang mempengaruhi pada las

Kadar karbon besi cor lebih dari 2% dan kadar silikon lebih dari 0,5% karbon. Dalam struktur mikro besi cor, karbon dapat berupa karbida atau grafit. Dalam kondisi tertentu, karbon karbida, yang tidak stabil atau metastabil, dapat berubah menjadi grafit. Besi cor compacted, besi cor lamellar kelabu grafit, besi cor putih, dan besi cor kelabu grafit bulat. Sifat mekanik dipengaruhi oleh struktur mikronya, yang dipengaruhi oleh karbon yang terlibat dalam proses pembekuan dan pendinginan. dan kapasitas lasnya. Karena keras dan getasnya, besi cor putih biasanya tidak dapat dilas. Besi cor bergrafit bulat, atau lembut, lebih mudah dilas dibandingkan dengan besi cor bergrafit lamellar karena kadar sulfur dan fosfornya yang lebih rendah.

#### 2.7.5 *Ductility* (elastipitas)

Tingkat dimana materi dapat memanjang di bawah beban tarik sampai batas tertentu dikenal sebagai ductility. Kekuatan besi harus dipertimbangkan untuk beberapa aplikasi. Menurun kemungkinan keretakan yang terjadi selama proses fabrikasi, seperti pengelasan, pembungkakan, dan pelurusan, dapat diolah dengan benar jika nilai ductility ditulis dengan jelas.

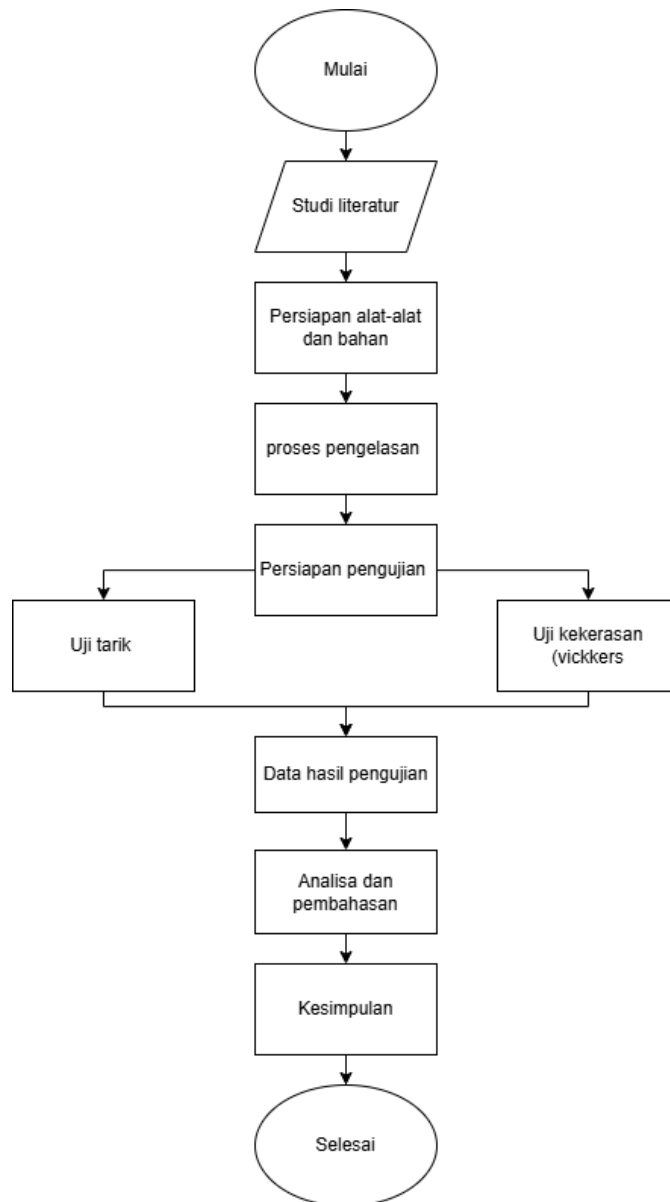


**Gambar 2-7** Contoh komponen bersifat elastis

## BAB.3 METODOLOGI

### 3.1 Alur Penelitian

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah eksperimental. Diagram alur di bawah ini menunjukkan langkah-langkah proses penelitian sebagai berikut:





**Gambar 3-1** Diagram alur penelitian

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Untuk membantu dalam proses pembuatan, diperlukan peralatan dan bahan material. Table 3-1 menunjukkan instrumen yang digunakan selama proses pembuatan bahan penelitian.

**Tabel 3-1** Alat Penelitian

| No | Alat                          | Fungsi   | Gambar   |
|----|-------------------------------|--|--|
| 1. | Mesin Gergaji Potong          | Untuk memotong material aluminium dan tembaga.   |  |
| 2. | <i>Thermometer</i> Inframerah | Untuk mengetahui besarnya suhu atau temperatur sambungan pada saat proses pengelasan gesek pada benda kerja. |  |
| 3. | Mesin Bubut                   | Digunakan sebagai alat untuk melakukan pembuatan spesimen dan melakukan pengelasan <i>friction welding</i> . |  |

- 
4. Tabung gas  
elpiji 3 kg      Untuk pemanasan awal  
material yang akan dilas.



- 
5. Tabung  
oksigen      Oksigen digunakan bersama  
dengan las LPG untuk  
menghasilkan nyala api  
dengan suhu tinggi.





- 
6. Boraks      Digunakan sebagai alat untuk  
melakukan pembuatan  
spesimen dan melakukan  
pengelasan *friction welding*





Berikutnya pada Tabel 3-2 terdapat bahan-bahan yang dibutuhkan dalam proses penelitian.

**Tabel 3-2** Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam proses penelitian.

| No | Alat      | Fungsi   | Gambar   |
|----|-----------|--|--|
| 1. | Tembaga   | material utama dari penelitian ini dengan ukuran panjang 72 mm dan berdiameter 12 mm |   |
| 2. | Aluminium | Material utama dari penelitian ini dengan ukuran panjang 72 mm dan berdiameter 12 mm |  |

### 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di:

1. Untuk pembuatan contoh dan pengelasan, gunakan Laboratorium Pemesinan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka di Jakarta.
2. Pengujian struktur mikro dan tarik dilakukan di Laboratorium Universitas Indonesia di Depok, Jawa Barat.

### 3.4 Teknik Pengumpulan Data

Hasil dari data mentah yang diproses dari hasil pengujian, kemudian dilakukan pengolahan data lebih lanjut, sehingga mendapatkan data baru yang telah tersaji dan

memberikan informasi. Teknik pengolahan data pada penelitian eksperimental berupa bentuk grafik dan gambar hasil pengujian.

### 3.5 Spesifikasi Material

Tembaga adalah konduktor panas dan listrik yang luar biasa. Bahan ini juga bergerak dengan cepat. Tembaga murni memiliki permukaan yang halus dan berwarna jingga kemerahan. Perunggu terbuat dari campuran timah dan nikel.

**Tabel 3-3** Karakteristik tembaga.

| Sifat Sifat   | Tembaga Murni |
|---|---------------|
| Struktur Kristal  | FCC           |
| Densitas pada 20 °C (sat. 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> ) | 8.93          |
| Titik cair (°C)   | 1083          |
| Koefisien mulur panas kawat<br>20°–100°C (10/K)               | 17,1          |
| Konduktifitas panas 20°–400°C<br>(W/(mK))                     | 393           |
| Tahanan Listrik 20°C (10-8KΩm)                                | 1.673         |
| Modulus Elastisitas (Gpa)                                     | 128           |
| Modulus Kelakuan (Gpa)  | 46.8          |

Dibuat dengan menambahkan kromium (Cr) ke baja; kromium harus ditambahkan setidaknya 12% ke baja. Selanjutnya, kromium akan membentuk lapisan kromium (III) oksida (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang tidak aktif ketika bertemu dengan oksigen. Permukaan logam di bawahnya dilindungi oleh lapisan yang sangat kedap dan kuat ini. Tingkat leleh baja tahan karat 304 adalah antara 1399 dan 1454 °C, memiliki kekuatan tarik 52,0 kgf/mm<sup>2</sup>, kekuatan luluh 21,0 kgf/mm<sup>2</sup>, dan ekstensi 50%.

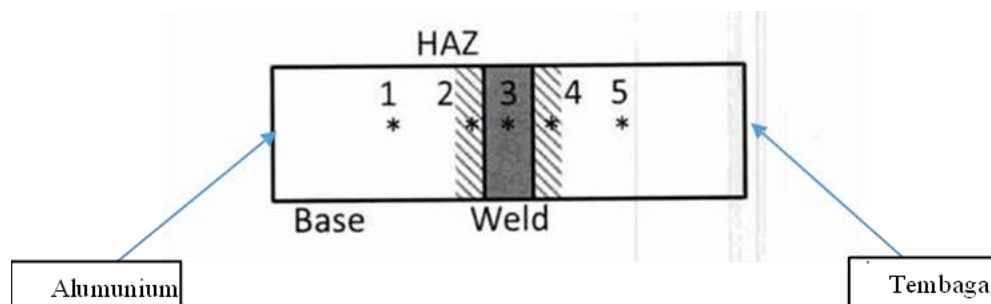
**Tabel 3-4** kandungan kimia pada AISI 304 (mass%).

| Elements          | C   | Si  | Mn  | P     | S    | Ni   | Cr    | Mo | Cu | N |
|-------------------|-----|-----|-----|-------|------|------|-------|----|----|---|
| Percentage<br>(%) | 0.8 | 1.0 | 2.0 | 0.045 | 0.03 | 8.52 | 18.03 | -  | -  | - |

## BAB.4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Uji Kekerasan *Vickers*

Uji kekerasan vickers (VHN) dan uji tarik akan dilakukan setelah proses pembuatan benda uji dari aluminium dan tembaga selesai. Uji ini dilakukan dengan lima titik, pertama dengan sambungan dan kemudian dengan sambungan dengan jarak 1 mm.



**Gambar 4-1** Daerah titik indentasi uji kekerasan

Sampel 1 memiliki 3 parameter yaitu waktu gesek 30 s, tekanan tempa 20 kg/cm dan waktu tempa 30 s. dan berdasarkan hasil uji kekerasan didapatkan data sebagai berikut:

**Table 4-1** Hasil dari uji kekerasan vickers sampel 1.

| Kode Sampel | Indentation | HV   | Keterangan                    |
|-------------|-------------|------|-------------------------------|
| S1          | Base (1)    | 57,3 | Vickers Load:1300 gf, 5 detik |
|             | Haz (2)     | 58,5 |                               |
|             | Weld (3)    | 55,1 |                               |
|             | Haz (4)     | 59,7 |                               |
|             | Base (5)    | 54,5 |                               |

Sampel 2 memiliki 3 parameter yaitu waktu gesek 45 S, tekanan tempa 20 MPa dan waktu tempa 30 S dan berdasarkan hasil uji kekerasan didapatkan data sebagai berikut:

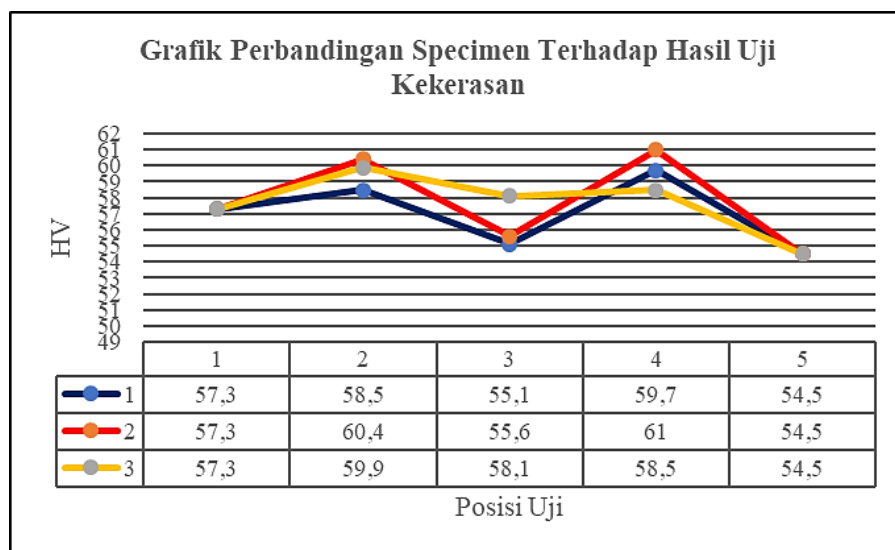
**Table 4-2** Hasil dari uji kekerasan vickers sampel 2.

| Kode Sampel | Indentation | HV   | Keterangan                    |
|-------------|-------------|------|-------------------------------|
| S2          | Base (1)    | 57,3 | Vickers Load:1300 gf, 5 detik |
|             | Haz (2)     | 60,4 |                               |
|             | Weld (3)    | 55,6 |                               |
|             | Haz (4)     | 61,0 |                               |
|             | Base (5)    | 54,5 |                               |

Sampel 2 memiliki 3 parameter yaitu waktu gesek 60 S, tekanan tempa 20 MPa dan waktu tempa 3 S dan berdasarkan hasil uji kekerasan didapatkan data sebagai berikut:

**Table 4-3** Hasil dari uji kekerasan vickers sampel 3.

| Kode Sampel | Indentation | HV   | Keterangan                    |
|-------------|-------------|------|-------------------------------|
| S3          | Base (1)    | 57,3 | Vickers Load:1300 gf, 5 detik |
|             | Haz (2)     | 59,9 |                               |
|             | Weld (3)    | 58,1 |                               |
|             | Haz (4)     | 58,5 |                               |
|             | Base (5)    | 54,5 |                               |

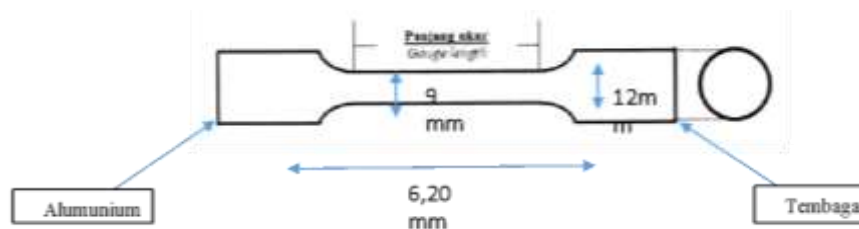
**Gambar 4-2** Grafik hasil uji kekerasan

Hasil uji kekerasan menemukan bahwa daerah *weld* dan sambungan memiliki kekerasan yang paling tinggi dan rata-rata berdasarkan hasil uji kekerasan vickers dan praktik pengelasan. Untuk sampel 1, daerah weld dan sambungan memiliki nilai kekerasan tertinggi, dan untuk sampel 2, daerah HAZ memiliki nilai kekerasan tertinggi. Ini adalah akibat dari karena waktu gesek yang lebih lama daripada sampel lainnya, sampel 3 memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi.

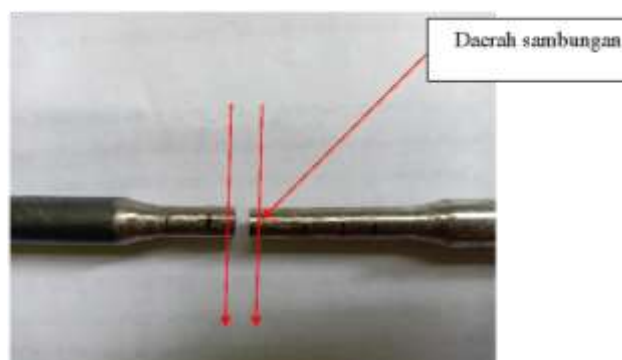
Setelah pengelasan secara alami (dibiarkan saja) mendingin cepat, struktur martensitik muncul pada permukaan benda kerja, yang menjadi keras. Sambungan las memiliki permukaan yang sangat keras. Karena aluminium terbuat dari baja karbon, yang merupakan penghantar panas yang sangat buruk, proses tekanan tempat harus dilakukan secara perlahan dengan parameter yang rendah. Ini diperlukan untuk menghasilkan tingkat kekerasan yang tinggi.

#### 4.2 Hasil Uji Tarik

Gambar spesimen uji tarik beserta dimensinya dapat dilihat di sini, dan spesimen yang telah diuji tarik akan patah di sekitar daerah cekungan yang diameternya 6 mm.



**Gambar 4-3** Dimensi specimen uji tarik



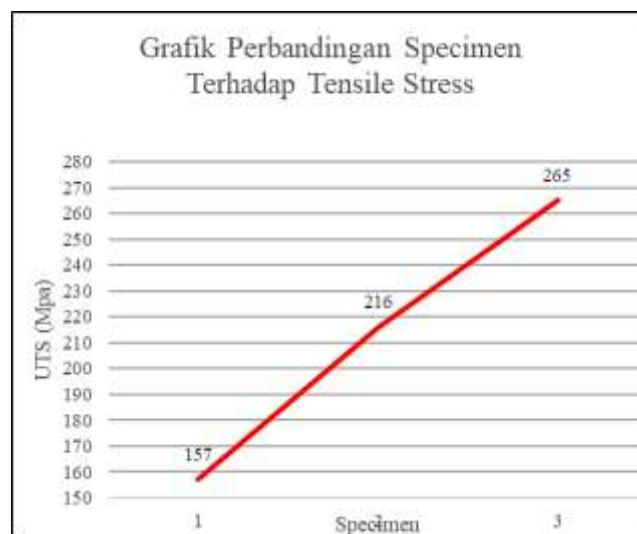
**Gambar 4-4** Sketsa benda uji tarik (*tensile test*)

Alat yang akan diuji tarik memiliki panjang 21 milimeter dan diameter 12 milimeter, seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas. Hasil pengujian tekanan ditunjukkan pada tabel di bawah.

**Table 4-4** Data hasil uji tarik (*tensile test*)

| Kode sampel | Kecepatan Putar (Rpm) | Waktu gesek (s) | Tekanan tempa kg/cm <sup>2</sup> | Waktu tekan (s) | Kuat tarik (MPa) |
|-------------|-----------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|------------------|
| S1          | 1300                  | 30              | 30                               | 30              | 157              |
| S2          | 1300                  | 45              | 30                               | 30              | 216              |
| S3          | 1300                  | 60              | 30                               | 30              | 265              |

Tabel 4-4 di atas menunjukkan bahwa sampel 3 memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 265Mpa, sementara kekuatan tarik terendah sampel 1 adalah 157 MPa, seperti yang ditunjukkan dalam tabel 4.11 di atas. nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dihasilkan dari waktu gesek yang lebih lama.



**Gambar 4-5** Grafik data kekuatan tarik *friction welding*

Berdasarkan grafik, hasil uji tarik, dan praktik pengelasan, bahwa sampel 9 memiliki kekuatan tarik tertinggi karena dibandingkan dengan sampel lain, waktu gesek yang lebih lama berdampak pada nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi. Dengan diameter spesimen yang kecil dan tekanan tempat yang tinggi, daerah HAZ terlihat pada lasan yang lebih luas.

## **BAB.5 SIMPULAN**

### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan tentang bagaimana sifat mekanik dari pengelasan gesek aluminium dan tembaga dipengaruhi oleh variasi waktu gesek, beberapa temuan berikut dibuat:

Spesimen ketiga memiliki tingkat kekerasan tertinggi, dengan waktu gesek 60 detik. Ditunjukkan bahwa waktu gesek yang lebih lama menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi, terutama pada daerah sambungan (weld) dan daerah yang terpengaruh panas (HAZ). Ini karena panas yang lebih besar dihasilkan oleh waktu gesek yang lebih lama, yang pada gilirannya mempengaruhi struktur mikro material dan meningkatkan kekerasannya.

Spesimen ketiga memiliki kekuatan tarik tertinggi, 265 MPa. Kekuatan tarik meningkat dengan waktu gesek. Ini menunjukkan bahwa sambungan antara material diperkuat oleh panas yang dihasilkan dari waktu gesek yang lebih lama

Secara keseluruhan, sifat mekanik sambungan gesek tarik sangat dipengaruhi oleh variasi waktu gesek. Meningkatkan waktu gesek membuat material lebih kuat dan tahan lama.

### **5.2 Saran**

Penelitian lanjutan disarankan untuk menggunakan lebih dari tiga spesimen untuk menghasilkan hasil yang lebih representatif dan dapat dipercaya. Uji lain seperti uji metalografi dan sifat mekanik lainnya juga penting untuk mendapatkan informasi lebih lanjut tentang kualitas sambungan selain uji kekerasan dan kekuatan tarik. Untuk menemukan batas parameter pengelasan gesek tekanan yang ideal untuk berbagai material, perlu dilakukan penelitian tambahan tentang pengaruh variasi waktu dan tekanan yang bergesek.

## DAFTAR REFERENSI

- Deni, Ariyansah, R., Murtalim, Sunardi, A., & Gamayel, A. (2022). STUDI SIFAT MEKANIS HASIL PENGELASAN DENGAN METODE LAS GESEK PADA MATERIAL BAJA TAHAN KARAT AISI D2 & AISI 304. *Jurnal Mechanical Explore*, Vol 2 No 2.
- Frayudi, A. (2013). *Pengaruh Waktu Gesek Pada Pengelasan Gesek Untuk Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Mikro*. Yogyakarta: Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Haryanto, P., Purnomo, A., & Carli. (2018). ANALISIS KEKUATAN TARIK PADA SAMBUNGAN ALUMINIUM DAN TEMBAGA YANG DISAMBUNG DENGAN LAS GESEK UNTUK KONEKTOR ELEKTRIKAL. *Seminar Nasional Edusainstek*, ISBN : 978-602-5614-35-4.
- Majanasastra, R. S. (2013). ANALISIS SIMULASI UJI IMPAK BAJA KARBON SEDANG (AISI 1045) dan BAJA KARBON TINGGI (AISI D2) HASIL PERLAKUAN PANAS . *JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN* , Vol 1 No 2.
- Purnomo, S. (2016). Pengaruh Variasi Terhadap Kualitas Sambungan pada Pengelasan Friction Welding (CDFW) Bahan Pipa Kuningan dan Tembaga.
- Razzaq, R. (2011). *Pengaruh kekuatan tarik , struktur mikro dan struktur makro lasan baja karbon rendah dengan menggunakan las gesek*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin UMY.
- Saputri, D. H. (2013). *NATOMI AKAR KECUBUNG (Datura metel L.) SETELAH TERPAPAR LOGAM BERAT TEMBAGA*. Universitas Gadjah.
- Satoto. (2011). Kekuatan tarik struktur mikro dan struktur makro lasan stainless steel dengan las gesek. *Universitas*, pp. 15–19.



Septia, W., & et al. (2020). Potensi Sumber Daya Mineral Logam Dan Non Logam Di Provinsi Sumatera Bara. *Jurnal Georafflesia*, 87-95.

Sidiq, M. (2013). Analisa Korosi dan Pengendaliannya. *Jurnal Foundry*, Vol 3 No. 1, hal 25-30

# DAFTAR LAMPIRAN

## LAMPIRAN A. Hasil Turnitin

Page 1 of 39 - Cover Page

Submission ID 11306429812

### Layanan Perpustakaan UHAMKA

#### RENDY SETIAWAN AJI - PENGARUH CARIASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA PENGELASAN FRICTION ...

Daftar Sitang FTII 02112024  
Fakultas Teknologi Industri dan Informatika  
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka

#### Document Details

|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| Submission ID   | 11306429812   | 34 Pages<br>5,058 Words<br>31,165 Characters |
| Submission Date | Nov 4, 2024, 4:01 PM GMT+7                                |  |
| Download Date   | Nov 4, 2024, 4:04 PM GMT+7                                |  |
| File Name       | SKRIPSI_RENDY_SETIAWAN_AJIIII11_-_rendy_Setiawan_Aji.docx |  |
| File Size       | 1.2 MB  |  |

Page 1 of 39 - Cover Page

Submission ID 11306429812



## 20% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

### Top Sources

- 20% Internet sources
- 2% Publications
- 6% Submitted works (Student Papers)

### Integrity Flags

#### 0 Integrity Flags for Review


No suspicious text manipulations found.

Our systems algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.


A flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'll recommend you focus your attention there for further review.



## LAMPIRAN B. Loog Book



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA  
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
Jl. Raya Cikoko No. 100 Cikoko, Kecamatan Cikoko, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat 46121  
Telp. (0312) 2511779 Fax. (0312) 2511778  
Email: info@umh.ac.id



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA  
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
Jl. Raya Cikoko No. 100 Cikoko, Kecamatan Cikoko, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat 46121  
Telp. (0312) 2511779 Fax. (0312) 2511778  
Email: info@umh.ac.id

### LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Benny Setiawan Aji  
 NIM : 190303036  
 Program Studi : Teknik Informatika  
 Judul : Penelitian tentang aplikasi sistem terdistribusi berbasis cloud  
 Pembimbing : Budi Purnawan, S.T., M.T.

Revisi : Revisi  
 Revisi : Revisi  
 Revisi : Revisi

| No. | Tanggal    | Keterangan  | Paraf              |
|-----|------------|-------------|--------------------|
| 1.  | 19/01/2023 | Bimbingan 1 | <i>[Signature]</i> |
| 2.  | 20/01/2023 | Bimbingan 2 | <i>[Signature]</i> |
| 3.  | 25/01/2023 | Bimbingan 3 | <i>[Signature]</i> |
| 4.  | 29/01/2023 | Bimbingan 4 | <i>[Signature]</i> |
| 5.  | 04/02/2023 | Bimbingan 5 | <i>[Signature]</i> |
| 6.  | 09/02/2023 | Bimbingan 6 | <i>[Signature]</i> |
| 7.  | 14/02/2023 | Bimbingan 7 | <i>[Signature]</i> |
| 8.  | 23/02/2023 | Bimbingan 8 | <i>[Signature]</i> |
| 9.  | 30/04/2023 | Bimbingan 9 | <i>[Signature]</i> |

Mengesah  
 Dosen Pembimbing  
Benny Setiawan Aji  
 NIM. 0324062102

Melaksanai  
 Mahasiswa  
Benny Setiawan Aji  
 NIM. 190303036

### LAMPIRAN C. Loog Book Lembar Bimbingan Skripsi

| No | Tanggal           | Aktivitas   | Masalah   | Solusi | Pic   |
|----|-------------------|---|---|--------|---|
| 1. | 19 september 2024 | Memulai penelitian tentang pengelasan gesek ini dengan metode rotary friction welding. Study literatur, mengkaji berbagai sumber informasi terkait pengelasan gesek, sifat-sifat waktu gesek material aluminium dan tembaga serta metode relevan.   |   |        | Riyan Ariyansah S.T., M.T. dan Rendy Setiawan Aji |
| 2. | 20 September 2024 | Pembelian bahan aluminium dan tembaga yang kemudian di potong panjang 72 mm dan diameter 12 mm. Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengelasan gesek diantaranya, mesin bubut, gerinda potong, mesin bor, thermometer, gas oksigen, gas elpiji, jangka sorong  |   |        | Rendy Setiawan Aji                                |
| 3. | 25 September 2024 | Bahan sudah dipotong sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan, kemudian melakukan proses pemasangan bahan aluminium dan tembaga ke mesin bubut.   |   |        | Riyan Ariyansah, S.T., M.T dan Rendy setiawan Aji |
| 4. | 27 September 2024 | Selanjutnya proses penyambungan aluminium dan tembaga yang sudah dibuat dengan bentuk dengan menggunakan mesin bubut yang dimana pada proses ini pengukuran spesimen sudah sesuai dengan ukuran awal yang sudah ditentukan menggunakan jangka sorong. Proses penyambungan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut dengan menggunakan metode rotary friction welding. | Masalah yang terjadi dalam proses ini adalah pada penyambungan seringkali mengalami kecacatan ataupun patah sehingga merusak umur material yang menjadi tidak sesuai.<br><br>Solusinya pada saat proses penyambungan perlu adanya ketelitian dalam pemasangan material pada mesin bubut sehingga <i>center</i> dan lurus. |        | Rendy Setiawan Aji                                |
| 5. | 8 Oktober 2024    | Setelah spesimen dan material disambungkan selanjutnya adalah proses pembentukan spesimen uji tarik sesuai dengan standart ASTM-A370, pada proses ini alat yang digunakan adalah mesin bubut dan jangka sorong.   | Masalah yang sering terjadi pada proses ini ialah spesimen sering kali mengalami perpatahan dikarenakan ketidaksesuaian ukuran pembubutan.<br>Solusinya ialah pada saat pembubutan harus dilakukan pendinginan  |        | Rendy Setiawan Aji                                |

|    |                 |  |  |  |   |
|----|-----------------|--|--|--|---|
|    |                 |  | yang maksimal sehingga material sudah tersambung dan mengalami kekerasan . |  |   |
| 6. | 10 Oktober 2024 | Setelah semua proses pembubutan spesimen dilakukan selanjutnya ialah melakukan pengujian Tarik dan Kekerasan untuk mengetahui sifat mekanik yang mencakup kekuatan tarik maksimal dan juga kekerasan material pada sambungan las aluminium dan tembaga dengan variasi waktu gesek. |  |  | Rendy Setiawan Aji                                |
| 7. | 16 oktober 2024 | Setelah pengujian berhasil dan data pada pengujian sudah keluar selanjutnya adalah proses pengolahan data yang dimana data dalam bentuk tabel dibuat deskripsi dan analisis pada data tersebut lalu dibuat dalam bentuk diagram yang selanjutnya dilakukan deskripsi data diagram. |  |  | Rendy Setiawan Aji                                |
| 8. | 23 Oktober 2023 | Selesai  |  |  | Royan Ariyansah, S.T., M.T dan Rendy Setiawan Aji |