



**PENGUJIAN KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS
GESEK PERPADUAN BAJA AISI 1045 DAN BAJA ST60**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Studi
Akhir Jenjang Program Diploma Tiga

Disusun Oleh :

Nama : Akhmad Alwi Malisi

NIM : 18020044

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN
POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA TEGAL
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGUJIAN KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS GESEK
PERPADUAN BAJA AISI 1045 DAN BAJA ST60**

Sebagai salah satu syarat untuk mengikuti ujian Tugas Akhir

Disusun oleh :

Nama : Akhmad Alwi Malisi

NIM : 18020044

Telah diperiksa dan dikoreksi dengan baik dan cermat karena itu pembimbing
menyetujui mahasiswa tersebut untuk Sidang Tugas Akhir

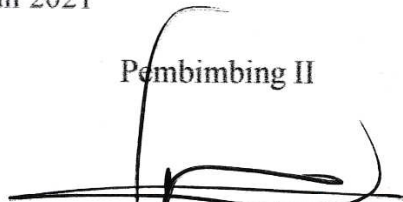
Tegal, 23 Juli 2021

Pembimbing I



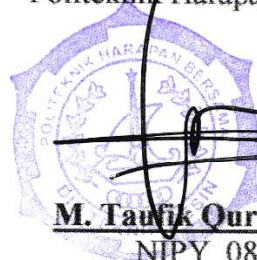
Nur Aidi Ariyanto, M.T
NIDN. 0623127906

Pembimbing II



M. Taufik Ouhrohmah, M. Pd
NIDN. 0621028701

Mengetahui,
Ketua Prodi Studi DIII Teknik Mesin,
Politeknik Harapan Bersama Tegal



M. Taufik Ouhrohmah, M. Pd
NIPY. 08.015.265

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : PENGUJIAN KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN
LAS GESEK PERPADUAN BAJA AISI 1045 DAN BAJA ST60
Nama : Akhmad Alwi Malisi
NIM : 18020044
Program Studi : DIII Teknik Mesin
Jenjang : Diploma Tiga (DIII)

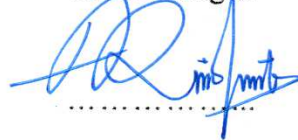
**Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Laporan
Tugas Akhir Program DIII Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama
Tegal.**

Tegal, 23 Juli 2021

1. Penguji I

Nur Aidi Ariyanto, M.T
NIDN. 0623127906

Tanda Tangan



2. Penguji II

Faqih Fatkhurrozak, M.T
NIDN. 0616079002

Tanda Tangan



3. Penguji III

Amin Nur Akhmadi, M.T
NIDN. 0622048302

Tanda Tangan



Mengetahui,
Ketua Program Studi DIII Teknik Mesin,
Politeknik Harapan Bersama



M. Taufik Ouhman, M. Pd
NIPY. 08.015.265

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Akhmad Alwi Malisi

NIM : 18020044

Judul Tugas Akhir : Pengujian Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Gesek
Perpaduan Baja AISI 1045 dan Baja ST60

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini merupakan karya ilmiah hasil pemikiran sendiri secara orisinil dan saya susun secara mandiri dengan tidak melanggar kode etik hak karya cipta. Laporan Tugas Akhir ini juga bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik tertentu suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di acu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemuduaian hari ternyata Laporan Tugas Akhir ini terbukti melanggar kode etik karya cipta atau karya yang dikategorikan mengandung unsur plagiarisme, maka saya bersedia melakukan penelitian baru dan menyusun laporan sebagai Laporan Tugas Akhir sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan sesungguhnya.

Tegal, 23 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,



Akhamad Alwi Malisi

NIM. 18020044

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA TULIS ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Politeknik Harapan Bersama Tegal, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Akhmad Alwi Malisi
NIM : 18020044
Jurusan/Program Studi : DIII Teknik Mesin
Jenis Karya : Karya Tulis Ilmiah

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Harapan Bersama Tegal **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Noneexclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :
UJI KEKUATAN SAMBUNGAN LAS GESEK DENGAN BAHAN BAJA AISI 1045 DAN BAJA ST60

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Politeknik Harapan Bersama Tegal berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Dibuat di : Tegal

Pada tanggal : 23 Juli 2021

Yang menyatakan



Akhmad Alwi Malisi
NIM. 18020044

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Apapun yang terjadi tetaplah berjuang menghadapi kenyataan.
2. Ubah pikiranmu tetap semangat dan kau dapat dapat mengubah duniamu.
3. Jika kau tidak suka sesuatu, ubahlah. Jika tak bisa, maka ubahlah cara pandangmu.
4. Tetap ingatlah kepada sang maha kuasa Allah Swt.

PERSEMBAHAN

1. Kepada ibu dan ayah tercinta.
2. Kepada keluarga besar saya tercinta.
3. Kepada dosen pembimbing yang telah membimbing selama pembuatan Tugas Akhir saya.
4. Kepada teman-teman yang selalu memberikan dorongan semangat kepada saya.

HALAMAN ABSTRAK

ABSTRAK

Pengujian Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Gesek Perpaduan Baja AISI 1045 Dan Baja ST60

Pengelasan gesek adalah pengelasan *solid-state* tanpa menggunakan logam pengisi dengan menggunakan metode tekanan dimana dua benda kerja yang akan disambung ditempatkan dalam kontak dan diatur gerakan relatif dalam tekanan, maka gesekan akan membangkitkan panas disekitar permukaan kontak, ketika sudah mencapai temperatur tempa maka diberikan tekanan tempa. Tetapi proses pengelasan ini pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran, durasi gesekan dan tekanan aksial (gesek, tempa). Dalam penelitian ini dilakukan pengelasan gesek langsung. Proses yang dilakukan adalah dengan memvariasikan kecepatan putaran gesek yang digunakan sebesar 2300 rpm, 3100 rpm, tekanan gesek 100 Psi dan dalam durasi waktu yang sama yaitu 30 detik sampai temperatur tertentu. Efek dari tekanan gesek, kecepatan gesek, dan durasi waktu gesek terhadap benda kerja dianalisa melalui uji tarik. Dari penelitian ini dapat kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada putaran gesek 3100rpm, tekanan gesek 100Psi dan durasi waktu 30detik yaitu untuk kuat tarik sebesar 700,63 N/mm², kuat luluh 456,71 N/mm², regangan 2,64 % putus di daerah las. Kekuatan tarik terendah pada putaran gesek 2100rpm, tekanan gesek 100Psi dan durasi waktu 30detik menghasilkan kekuatan tarik yaitu sebesar 482,07 N/mm², kuat luluh 408,52 N/mm², regangan 2,92% . Perubahan kecepatan gesek, durasi gesek dan tekanan gesek mempengaruhi hasil pengelasan gesek yang berbeda dan mempengaruhi kekuatan uji tarik yang berbeda.

Kata Kunci : Baja AISI 1045 dan baja ST60 , kekuatan tarik hasil sambungan pengelasan, durasi gesek, tekanan gesek, pengelasan gesek berlangsung.

ABSTRACT

Testing the Strength of Welding Connections Combination of AISI 1045 Steel and ST60 Steel

Friction welding is a solid-state welding without the use of filler metal using the pressure method where the two workpieces to be joined are placed in contact and the relative motion is regulated under pressure, then friction will generate heat around the contact surface, when it reaches the forging temperature, forging pressure is applied. But this welding process is basically greatly influenced by rotation speed, friction duration and axial pressure (friction, forging). In this study, direct friction welding was carried out. The process carried out is by varying the rotational speed of the friction used by 2300rpm, 3100rpm, frictional pressure of 100Psi and in the same time duration of 30 seconds to a certain temperature. The effects of frictional pressure, frictional speed, and friction time duration on the workpiece were analyzed through tensile tests. From this study, the highest tensile strength was obtained at 3100rpm friction, 100Psi frictional pressure and a time duration of 30 seconds, namely for tensile strength of 700,63 N/mm², yield strength 456,71 N/mm², strain 2,64% breaking at welding area. The lowest tensile strength at frictional rotation of 2100rpm, frictional pressure of 100Psi and time duration of 30 seconds resulted in a tensile strength of 482.07 N/mm², yield strength 408.52 N/mm², strain 2.92% . Changes in friction speed, duration of friction and frictional pressure affect different friction welding results and affect different tensile test strengths.

Keywords:*AISI 1045 steel and ST60 steel, tensile strength of welded joints, duration of frictional, pressure friction, friction welding takes place*

KATA PENGANTAR

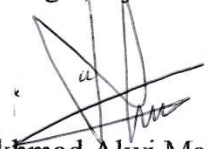
Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada Penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik Mesin di Program Studi DIII Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. M. Taufik Qurohman, M.Pd selaku dosen Ketua Program Studi DIII Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama.
2. Nur Aidi Ariyanto, M.T selaku Dosen Pembimbing I.
3. M. Taufik Quohman, M. Pd selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak, ibu, dan keluarga yang telah memberikan dorongan, do'a dan semangat.

Penulis menyadari bahwa dalam menulis Tugas Akhir ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan penulis dimasa yang akan datang sangat diharapkan. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Tegal, 8 juli 2021



Akhmad Alwi Malisi
NIM. 18020044

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II	7
LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Pengertian Pengelasan	7
2.2 Solid State Welding.....	8

2.3	Las Gesek	10
2.4	Teknik Pengelasan.....	13
2.4.1	<i>Direct-Drive Welding</i>	13
2.5	Faktor Yang Mempengaruhi Las Gesek.....	15
2.5.1	Kecepatan Putaran.....	15
2.5.2	Durasi Gesek	16
2.5.3	Tekanan Aksial.....	16
2.6	Pengujian Kekuatan.....	18
2.6.1	Uji Tarik.....	18
2.6.2	Uji Komposisi	21
2.7	Material Baja	22
2.7.1	Baja ST 60.....	22
2.7.2	Baja AISI 1045.....	23
BAB III.....		25
METODE PENELITIAN		25
3.1	Diagram Alur Penelitian.....	25
3.2	Alat Dan Bahan	26
3.2.1	Alat.....	26
3.2.2	Bahan.....	31
3.3	Proses Pengujian.....	32
3.3.1	Proses Pengelasan Baja AISI 1045 Dan Baja ST60.....	32
3.3.2	Hasil Pengelasan Baja AISI 1045 Dan Baja ST60.....	35
3.3.3	Spesimen Pengujian Tarik.....	36
3.3.4	Langkah – Langkah Pengujian Tarik.....	37
3.3.5	Hasil Pengujian Tarik.....	38

3.4	Metode Pengumpulan Data	38
3.4.1	Perencanaan Hasil Uji Tarik	38
3.5	Metode Analisis Data	39
BAB IV		40
HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Karakteristik Baja AISI 1045 dan Baja ST60	40
4.2	Hasil Uji Komposisi	40
4.3	Hasil Pengujian Tarik	41
BAB V		43
PENUTUP		43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA		45
LAMPIRAN		46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah las (a) pengelasan fusi (b) non fusi.....	8
Gambar 2.2 Mesin Las Gesek.	10
Gambar 2.3 Tahapan Proses Friction Welding. a) Tahap pemanasan Dan pemutaran, b) tahap pembangkitan panas akibat Gesekan, c) Tahap akhir penekanan lanjut.....	11
Gambar 2.4 Sistem Friction Welding dengan Cara Direct-Drive Welding.	13
Gambar 2.5 Skema piston hidrolik	17
Gambar 2.6 Uji Tarik	19
Gambar 2.7 Kurva tegangan-regangan.	20
Gambar 2.8 Baja ST60.....	23
Gambar 2.9 Baja AISI 1045.....	24
Gambar 3.1 Diagram Alur.....	25
Gambar 3.2 Mesin Las Gesek	26
Gambar 3.3 Meteran.....	27
Gambar 3.4 Jangka Sorong	28
Gambar 3.5 Gerinda Potong.....	28
Gambar 3.6 Stopwatch	29
Gambar 3.7 Tachometer.....	29
Gambar 3.8 Barometer	30
Gambar 3.9 Mesin Uji Tarik Tipe Shimadzu UH 1000 Kni.....	30
Gambar 3.10 Baja AISI 1045.....	31
Gambar 3.11 Baja ST60.....	31
Gambar 3.12 Memotong Benda Kerja	32
Gambar 3.13 Meratakan Benda kerja.....	32
Gambar 3.14 Menyeting Mesin.....	33
Gambar 3.15 Memasang Kedua Benda Kerja.....	33
Gambar 3.16 Menghidupkan Mesin.....	34
Gambar 3.17 Memberikan Penekanan	34
Gambar 3.18 Proses Pengereman.....	35

Gambar 3.19 Hasil Pengelasan Baja AISI 1045 Dan ST60 Kecepatan 2300rpm.	35
Gambar 3.20 Hasil Pengelasan Baja AISI 1045 Dan ST60 Kecepatan 3100rpm.	36
Gambar 3.21 Spesimen Pengujian Tarik.....	36
Gambar 3.22 Hasil Spesimen Uji Tarik Setelah Di Bubut	37
Gambar 3.23 Hasil Pengujian Tarik.....	38
Gambar 4.1 Grafik Hasil Uji Tarik	42

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin	26
Tabel 3.2 Bentuk Tabel Hasil Uji Tarik.....	38
Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Baja AISI 1045.....	40
Tabel 4.2 Hasil Uji Komposisi Baja ST 60.....	41
Tabel 4.3 Hasil Uji Tarik Baja Paduan Baja AISI 1045 dan Baja ST60 Kecepatan 2300rpm	41
Tabel 4.4 Hasil Uji Tarik Baja Paduan Baja AISI 1045 dan Baja ST60 Kecepatan 3100rpm	42

DAFTAR RUMUS

(2.1) Rumus Tekanan Hidrolik 1	17
(2.2) Rumus Tekanan Hidrolik 2	18
(2.3) Rumus Tegangan	20
(2.4) Rumus Regangan 1	20
(2.5) Rumus Regangan 2	20
(2.6) Rumus Penampang 1	21
(2.7) Rumus Penampang 2	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Komposisi Baja AISI 1045	46
Lampiran 2. Hasil Uji Komposisi Baja ST60	47
Lampiran 3. Sertifikat Hasil Uji Tarik Perpaduan Baja AISI 1045 Dan ST60.....	48
Lampiran 4. Sertifikat Hasil Uji Tarik Perpaduan Baja AISI 1045 Dan Baja ST60 menggunakan kecepatan 2300 rpm.....	49
Lampiran 5. Sertifikat Hasil Uji Tarik Perpaduan Baja AISI 1045 Dan Baja ST60 menggunakan kecepatan 3100 rpm.....	50
Lampiran 6. Kegiatan pemindahan produk TA.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan adalah sebuah ikatan karena adanya proses metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Dari pengertian tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa pengertian las adalah sebuah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Arsyad, 2019)

Berdasarkan cara kerjanya ada beberapa jenis-jenis pengelasan diantaranya pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Pada pengelasan tekan terdiri dari beberapa macam las, termasuk las gesek. Pada las gesek proses pengelasan menggunakan energi putaran yang nantinya akan terjadi gesekan dan menimbulkan panas yang tinggi dan dapat digunakan untuk proses pengelasan yang biasanya disebut dengan proses *friction welding* (Kalpakjian, 1995)

Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan teknik pengelasan dengan memanfaatkan panas yang ditimbulkan akibat gesekan. Permukaan dari dua bahan yang akan disambung, salah satu berputar sedang lainnya diam, dikontakkan oleh gaya tekan. Gesekan pada kedua permukaan kontak dilakukan secara kontinu sehingga panas yang ditimbulkan oleh gesekan yang kontinu akan terus meningkat. Dengan gaya tekan dan panas pada kedua permukaan hingga pertemuan kedua bahan mencapai suhu leleh (*melting temperature*) maka terjadilah proses las. (Affifi, 2014)

Uji tarik merupakan salah satu cara untuk mengetahui kekuatan dari suatu material, pengujian tarik dilakukan pada mesin *Hydraulic Universal Material Testing Machine* dengan menggunakan metode SNI 8389-2017. Pengujian dilakukan dengan diberikan beban statis yang meningkat secara perlahan sampai spesimen akhirnya patah. Selama pembebanan mesin merekam pertambahan beban dan perpanjangan spesimen dalam bentuk grafik. Dalam pengujian tarik akan didapatkan nilai tarik pembebanan yang diberikan pada spesimen melalui penerapan gaya-gaya aksial ada ujung-ujung spesimen yang disebut dengan tegangan tarik. Nilai tegangan tarik diketahui dengan persamaan nilai gaya (N) dibagi dengan luas penampang spesimen (mm^2). Maka dari hasil tersebut akan didapatkan nilai tegangan tarik spesimen. Uji tarik juga mengalami penambahan panjang akibat tarikan pada ujung-ujung spesimen yang diuji yang disebut regangan. Nilai regangan dapat diketahui dari panjang spesimen setelah pengujian (mm) dikurangi panjang sebelum pengujian (mm), lalu dibagi panjang spesimen sebelum pengujian (mm). kemudian mencari presentase regangan yang terjadi dengan dikali seratus persen (100%). Maka didapatkan presentase regangan yang terjadi akibat pengujian tarik pada spesimen. Selain itu pengujian tarik juga didapatkan ketahanan deformasi elastis untuk mengukur kekakuan spesimen. Nilai kekakuan spesimen disebut *modulus of elastisitas*, yang dapat dihitung dengan cara membagi nilai tegangan (Kg/mm^2) dengan nilai regangan (%). Maka akan didapatkan nilai *modulus of elastisitas* spesimen (Putra1, 2019).

Dalam proses pengelasan gesek/*friction welding*, kecepatan putaran merupakan variabel yang sensitif dan dalam hal ini dapat divariasikan jika waktu dan temperatur pemanasan serta tekanan dikontrol dengan baik.

Berdasarkan latar belakang diatas maka Tugas Akhir ini peneliti mengambil judul “Analisis Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Gesek Perpaduan Baja AISI 1045 Dan Baja ST60”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan yang dibahas dalam laporan ini yaitu bagaimana kekuatan sambungan pengelasan las gesek perpaduan Baja AISI 1045 dan Baja ST60?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak meluas maka batasan masalah pada proposal ini yaitu:

1. Hanya mengetahui uji tarik kekuatan hasil pengelasan sambungan las gesek baja AISI 1045 dan ST60.
2. Menggunakan mesin las gesek dengan motor AC 1Phase 3PK.
3. Dengan variasi putaran 2300 rpm, 3100 rpm.
4. Berdurasi waktu 30 detik.
5. Bertekanan 100 Psi.
6. Baja yang digunakan adalah Baja AISI 1045 dan Baja ST60 yang banyak dipasaran berdiameter 19 mm.

7. Uji komposisi untuk mengetahui kandungan baja yang akan di gunakan.

1.4 Tujuan

1. Untuk mengetahui kekuatan sambungan pengelasan las gesek perpaduan baja AISI 1045 dan Baja ST60

1.5 Manfaat

1. Penulis dapat menambah pengetahuan dan mengembangkan ilmu yang didapat, mahasiswa mampu mendalami ilmu material melalui teknik uji tarik ini.
2. Dapat mengetahui kekuatan hasil pengelasan las gesek pada sambungan baja AISI 1045 dan Baja ST60.
3. Dapat mengetahui kekuatan, keuletan, elastisitas, kekakuan dan ketangguhan pada hasil pengelasan las gesek perpaduan baja AISI 1045 dan Baja ST60.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan yang kami buat meliputi :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab pendahuluan, berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematikan penulisan laporan Tugas Akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Dalam bab landasan teori berisikan teori-teori dan tinjauan pustaka dari penelitian terdahulu yang mendukung dalam penyelesaian Tugas Akhir.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab metodologi penelitian ini berisikan alur penelitian, alat dan bahan penelitian, metode pengumpulan data penelitian dan metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab hasil dan pembahasan, berisikan hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian. Pembuatan bab ini bertujuan menjawab secara rinci terkait masalah yang dirumuskan dalam laporan Tugas Akhir. Hasil penelitian identik dengan tabel hasil pengambilan data yang diikuti dengan keterangan. Sedangkan pembahasan identik dengan grafik-grafik sebagai penjelasan perpaduan anatara data yang satu dengan yang lainnya maupun ulasan/penjelasan perbandingan dari hasil pengambilan data penelitian.

BAB V PENUTUP

Dalam bab penutup ini berisikan kesimpulan dan saran. Kesimpulan dibuat guna menjawab pertanyaan dalam rumusan masalah yang berlandaskan pada bab hasil dan pembahasan. Sedangkan saran dibuat untuk memberikan sebuah harapan kepada pembaca guna pengembangan atau penyempurnaan penelitian.

BAB II

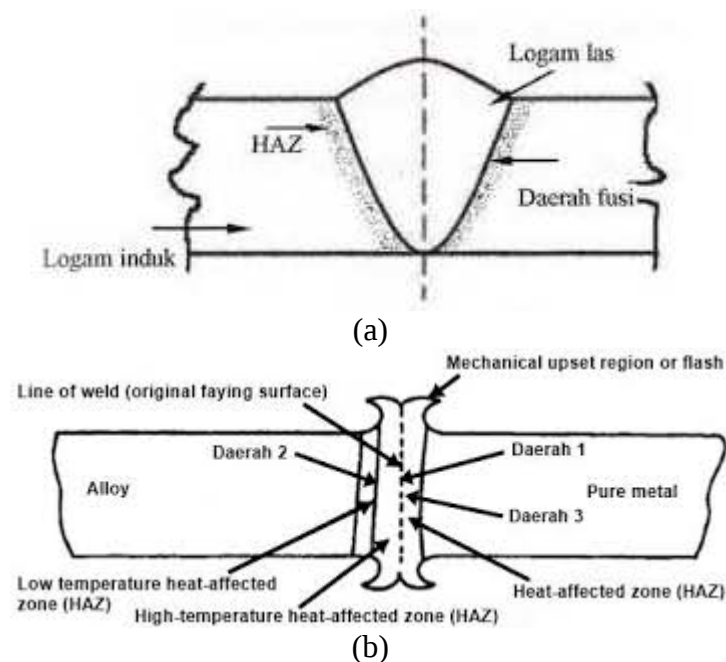
LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Pengelasan

Pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. (Harsono, 1991). Proses pengelasan dibagi dalam dua katagori utama, yaitu pengelasan lebur dan pengelasan padat. Pengelasan lebur menggunakan panas untuk melebur permukaan yang akan disambung, beberapa operasi menggunakan logam pengisi dan yang lain tanpa logam pengisi. Pengelasan padat proses penyambungannya menggunakan panas dan tekanan, tetapi tidak terjadi peleburan pada logam dasar dan tanpa penambahan logam pengisi. Bila permukaan yang rata dan bersih ditekan, beberapa kristal akan tertekan dan bersinggungan. Bila tekanan diperbesardaerah singgungan ini akan bertambah luas. Lapisan oksida yang meluas akan rapuh dan pecah sehingga logam mengalami deformasi plastis sehingga batas antara dua permukaan kristal dapat menjadi satu (*difusi*) dan terjadilah sambungan maka disebut pengelasan padat.

2.2 Solid State Welding

(*Solid State Welding*) adalah proses yang menghasilkan penggabungan dari permukaan specimen pada temperatur di bawah titik leleh logam dasar yang disambung tanpa penambahan logam pengisi. Proses ini melibatkan baik penggunaan deformasi atau difusi dan deformasi terbatas untuk menghasilkan sambungan yang berkualitas tinggi antara bahan serupa maupun berbeda.



Gambar 2.1 Daerah las (a) pengelasan fusi (b) non fusi.
Sumber. (Satyadianto, 2015).

Sambungan logam yang berbeda diperlukan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan sifat material dalam komponen yang sama. Bahan berbeda dapat dipilih berdasarkan sifat fisik atau material yang mempengaruhi fenomena yang sedang dipelajari. Untuk alasan apapun, dan metode yang tepat untuk memproduksi sambungan logam berbeda biasanya dapat ditentukan (dengan asumsi bahkan dimungkinkan) dengan memeriksa diagram fase. Jika diagram menunjukkan

kesulitan dalam penyambungan dengan bahan (*intermetallics* dan sebagainya), maka proses kondisi padat (*non melting*) mungkin yang berlaku. Ketika proses *non melting* dipilih, hanya akan relatif berhasil jika sambungan kuat yang dihasilkan. Gambar 1. (a) menunjukkan profil dari daerah pengelasan non fusi, di mana terdapat daerah-daerah las yaitu daerah fusi (*Fusion Zone*), PMZ (*Partially Melted Zone*), daerah terpengaruh panas (HAZ), dan logam induk (*Base Metal*) sedangkan gambar 1. (b) menunjukkan profil daerah pengelasan non fusi dimana terdapat daerah tempa, daerah terpengaruh panas (HAZ) dan logam induk (*Base Metal*).

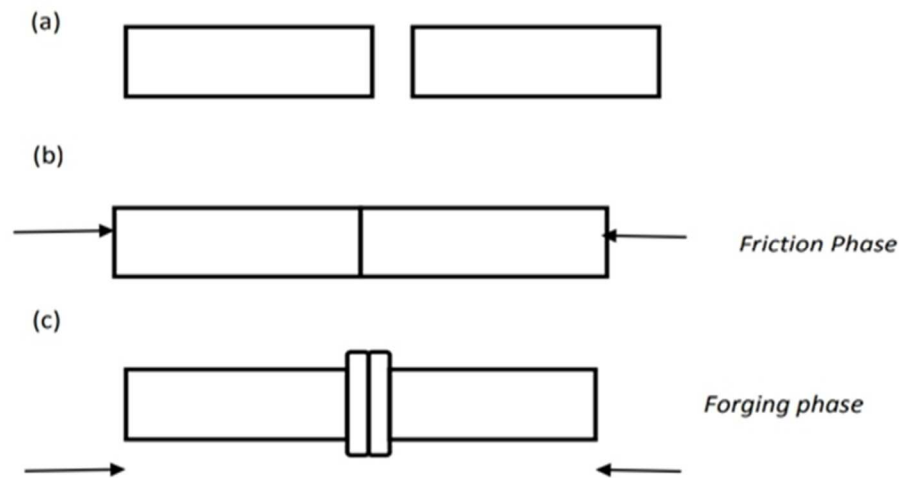
Dalam mekanisme tempa terjadi perbaikan kualitas butiran, porositas menurun dan homogenitas komposisi pada benda kerja, dan semakin tinggi nilai tempa maka perpindahan porositas akan lebih cepat dan menyebabkan kualitas butiran semakin baik. Pada daerah tempa terjadi proses *difusi integrannular* dimana proses tersebut dipengaruhi oleh tekanan tempa, jika tekanan tempa mencapai titik ideal maka kekuatan pada sambungan akan semakin tinggi dan memungkinkan sambungan akan patah pada daerah HAZ ketika dilakukan pengujian tarik karena terjadi kerapatan butiran pada sambungan lasan.

2.3 Las Gesek



Gambar 2.2 Mesin Las Gesek.
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

Las Gesek / *Friction welding* termasuk jenis pengelasan solid state welding dimana proses pengelasan dilakukan pada fasa padat. Panas pengelasan diperoleh dari konversi langsung energi mekanik menjadi energi termal melalui gesekan. Benda tidak memerlukan sumber panas dari listrik atau pembakaran. Panas yang dihasilkan dari proses gesekan antara *interface* akan menaikkan temperatur benda dalam arah aksial dengan jarak yang relatif sangat pendek. Penyambungan terjadi ketika permukaan *interface* mencapai temperatur dibawah temperatur cair. Pengelasan terjadi akibat pengaruh tekanan pada pencampuran logam plastis dan mekanisme difusi.



Gambar 2.3 Tahapan Proses *Friction Welding*. a) Tahap pemanasan Dan pemutaran, b) tahap pembangkitan panas akibat Gesekan, c) Tahap akhir penekanan lanjut.

Sumber. (kalpakjian, 1995).

Fenomena proses friction welding dari pembangkit panas melalui gesekan dan abrasi. Selanjutnya panas yang timbul disimpan dalam material yang disambung hingga menaikkan temperaturnya. Pada temperatur tertentu material berada pada sifat plastis sempurna dan adanya tekan akan mudah terdeformasi. Dengan adanya peristiwa difusi secara kimiawi maka akan terjadi proses penyambungan pada permukaan logam yang disambung Keberhasilan *friction welding* dipengaruhi oleh 5 faktor, yang berhubungan dengan sifat material dan kondisi kerja. Adapun kelima faktor tersebut yaitu;

1. Kecepatan relatif antar permukaan.
2. Tekanan yang dikenakan.
3. Temperatur yang terbentuk pada permukaan.
4. Sifat dari material.
5. Kondisi permukaan dan kehadiran lapisan tipis pada permukaan.

Ketiga faktor yang pertama berhubungan dengan kondisi proses pelaksanaan *friction welding*. Sedangkan dua faktor yang terakhir tergantung dari sifat material logam yang disambung.

Selama proses *friction welding* timbulnya panas di permukaan dikontrol oleh kecepatan relatif antar permukaan, tekanan yang dikenakan dan lamanya penekanan. Kondisi temperatur permukaan merupakan parameter yang kritis untuk menghasilkan sambungan yang baik. Dan hal tersebut tergantung dari kondisi proses dan material yang disambung. Sifat bulk material dan kondisi permukaan mempengaruhi karakteristik gaya gesek dan tekan dari material yang disambung. Untuk mendapatkan hasil yang baik diperlukan dua persyaratan yaitu:

1. Material yang disambung harus memiliki sifat mampu tempa (*forgeability*) yang baik.
2. Mampu menimbulkan gesekan pada *interface*. Oleh karena itu material yang disambung tidak boleh yang memiliki sifat getas dan memiliki *dry lubrication* seperti besi tuang, keramik dan bahan karbida.

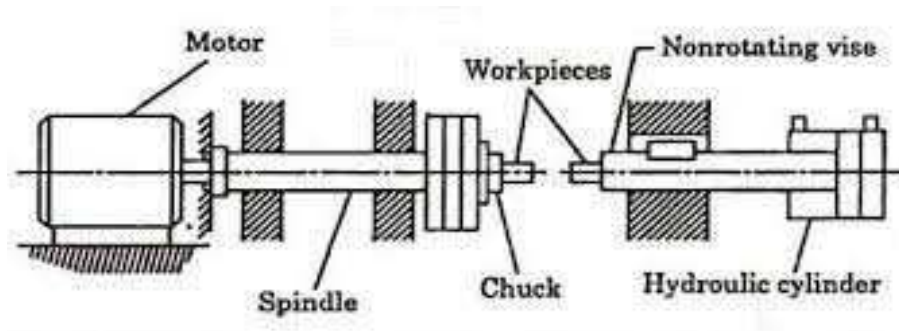
Kemudahan material untuk disambung menggunakan *friction welding* berkaitan dengan kecocokan pada sifat *interface*-nya. Jika kedua sifat material yang akan disambung cocok, panas akan didistribusikan secara seragam pada kedua bagian yang akan disambung. Karakteristik deformasi yang identik akan mempermudah proses penyambungan atau penyatuan *interface*. Hal ini akan menghasilkan lasan yang seragam dan hasil sifat lasanya baik. Untuk mekanisme penyambungan pada logam yang tidak sejenis lebih kompleks dan dipengaruhi oleh

beberapa faktor yang meliputi sifat fisis dan mekanis, energi permukaan, struktur kristal, kelarutan serta senyawa antar logam.

2.4 Teknik Pengelasan

Cara melaksanakan proses *friction welding*, yaitu *direct drive welding*. *Direct drive welding* sering disebut sebagai konvensional *friction welding*, menggunakan motor yang memiliki kecepatan konstan untuk energi masukannya. (ASM Handbook Vol12,1996)

2.4.1 Direct-Drive Welding



Gambar 2.4 Sistem *Friction Welding* dengan Cara *Direct-Drive Welding*.
Sumber. (ASM Handbook Vol12, 1996).

Didalam *direct-drive friction welding*, mesinnya menyerupai sebuah mesin bubut dilengkapi dengan hidrolis. Pengoperasian *Direct-drive friction welding* terdiri dari sebuah fase putar hingga mencapai putaran konstan dan diakhiri dengan sebuah fase pengereman yang diikuti sebuah fase penempaan dengan tekanan. Di mana tekanan diberikan untuk menyambung benda kerja. Waktu yang dibutuhkan

untuk menghentikan spindle juga merupakan variabel penting karena mempengaruhi suhu pengelasan dan waktu gaya penempaan.

Pertama-tama mesin memutar spindle hingga mencapai putaran konstan dan secara perlahan benda kerja diberikan tekanan rendah hingga bersentuhan dengan benda kerja lainnya sehingga terjadi fase tekanan awal hingga mencapai waktu yang telah ditentukan pada tahap ini terjadi fase gesekan, setelah kedua fase tersebut tercapai sesuai dengan waktu yang ditentukan putaran spindle diturunkan secara cepat dan diikuti dengan tekanan *weld* dimana kekuatannya harus lebih tinggi dari tekanan awal hingga pada sambungan las terbentuk upset yang lebih banyak inilah fase terakhir yang disebut fase pengelasan.

Kecepatan rotasi adalah variabel yang paling sensitive, bahwa dalam hal ini kecepatan rotasi dapat divariasikan lebih luas jika waktu gesekan dan tekanan dikontrol dengan benar. Untuk baja, kecepatan putaran yang direkomendasikan bervariasi.

Gaya gesekan biasanya diterapkan secara bertahap untuk membantu pengelasan. Untuk baja Karbon, sebuah tekanan gesek direkomendasikan sekitar 70 MPa (10 ksi) diantara permukaan kedua benda yang bertujuan untuk membentuk sambungan yang baik. gaya penempaan berikutnya setelah proses gesekan biasanya digunakan untuk menyelesaikan proses pengelasan. Pada umumnya gaya Penempaan untuk baja karbon adalah sebesar 140 MPa (20 ksi) di antara permukaan sambungan.

spindel pertama-tama diputar hingga mencapai kecepatan konstan yang telah ditetapkan, dan benda kerja di berikan gaya aksial yang telah ditetapkan juga

sebagai tekanan awal. Setelah itu gaya tekanan awal dan rotasi dipertahankan secara spesifik dalam periode waktu yang telah ditentukan, sehingga gesekan akan meningkatkan suhu panas di permukaan benda kerja hingga cukup untuk membuat benda kerja menjadi plastis dan cocok untuk pengelasan. (Namun pengelasan dari *direct drive friction welding* hampir tidak pernah dibuat dengan menggunakan satu tingkat gaya aksial. Mayoritas pengelasan dibuat menggunakan minimal dua tingkat gaya aksial. Gaya aksial yang kedua pada dasarnya ditambahkan ketika mencapai siklus las) pada saat *spindle* dilepaskan dari unit mengemudi (putaran motor), dan direm untuk membuat spindle berhenti. Pada saat yang sama, gaya aksial akan dinaikkan guna mencapai fase pengelasan dan menghasilkan upset.

2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Las Gesek

2.5.1 Kecepatan Putaran

Kecepatan rotasi dan tekanan aksial pada pengelasan *direct-drive welding* di kecepatan gesekan tetap konstan. Panas yang dihasilkan dari bahan di permukaan benda kerja menyebabkan deformasi plastik, panas yang dihasilkan oleh gesekan pada fase gesekan, adalah sumber utama dalam tahap penempaan untuk mencegah cepatnya penurunan suhu pada antar permukaan. Maka dapat disimpulkan bahwa kecepatan putaran mempengaruhi cepat lambatnya temperatur yang dibangkitkan, semakin tinggi kecepatan putaran maka torsi dan energi yang dihasilkan juga semakin besar sehingga membutuhkan gaya pengereman yang semakin besar juga (Satyadianto, 2015).

2.5.2 Durasi Gesek

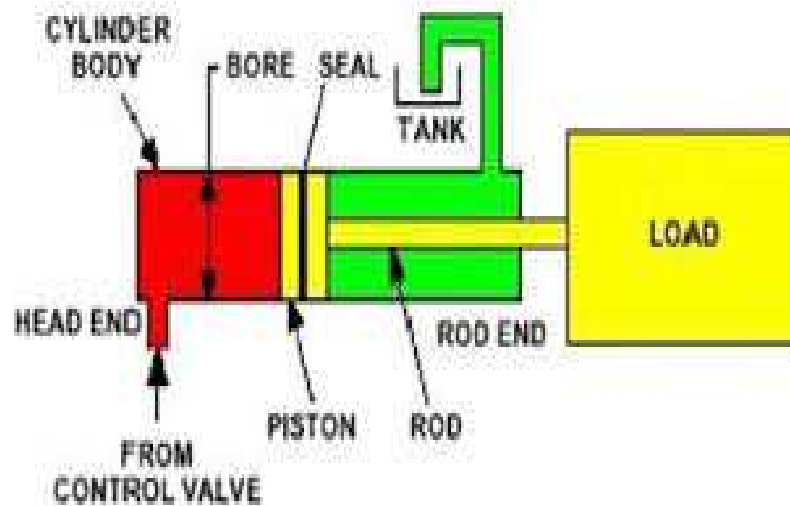
Pengaruh Durasi Gesekan terhadap distribusi temperature saat proses gesekan berlangsung sampai mencapai temperature tempa, sehingga pada permukaan logam dasar terbentuk permukaan tempa. Untuk durasi gesekan yang semakin lama daerah permukaan tempa yang terbentuk akan semakin besar, karena panas gesekan merupakan perbandingan lurus dengan fungsi bertambahnya waktu. Selain kecepatan putaran yang dipilih untuk menghasilkan baik jumlah energy kinetik, inersia dan jumlah tekanan tempa yang diberikan. Durasi gesekan yang lama diperlukan jika karakteristik kecepatan putaran yang terjadi pada pengelasan pada permukaan rendah. Durasi ini dalam kombinasi dengan tekanan aksial menghasilkan panas. Karena durasi gesekan dimulai pada awal proses gesekan terjadi sampai proses penempatan terjadi, maka jumlah menempa tergantung pada panas yang dibangkitkan dari kecepatan gesekan dan durasi menempa sehingga menghasilkan jumlah energy yang ada pada motor dan inersia yang ada pada poros juga. Jika motor berkecepatan tinggi maka durasi yang dibutuhkan akan semakin rendah, tetapi memiliki jumlah energi kinetik yang sama (Satyadianto, 2015).

2.5.3 Tekanan Aksial

Efek dari berbagai tekanan aksial berlawanan dengan efek dari memvariasikan kecepatan. Tekanan yang berlebihan menghasilkan lasan dengan kualitas yang jelek pada bagian pusat dan memiliki upset *welds* dalam jumlah besar, mirip dengan mengelas dibuat pada kecepatan rendah.

Jika ada tekanan aksial berbeda di dalam fase 1 dan 3, proses ini disebut dua tahap pengelasan, yaitu tekanan gesek dan tekanan penempaan, keduanya dimasukkan sebagai parameter gaya aksial las. Di sisi lain ketika tekanan tetap konstan selama proses berlangsung, hal itu disebut satu-tahap pengelasan. Gesekan kedua torsi dalam dua tahap pengelasan secara umum lebih tinggi dari pada satu tahap pengelasan karena gaya aksial yang diterapkan lebih besar, dalam fase 3. Seperti dinyatakan di bagian "*Direct-Drive Friction Welding*", pada satu tahap pengelasan tergantung pada saat pengereman dan peningkatan waktu pengereman. Perhitungan tekanan gesek dan tekanan tempa pada benda kerja yang ditekan oleh hidrolik yang digunakan dapat menghasilkan tekanan gesek dan tekanan tempa dapat dijelaskan sebagai berikut :

Gaya aksial yang bekerja :



Gambar 2.5 Skema piston hidrolik
Sumber. (Satyadianto, 2015).

$$\text{Rumus Tekanan Hidrolik 1 ; } F = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

F : Gaya Aksial (N)

P : Tekanan Hidraulik (*pressure gauge*) (N/m)

A : Luas Permukaan Piston Hidraulik (m)

Setelah diketahui gaya pada hidraulik maka dapat dicari tekanan gesek dan tekanan tempa pada benda kerja :

$$\text{Rumus Tekanan Hidrolik 2 ; } P = F \cdot A \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

P : Tekanan Benda Kerja (N/m)

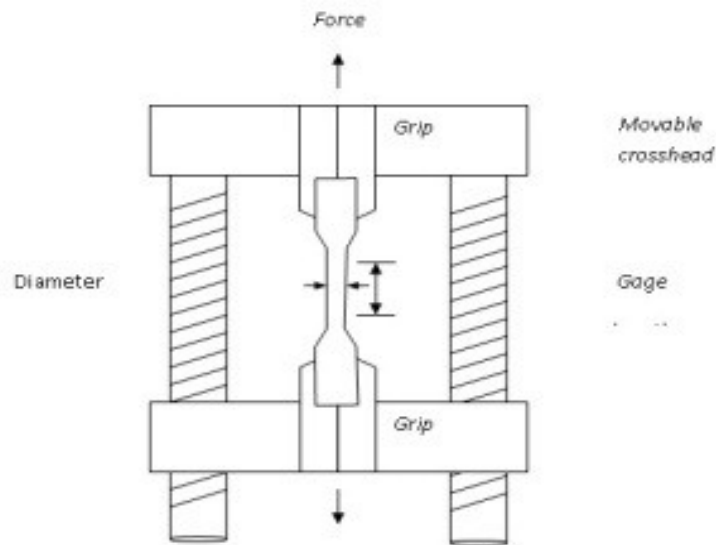
F : Gaya Aksial (N)

A' : Luas Permukaan Benda Kerja (mm)

2.6 Pengujian Kekuatan

2.6.1 Uji Tarik

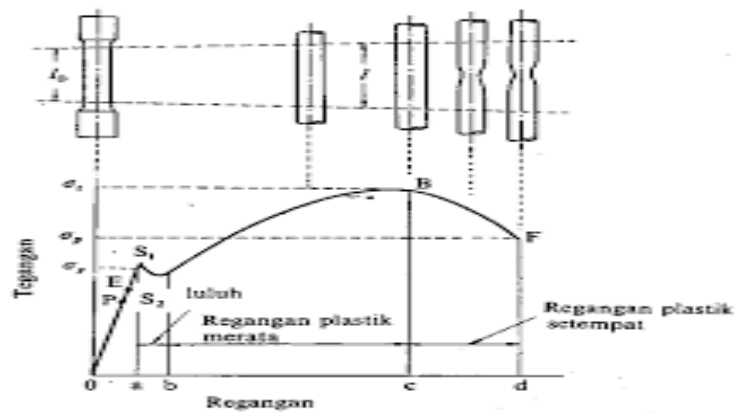
Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw materials. Pengujian Tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.



Gambar 2.6 Uji Tarik
Sumber. (Wirjosumarto, 2008)

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan – pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan (Wirjosumarto, 2000).



Gambar 2.7 Kurva tegangan-regangan.

Sumber. (Wiryosumarto, 2008)

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\text{Rumus Tegangan ; } \sigma u = \frac{Fu}{Ao} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

σu = Tegangan nominal (kg/mm²)

F_u = Beban maksimal (kg)

A_o = Luas penampang mula dari penampang batang (mm²).

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula mula benda uji.

$$\text{Rumus Regangan 1 ; } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\text{Rumus Regangan 2 ; } \varepsilon = \frac{L-L_o}{L_o} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

ε = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

L_o = Panjang awal (mm)

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa penambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rumus Penampang 1 ; } q = \frac{\Delta A}{A_o} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\text{Rumus Penampang 2 ; } q = \frac{A_o - A}{A_o} \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

q = Reduksi penampang (%)

A_o = Luas penampang mula (mm²)

A₁ = Luas penampang akhir (mm²)

2.6.2 Uji Komposisi

Uji komposisi kimia ini dilakukan untuk mengetahui berapa % unsur-unsur yang terkandung didalam plat baja karbon rendah yang dijadikan benda uji ini. Untuk mendapatkan harga dari komposisi kimia dapat kita lihat dimonitor alat uji, sehingga didapat datanya. bahan merupakan baja karbon rendah mendekati sedang dengan unsur perbaikan tahan korosi. (Suprijanto, 2013).

2.7 Material Baja

Menurut (Furqon S, M. F, 2016) Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya, baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut :

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)
2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

2.7.1 Baja ST 60

Baja St 60 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon sedang dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C dengan titik didih 1550 °C dan titik lebur 2900 °C, disebut juga baja keras, banyak sekali digunakan untuk tangki, perkapalan, jembatan, dan dalam permesinan. Baja karbon sedang kekuatannya lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong. (Furqon S, M. F, 2016).



Gambar 2.8 Baja ST60
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

2.7.2 Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0,43 - 0,50 dan termasuk golongan baja karbon menengah (Glyn.et.al, 2001). Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai komponen automotif misalnya untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Baja AISI 1045 disebut sebagai baja karbon karena sesuai dengan pengkodean internasional, yaitu seri 10xx berdasarkan nomenklatur yang dikeluarkan oleh AISI dan SAE (Society of Automotive Engineers). Pada angka 10 pertama merupakan kode yang menunjukkan plain carbon kemudian kode xxx setelah angka 10 menunjukkan komposisi karbon (Glyn.et.al, 2001). Jadi baja AISI 1045 berarti baja karbon atau plain carbon steel yang mempunyai komposisi karbon sebesar 0,45%. Baja

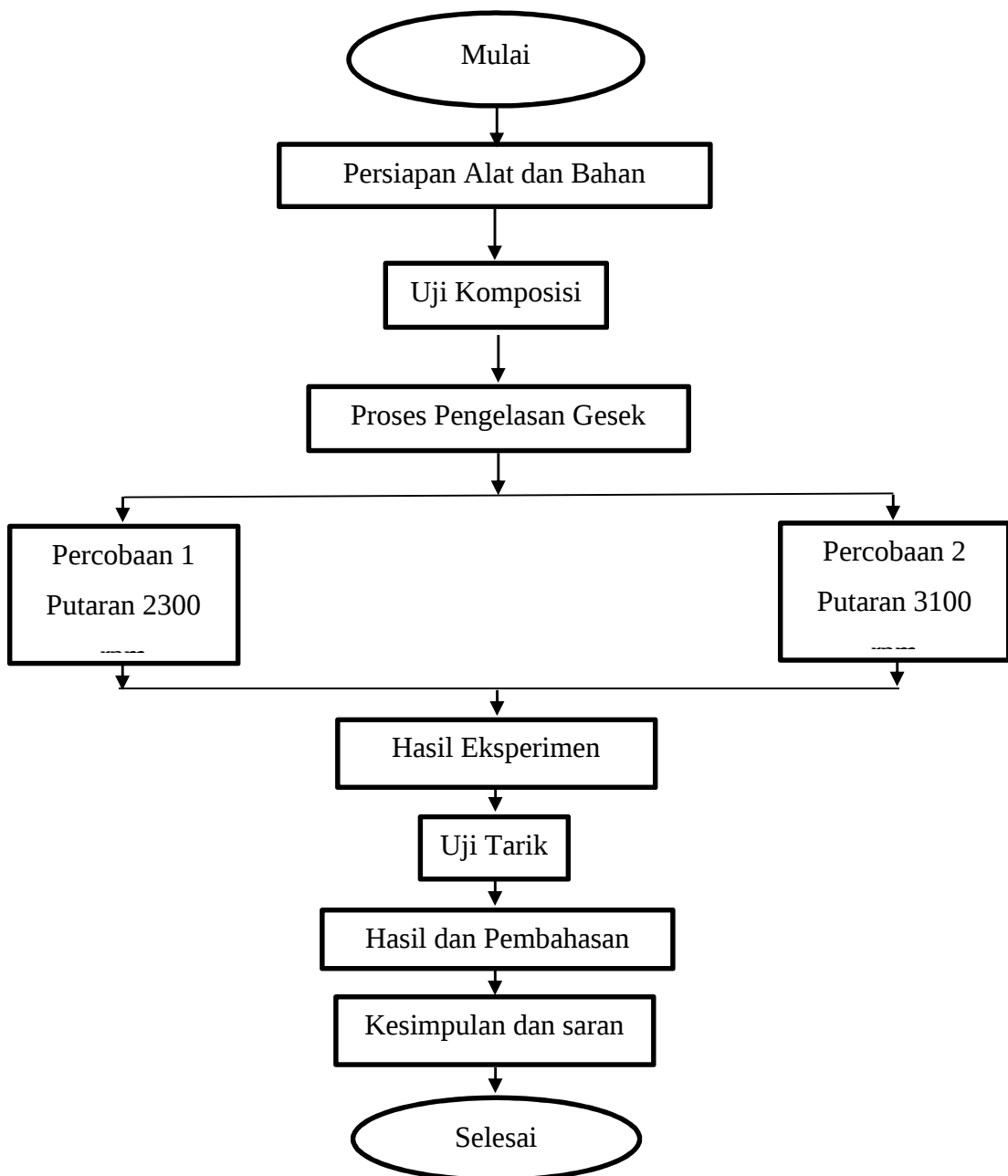
spesifikasi ini banyak digunakan sebagai komponen roda gigi, poros dan bantalan. Pada aplikasinya ini baja tersebut harus mempunyai ketahanan aus yang baik karena sesuai dengan fungsinya harus mampu menahan keausan akibat bergesekan dengan rantai. Ketahanan aus didefinisikan sebagai ketahanan terhadap abrasi atau ketahanan terhadap pengurangan dimensi akibat suatu gesekan. Pada umumnya ketahanan aus berbanding lurus dengan kekerasan. (Avner, 1974).



Gambar 2.9 Baja AISI 1045
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur

3.2 Alat Dan Bahan

3.2.1 Alat

Pada saat akan melakukan analisis sambungan hasil pengelasan las gesek.

Alat penunjang yang paling utama untuk proses pengerjaan ini sebagai berikut :

1. Unit mesin las gesek

Berfungsi untuk proses pengelasan.



Gambar 3.2 Mesin Las Gesek
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin

Dinamo Utama	Merk : YC100L2-2
	Power : 3300 Watt
	Daya Elektrik Motor : 3 PK
	Phase Elektrik Motor : 1 Phase
	Input Voltase : 220 V
	Speed Elektrik Motor : 1450 rpm
Dinamo Pompa Hidrolik	Merk : SM
	Power : 250 Watt
	Daya Elektrik Motor : $\frac{1}{4}$ PK
	Phase Elektrik Motor : 1 Phase
	Input Voltase : 220 V
	Speed Elektrik Motor : 1450 rpm

Puli Dinamo Utama	Kecepatan 2300 rpm Diameter : 75,5 mm
	Kecepatan 3100 rpm Diameter : 101,5 mm
Puli Poros Penggerak	Diameter : 97.1 mm
Puli Dinamo Hidrolik	Diameter : 55,5 mm
Puli Pompa Hidrolik	Diameter : 118,25 mm
Pompa Hidrolik	Merk : NPSK - 18001 130 Kg/Cm^2
Kapasitas Tangki Oli	5 Liter , Oli Mesran Super Sae 20W-50
Kekuatan Tekanan Hidrolik	700 Kg

2. Meteran

Berfungsi untuk mengukur panjang bahan yang akan di gunakan untuk proses pengelasan.



Gambar 3.3 Meteran
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

3. Jangka sorong

Berfungsi untuk mengukur diameter luar bahan.



Gambar 3.4 Jangka Sorong
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

4. Gerinda potong

Berfungsi untuk memotong bahan yang akan di las.



Gambar 3.5 Gerinda Potong
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

5. Stopwatch

Berfungsi untuk mengatur waktu pada saat proses pengelasan dimulai.



Gambar 3.6 Stopwatch
Sumber. (Duokumentasi, 2021)

6. Tachometer

Berfungsi untuk mengukur kecepatan putaran rotasi poros penggerak.



Gambar 3.7 Tachometer
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

7. Barometer

Berfungsi untuk mengetahui tekanan hidrolik mesin las gesek.



Gambar 3.8 Barometer
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

8. Mesin uji Tarik

Untuk pengujian tarik bahan yang telah di sambung pada mesin las gesek.



Gambar 3.9 Mesin Uji Tarik Tipe Shimadzu UH 1000 Kni
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

3.2.2 Bahan

Pada saat menganalisa hasil pengelasan las gesek membutuhkan bahan sebagai berikut :

1. Baja AISI 1045



Gambar 3.10 Baja AISI 1045
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

2. Baja karbon ST60



Gambar 3.11 Baja ST60
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

3.3 Proses Pengujian

3.3.1 Proses Pengelasan Baja AISI 1045 Dan Baja ST60

Adapun proses dalam melakukan proses *friction welding* adalah sebagai berikut :

- a. Memotong kedua macam baja dengan ukuran diameter 19 mm panjang 150 mm.



Gambar 3.12 Memotong Benda Kerja
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

- b. Meratakan permukaan yang akan disambung dengan menggunakan mesin bubut pastikan kecepatan mesin bubut tidak terlalu cepat.



Gambar 3.13 Meratakan Benda kerja
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

- c. Menyeting mesin las gesek untuk pelaksanaan *friction welding*



Gambar 3.14 Menyeting Mesin
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

- d. Memasang benda kerja pada kedua cekam yang pas dan kencang.



Gambar 3.15 Memasang Kedua Benda Kerja
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

- e. Menghidupkan mesin dengan cara meng ON-kan saklar utama sehingga benda kerja berputar dan lainnya diam.



Gambar 3.16 Menghidupkan Mesin
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

- f. Memberikan penekanan hidrolik pada benda kerja dengan menutup tuas hidrolik secara perlahan – lahan.



Gambar 3.17 Memberikan Penekanan
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

- g. Pada saat yang tepat dilanjutkan memberi tekanan lanjut dengan menutup tuas hidrolik dan mematikan saklar mesin secara bersamaan.



Gambar 3.18 Proses Pengereman
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

- h. Melepas benda yang disambung dari kedua cekam.

3.3.2 Hasil Pengelasan Baja AISI 1045 Dan Baja ST60



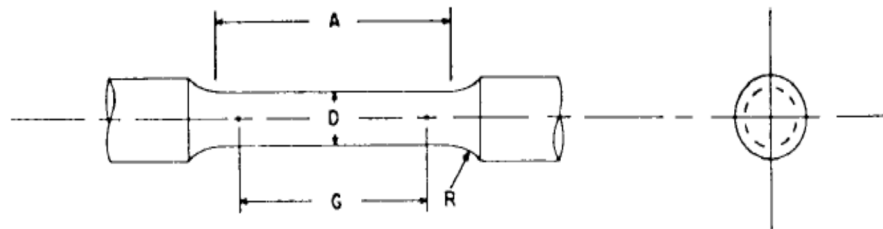
Gambar 3.19 Hasil Pengelasan Baja AISI 1045 Dan ST60 Kecepatan 2300rpm
Sumber. (Dokumentasi, 2021)



Gambar 3.20 Hasil Pengelasan Baja AISI 1045 Dan ST60 Kecepatan 3100rpm
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

3.3.3 Spesimen Pengujian Tarik

Pembuatan spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM E8, baja digunakan dengan panjang 300mm, berdiameter 19mm.



Gambar 3.21 Spesimen Pengujian Tarik
Sumber. (ASTM E8 M, Vol. 3.01)

A (Length of reduce section) = 75mm

D (Diameter) = 12.50mm

G (Gage length) = 62,5mm

R (Radius) = 10mm



Gambar 3.22 Hasil Spesimen Uji Tarik Setelah Di Bubut
Sumber. (Dokumentasi, 2021)

3.3.4 Langkah – Langkah Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari material. Dengan demikian akan dapat diketahui kekuatan atau beban maksimum dari material yang selanjutnya dapat diketahui kekuatan atau beban luluhnya.

Langkah-langkah pengujian tarik adalah :

1. Siapkan spesimen yang akan diuji, tempatkan benda pada mesin uji tarik Shimadzu UH 1000 kNI dan jepit kedua ujung batang secara tegak lurus.
2. Siapkan milimeter book pada ploter yang sudah tersedia dalam mesin uji.
3. Atur skala beban sesuai dengan yang kita kehendaki.
4. Penarikan dimulai dari beban nol dengan penambahan beban perlahan-lahan dan merata sehingga tidak terjadi beban kejutan.
5. Selama penarikan berlangsung, berarti terjadi perpanjangan dan pengecilan spesimen hingga putus.
6. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada kertas milimeter book yang telah di pasang di dalam ploter yang berupa grafik, serta penunjuk beban maksimal pada alat mesin uji tarik (Wibowo, 2011)

3.3.5 Hasil Pengujian Tarik



Gambar 3.23 Hasil Pengujian Tarik

3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari studi literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari internet, buku referensi dan jurnal-jurnal yang relevan/terkait dengan topik penelitian.

3.4.1 Perencanaan Hasil Uji Tarik

Tabel 3.2 Bentuk Tabel Hasil Uji Tarik

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji 1	Hasil uji 2	Hasil uji 3	Rata - rata
Diameter	mm				
Kuat Tarik	N/mm ²				
Kuat Luluh	N/mm ²				
Regangan	%				
Keterangan	—				

3.5 Metode Analisis Data

Dari data yang diambil kemudian dianalisis untuk menentukan variasi kecepatan putaran yang paling baik terhadap mesin las gesek dari hasil pengelasannya. Pada pengujian pertama menggunakan percepatan 2300rpm 3kali pengujian yang bertekanan 100Psi .

Pada pengujian kedua menggunakan kecepatan yang berbeda yaitu 3100rpm 3kali pengujian yang bertekanan 100Psi. Dan masing – masing pengujian menggunakan waktu 30detik. Disetiap perbedaaan kecepatan mengambil data masing – masing hasil pengelasan agar lebih mudah dalam melihat hasil analisa.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Baja AISI 1045 dan Baja ST60

Baja AISI 1045 termasuk dalam kategori baja karbon menengah yang mengandung kadar karbon 0,655 %. Baja ini memiliki kekuatan Tarik 730,62 N/mm². sedangkan Baja ST60 termasuk baja karbon keras yang mengandung kadar karbon 0,448 % , dengan kekuatan Tarik 706,47 N/mm².

4.2 Hasil Uji Komposisi

Dari proses uji komposisi masing – masing bahan mengandung kandungan yang berbeda dengan hasil sebagai berikut ;

Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Baja AISI 1045

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	Balance	Balance
C	0,665	-
Si	1,599	-
Mn	0,721	-
P	0,100	-
S	-	-
Cr	0,348	-
Ni	0,038	-
Mo	0,010	-
Cu	0,121	-
Al	0,010	-
V	0,010	-
W	0,100	-
Co	0,0050	-
Nb	0,0050	-
Ti	0,0031	-
Mg	0,0060	-

Tabel 4.2 Hasil Uji Komposisi Baja ST 60

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	Balance	Balance
C	0,448	-
Si	0,215	-
Mn	0,691	-
P	0,100	-
S	-	-
Cr	0,031	-
Ni	0,018	-
Mo	0,010	-
Cu	0,018	-
Al	0,037	-
V	0,010	-
W	0,100	-
Co	0,0050	-
Nb	0,0050	-
Ti	0,00740	-
Mg	0,0051	-

4.3 Hasil Pengujian Tarik

Dari percobaan dengan variasi durasi gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa yang telah dilakukan, didapatkan data sifat mekanik yaitu kekuatan uji tarik dari masing-masing parameter.

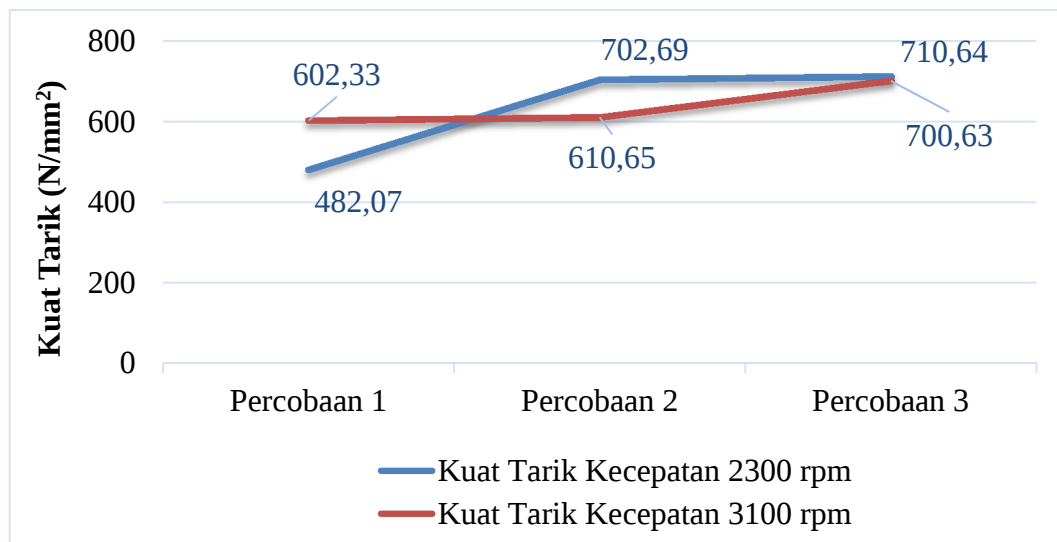
Hasil pengujian kuat Tarik pada spesimen hasil pengelasan las gesek didapatkan pengujian tarik seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Hasil Uji Tarik Baja Paduan Baja AISI 1045 dan Baja ST60 Kecepatan 2300rpm

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji 1	Hasil uji 2	Hasil uji 3	Rata - rata
Diameter	mm	12,46	12,36	12,61	12,47
Kuat Tarik	N/mm ²	482,07	702,69	710,64	631,80
Kuat Luluh	N/mm ²	408,52	554,50	436,64	466,55
Regangan	%	2,92	11,04	3,92	5,96
Keterangan	—	Putus di daerah las	Putus di daerah las	Putus di daerah las	Putus di daerah las

Tabel 4.4 Hasil Uji Tarik Baja Paduan Baja AISI 1045 dan Baja ST60 Kecepatan 3100rpm

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji 1	Hasil uji 2	Hasil uji 3	Rata - rata
Diameter	mm	12,31	12,74	12,54	12,50
Kuat Tarik	N/mm ²	602,33	610,65	700,63	637,87
Kuat Luluh	N/mm ²	462,28	398,60	456,71	439,20
Regangan	%	3,34	5,18	2,64	3,72
Keterangan	—	Putus di daerah las	Putus di daerah las	Putus di daerah las	Putus di daerah las



Gambar 4.1 Grafik Hasil Uji Tarik

Hasil pengelasan gesek dengan putaran 2300 rpm dari 3 percobaan yang menghasilkan kekuatan tarik paling tinggi pada percobaan ke-3 dengan hasil kuat tarik 700,63 N/mm². Berarti di 3 percobaan pada putaran 2300 rpm mempunyai nilai rata – ratanya 631,80 N/mm². Dan pada putaran 3100 rpm dari 3 percobaan yang menghasilkan kekuatan tarik paling tinggi pada percobaan ke-3 dengan hasil kuat tarik 700,63 N/mm² yang mempunyai nilai rata – ratanya 637,87 N/mm².

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian tentang pengelasan gesek material baja AISI 1045 dengan baja ST60 dapat disimpulkan bahwa pengelasan gesek beda jenis bahan menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda, pada pengujian pertama kecepatan 2300 rpm, bertekanan 100 Psi durasi waktu 30 detik menghasilkan kekuatan tarik yaitu sebesar 631,80 N/mm² lebih rendah dibandingkan kuat tarik baja ST60 sebesar 706,47 N/mm². Sedangkan pada pengujian ke dua kecepatan 3100 rpm, , bertekanan 100 Psi durasi waktu 30 detik menghasilkan kekuatan tarik yaitu sebesar 637,87 N/mm² lebih rendah dibandingkan kuat tarik baja AISI 1045 sebesar 730,62 N/mm².

5.2 Saran

Dari hasil analisa hasil pengelasan las gesek ada beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut ;

1. Sebelum melakukan pengelasan benda kerja dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran / debu sehingga gesek yang terjadi dapat menimbulkan panas secara baik dan merata.
2. Sebaiknya panel control tekanan hidrolik diganti dengan yang bisa diatur tekanannya. Sehingga pada saat penelitian tidak sering mengulang percobaan yang disebabkan kekurangan atau kelebihan tekanan.

3. Pada setiap pengelasan sebaiknya di cek terlebih dahulu apakah benda kerja sudah benar – benar simetri atau belum, sehingga tidak terjadinya misalignment.

DAFTAR PUSTAKA

- AFFIFI, M. Z. (2014). Rancang Bangun Mesin Las Gesek (perawatan dan perbaikan). *PALEMBANG : POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA JURUSAN TEKNIK MESIN*.
- Anton Ary Wibowo, G. Y. (2011). Makalah Tahapan Pengujian Tarik Bahan. *Fakultas Teknik Universitas Negri Semarang*.
- Arsyad, Z. I. (2019). PENGARUH VARIASI RAPAT ARUS DAN ELEKTRODA DARI PENGELASAN SMAW PADA MATERIAL ASTM A213 TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN DISTRIBUSI KEKERASAN HASIL PENGELASAN. *FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG*.
- Avner, H. S. (1974). Introduction to physical Metallurgy 2nd edition,. *New Yourk; McGraw Hill Internasional Editions*.
- Firmansyah, D. R. (2019). ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN ALIRAN GAS PELINDUNG HASIL PENGELASAN GMAW TERHADAP KEKUATAN MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMUNIUM SERI 5083. *Surabaya : Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Gusti Rusydi Furqon S, M. F. (2016). ANALISA UJI KEKERASAN PADA POROS BAJA ST 60 DENGAN MEDIA PENDINGIN YANG BERBEDA. *Banjarmasin : Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari*.
- Handbook, A. (1996). Welding and Brazing. *Vol.12*.
- HARSONO. ((1991)). Teknik Pengelasan Logam Pradiya. *Pradiya Paramita, JAKARTA*.
- Idra Putra1, A. K. (2019). ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN IMPACT HASIL SAMBUNGAN LAS GESEK PADA BAJA ST 37. *Padang: Universitas Negeri Padang, Indonesia*.
- Kalpajian, S. (1995). Manufacturing Engineering and Technology. *Addison Wesley Publishing Company*.
- Satyadianto, D. (2015). Pengaruh Variasi Tekanan Gesek, Tekanan Tempa Dan Durasi Gesek Terhadap Kekuatan Impact Pada Sambungan Las Gesek (Friction Welding) Dengan Menggunakan Baja Paduan AISI 4140. *SURABAYA : FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER*.
- Suprijanto, D. (2013). Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Bending Las Sudut SMAW Posisi Mendatar Pada Baja Karbon Rendah. *Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta, SLEMAN*.
- wiryosumarto. (2000). Teknologi Pengelasan Logam. *Erlangga, JAKARTA*.
- Wiryosumarto. (2008). Teknologi Pengelasan Logam. *Balai Pustaka, JAKARTA*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Komposisi Baja AISI 1045

ANALISA KOMPOSISI KIMIA

CHEMICAL COMPOSITION

Nomor : 056/LAB/PL/VI/2021
 Tanggal : 28 Juni 2021

Pemakai : Akhmad Alwi Malisi
Customer

Mesin : ARL Optic Emission Spectrometer
Machine Switzerland QTD - 127

Bahan : Sample Rod
Material

Obyek : AISI 1045
Object

I. Chemical Composition

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	Balance	Balance
C	0,655	-
Si	1,599	-
Mn	0,721	-
P	0,100	-
S	-	-
Cr	0,348	-
Ni	0,038	-
Mo	0,010	-
Cu	0,121	-
Al	0,010	-
V	0,010	-
W	0,100	-
Co	0,0050	-
Nb	0,0050	-
Ti	0,0031	-
Mg	0,0060	-

II. Mecanical Properties

	As Cast	After Hardened
1. Hardness Value Average	-	-
2. Tensile Strenght	-	-

Diperiksa/ Disetujui oleh : 
 Checked/Approved by

Lampiran 2. Hasil Uji Komposisi Baja ST60

ANALISA KOMPOSISI KIMIA
CHEMICAL COMPOSITION

Nomor : 055/LAB/PL/VI/2021
Tanggal : 28 Juni 2021

Pemakai : Akhmad Alwi Malisi
Customer

Bahan : Sample Rod
Material

Mesin : ARL Optic Emission Spectrometer
Machine

Obyek : ST 60
Object

I. Chemical Composition

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	Balance	Balance
C	0,448	-
Si	0,215	-
Mn	0,691	-
P	0,100	-
S	-	-
Cr	0,031	-
Ni	0,018	-
Mo	0,010	-
Cu	0,018	-
Al	0,037	-
V	0,010	-
W	0,100	-
Co	0,0050	-
Nb	0,0050	-
Ti	0,074	-
Mg	0,0051	-

II. Mecanical Properties

	As Cast	After Hardened
1. Hardness Value Average	-	-
2. Tensile Strenght	-	-

Diperiksa/ Disetujui oleh : 
Checked/Approved by

Lampiran 3. Sertifikat Hasil Uji Tarik Perpaduan Baja AISI 1045 Dan ST60. No.1 menggunakan percepatan 3100rpm , No.2 menggunakan percepatan 2300rpm dengan tekanan gesek yang sama yaitu 100Psi.



**DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL**
UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN
Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id

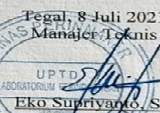
LAPORAN UJI TARIK

Laporan No. : 07/2021.264/UTM/84
Pemakai Jasa : AHMAD ALWI M
Alamat : Politeknik Harapan Bersama
Suhu : 23 °C
Tgl. Terima : 8 Juli 2021
Tgl. Pengujian : 8 Juli 2021

Benda Uji : Sesuai ASTM
Objek uji : **BAJA AS ST 60 + BAJA AISI**
Metode Uji : JIS Z 2241: 2011
Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNf
Jml. Specimen : 2 Pc
Halaman : 1 dari 3

HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	84.1	Diameter	mm	12,74
		Kuat Tarik	N/mm ²	610,65
		Kuat Luluh	N/mm ²	398,60
		Regangan	%	5,18
		Keterangan	-	Putus di daerah las
2.	84.2	Diameter	mm	12,46
		Kuat Tarik	N/mm ²	482,07
		Kuat Luluh	N/mm ²	408,52
		Regangan	%	2,92
		Keterangan	-	Putus di daerah las

Tegal, 8 Juli 2021
Manajer Teknis

Eko Supriyanto, ST
NIP. 19741231 200604 1 093

PENGESAHAN :
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
2. Tidak dipertanggungjawabkan mengenai pengujian ini kecuali sesuai dengan standar yang berlaku dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal

Lampiran 4. Sertifikat Hasil Uji Tarik Perpaduan Baja AISI 1045 Dan Baja ST60 menggunakan kecepatan 2300 rpm.



DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL
UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN
 Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437
 Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id

LAPORAN UJI TARIK

Laporan No. : 07/2021.289/UTM/100
 Pemakai Jasa : AHMAD ALWI M
 Alamat : Politeknik Harapan Bersama
 Suhu : 22 °C
 Tgl. Terima : 16 Juli 2021
 Tgl. Pengujian : 16 Juli 2021

Benda Uji : Sesuai ASTM
 Objek uji : **BAJA ST 60 + BAJA AISI 1045**
 2300 Rpm
 Metode Uji : JIS Z 2241: 2011
 Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNl
 Jml. Specimen : 2 Pc
 Halaman : 1 dari 3

HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	100.1	Diameter	mm	12,61
		Kuat Tarik	N/mm ²	710,64
		Kuat Luluh	N/mm ²	436,64
		Regangan	%	3,94
		Keterangan	Putus di daerah las	
2.	100.2	Diameter	mm	12,36
		Kuat Tarik	N/mm ²	702,69
		Kuat Luluh	N/mm ²	554,50
		Regangan	%	11,04
		Keterangan	Putus di daerah las	

Tegal, 19 Juli 2021
 Manager Teknis

Eko Supriyanto, ST
 NIP. 19740231 200604 1 093



PENGHATIAN :
 1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
 2. Tidak dipertanggungjawabkan mengenai laporan pengujian ini kecuali seluruhnya sesuai persesuaian tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Dinas Perindustrian dan Tenaga Kerja Kabupaten Tegal

Lampiran 5. Sertifikat Hasil Uji Tarik Perpaduan Baja AISI 1045 Dan Baja ST60 menggunakan kecepatan 3100 rpm.



DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL
UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN
 Komplek LK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437
 Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id

LAPORAN UJI TARIK

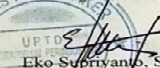
Laporan No. : 07/2021.289/UTM/100 Pemakai Jasa : AHMAD ALWI M Alamat : Politeknik Harapan Bersama Suhu : 22 °C Tgl. Terima : 16 Juli 2021 Tgl. Pengujian : 16 Juli 2021	Benda Uji : Sesuai ASTM Objek uji : BAJA ST 60 + BAJA AISI 1045 3100 Rpm Metode Uji : JIS Z 2241: 2011 Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI Jml. Specimen : 2 Pc Halaman : 1 dari 3
--	--

HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	100.3	Diameter	mm	12,31
		Kuat Tarik	N/mm ²	602,33
		Kuat Luluh	N/mm ²	462,38
		Regangan	%	3,34
		Keterangan	Putus di daerah las	
2.	100.4	Diameter	mm	12,54
		Kuat Tarik	N/mm ²	700,63
		Kuat Luluh	N/mm ²	456,71
		Regangan	%	2,64
		Keterangan	Putus di daerah las	

Tegal, 19 Juli 2021

Manager Teknis


Eko Supriyanto, ST
 NIP. 19747231 200604 1 093

PENGESAHAN :

1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji

2. Tidak dipergunakan untuk pengambilan laporan pengujian ini kecuali setelahnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Dinas Perindustrian Kabupaten Tegal

Lampiran 6. Kegiatan pemindahan produk TA



LEMBAR PEMBIMBINGAN TUGAS AKHIR



NAMA : Akhmad Alwi Malisi

NIM : 18020044

Produk Tugas Akhir : Mesin Las Gesek

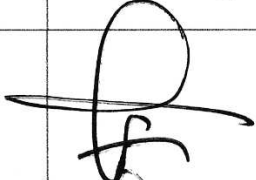
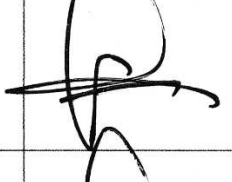
Judul Tugas Akhir : Pengujian Tarik Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Gesek
Perpaduan Baja AISI 1045 dan Baja ST60.

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN
POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA
2021**

Rekap Pembimbingan Penyusunan Laporan Tugas Akhir

PEMBIMBING I				
		Nama Pembimbing		Nur Aidi Ariyanto, M.T
		NIDN/NUPN		0623127906
No	Hari	Tanggal	Uraian	Tandatangan
1			- Judul - Latar belakang	
2			- Rumusan masalah - Batasan masalah - Tujuan dan manfaat	
3			- Landasan Teori - Tinjauan pustaka	
4			- Penulisan harus sesuai dengan S.P.O.K	
5			- Sumber Referensi harus ada - Alur penelitian	
6			- Sumber metode penelitian - metode pengambilan data - metode Analisis data - Acc	
7				
8				
9				
10				

Rekap Pembimbingan Penyusunan Laporan Tugas Akhir

PEMBIMBING II			Nama	: M. Taufik Qurohman, M.Pd
			NIDN/NUPN	: 0621028701
No	Hari	Tanggal	Uraian	Tandatangan
1			- cek bab I - cek bab II - cek bab III	
2			- cek bab IV dan sistematika penulisan laporan TA	
3			- cek bab IV	
4			- Lengkapi dokumentasi	
5			- cek bab V - kesimpulan	
6			- Bab V ok - kesimpulan	
7			- Acc Laporan TA	
8				
9				
10				