



**UJI KEKUATAN SAMBUNGAN LAS GESEK DENGAN
BAHAN PERPADUAN BAJA ST 41 DAN ST 60**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Tugas Akhir
jenjang Program Diploma Tiga

Disusun oleh :

Nama : Eep Saefulloh Fatah

NIM : 18020048

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

2021

**HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**UJI KEKUATAN SAMBUNGAN LAS GESEK DENGAN BAHAN
PERPADUAN BAJA ST 41 DAN ST 60**

Sebagai salah satu syarat untuk mengikuti ujian Tugas Akhir

Disusun oleh :

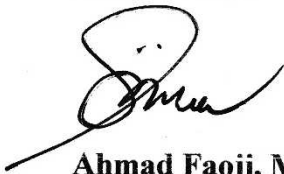
Nama : Eep Saefulloh Fatah

NIM : 18020048

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

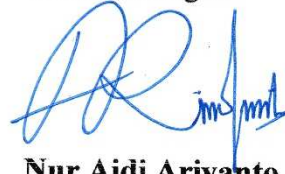
Tegal, 23 Juli 2021

Pembimbing I




Ahmad Faoji, M.T
NUPN. 9906977259

Pembimbing II



Nur Aidi Ariyanto, M.T
NIDN. 0623127906

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 : UJI KEKUATAN SAMBUNGAN LAS GESEK DENGAN
BAHAN PERPADUAN BAJA ST 41 DAN ST 60
Nama : Eep Saefulloh Fatah
NIM : 18020048
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

Ahmad Faoji, M.T
NUPN. 9906977259

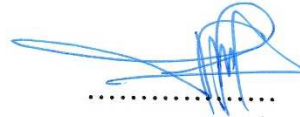
Tanda Tangan



2. Penguji II

Firman Lukman Sanjaya, M.T
NIDN. 0630069202

Tanda Tangan



3. Penguji III

Drs. Agus Supriyadi, M.T
NIDN. 8800650017

Tanda Tangan



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



M. Taufik Ouhrohman, M. Pd
NIPY. 08.015.265

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eep Saefulloh Fatah
NIM : 18020048
Judul Tugas Akhir : Uji Kekuatan Sambungan Las Gesek Dengan Bahan Perpaduan Baja ST 41 Dan ST 60

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini merupakan karya ilmiah hasil pemikiran sendiri secara orisinal 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 acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian 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,



Eep Saefulloh Fatah
NIM. 18020048

**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 : Eep Saefulloh Fatah
NIM : 18020048
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 PERPADUAN BAJA ST 41 BAJA ST 60

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



Eep Saefulloh Fatah
NIM. 18020048

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

**FOKUSLAH PADA DIRI KITA SENDIRI, ENTAH CEPAT ATAU
LAMBAT NAMUN SEMUA AKAN BERLALU DENGAN BAIK.**

Dengan mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa

Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada :

1. Kedua orang tuaku, Bapak Warno dan Ibu Khalimah
2. Kepada keluarga besar
3. Kepada Dosen Politeknik Harapan Bersama
4. Teman-teman seperjuangan.

ABSTRAK

UJI KEKUATAN SAMBUNGAN LAS GESEK DENGAN BAHAN PERPADUAN BAJA ST 41 DAN ST 60

Menyambungkan dua benda dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya adalah metode pengelasan. Pengelasan memiliki beberapa jenis tergantung dari penerapan pada saat proses pengelasan dan juga pada jenis bahan yang digunakan. Pengelasan gesek (*friction welding*) adalah metode penyambungan dengan cara memberikan 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 (*friction welding*) langsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan 100 Psi, waktu 30detik, variasi putaran 2300 Rpm dan 3100 Rpm terhadap kuat tarik hasil pengelasan gesek baja ST 41 dan ST 60. Metode pengujian menggunakan Material ST 41 dan ST 60 yang telah di buat spesimen uji tarik dengan standar ASTM E 8 sebanyak 3 spesimen dari masing-masing Rpm. Pengujian kuat tarik material dilakukan dengan alat uji tarik merek Shimadzu UH-1000 kN. Hasil penelitian pada uji tarik tertinggi sebesar 402,98 N/mm² pada putaran 2300 Rpm dan 413,19 N/mm² pada putaran 3100 Rpm.

Kata kunci : ST 41&ST 60, *friction welding*, Uji Tarik.

ABSTRACT

STRENGTH TEST OF WELDING JOINTS WITH ST 41 AND ST 60 STEEL

Connecting two objects can be done by several methods, one of which is the welding method. Welding has several types depending on the application at the time of the welding process and also on the type of material used. Friction welding is a connection method by providing a pressure method where the two workpieces to be joined are placed in contact and the relative motion is set under pressure, then the friction will generate heat around the contact surface, when it reaches the forging temperature it is given forging pressure. but the welding process is basically greatly influenced by the rotation speed, duration of friction and axial pressure (friction, forging). In this study, direct friction welding was carried out. This study aims to determine the effect of 100 Psi pressure, 30 seconds, 2300 Rpm and 3100 Rpm rotation variations on the tensile strength of ST 41 and ST 60 steel friction welding. The test method uses ST 41 and ST 60 materials which have been made tensile test specimens with ASTM E 8 standard as many as 3 specimens from each Rpm. The tensile strength test of the material was carried out using a Shimadzu UHtensile tester 1000 kN. The highest tensile test results were 237.64 N/mm² at 2300 Rpm and 497.49 N/mm² at 3100 Rpm.

Keywords: *ST 41 & ST 60, friction welding, Tensile test.*

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. Ahmad Faoji, M.T selaku dosen Pembimbing I
3. Nur Aidi Ariyanto, M.T selaku dosen Pembimbing II
4. Bapak, ibu, keluarga dan teman-teman yang telah memberikan do'a dan dukungan 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, 23 Juli 2021



EEP SAEFULLOH FATAH
NIM. 18020048

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
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.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	4
BAB II	6
LANDASAN TEORI	6
2.1 Pengertian Pengelasan	6
2.2 Solid State Welding.....	6
2.3 Las Gesek	8
2.4 Teknik Pengelasan.....	11

2.4.1	<i>Direct-Drive Welding</i>	12
2.5	Faktor Yang Mempengaruhi Las Gesek.....	14
2.5.1	Kecepatan Putaran.....	14
2.5.2	Durasi Gesek	14
2.5.3	Tekanan Aksial.....	15
2.6	Pengujian Kekuatan.....	17
2.6.1	Uji Komposisi	17
2.6.2	Uji Tarik	17
2.7	Material Baja	20
2.7.1	Baja ST 41	21
2.7.2	Baja ST 60.....	22
BAB III	.....	23
METODE PENELITIAN	.....	23
3.1	Diagram Alur Penelitian.....	23
3.2	Alat Dan Bahan	24
3.2.1	Alat.....	24
3.2.2	Bahan.....	28
3.3	Proses Pengujian.....	29
3.3.1	Proses Pengelasan Gesek	29
3.3.2	Hasil Pengelasan.....	35
3.3.3	Pembuatan specimen Uji Tarik	36
3.3.4	Proses Uji Tarik	37
3.4	Metode Pengumpulan Data	37
3.5	Metode Analisis Data	38
BAB IV	.....	39
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	39

4.1	Hasil Pengujian.....	39
4.1.1	Hasil Uji Komposisi.....	39
4.1.2	Hasil uji Tarik	41
4.2	Pembahasan	41
4.2.1	Pembahasan Uji Komposisi	41
4.2.2	Kuat Tarik	42
4.2.3	Kuat Luluh	42
4.2.4	Regangan.....	43
BAB V	.....	45
LENUTUP	.....	45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	.....	47
LAMPIRAN	.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah las (a) pengelasan fusi (b) non fusi.....	7
Gambar 2.2 Mesin Las gesek.....	8
Gambar 2.3 Tahapan Proses Friction Weldin.	9
Gambar 2.4 Skema piston hidrolik	16
Gambar 2.5 Uji Tarik (Wiryosumarto, 2008).	18
Gambar 2.6 Kurva tegangan-regangan. (Wiryosumarto, 2008).....	19
Gambar 2.7 Baja ST 41	21
Gambar 2.8 Baja ST 60.....	22
Gambar 3.1 Diagram alur.....	23
Gambar 3.2 Mesin Las Gesek	24
Gambar 3.3 Meteran/Mistar	25
Gambar 3.4 Jangka Sorong	25
Gambar 3.5 Gerinda Potong.....	26
Gambar 3.6 Stopwach	26
Gambar 3.7 Tachometer.....	27
Gambar 3.8 Barometer.	27
Gambar 3.9 Mesin uji Tarik Shimadzu UH-1000 kN.....	28
Gambar 3.10 Spesimen Baja ST 41	28
Gambar 3.11 Spesimen Baja ST 60	29
Gambar 3.12 Memotong Spesimen.....	30
Gambar 3.13 Meratakan specimen.....	30
Gambar 3.14 Memasang stopkontak.....	31
Gambar 3.15 Memasang Spesimen.....	31
Gambar 3.16 Menyalakan saklar Motor.....	32
Gambar 3.17 Menyalakan Saklar dynamo.	32
Gambar 3.18 memberi Tekanan.....	33
Gambar 3.19 Bertekanan 100 Psi.....	33
Gambar 3.20 Proses Pengelasan.	34
Gambar 3.21 Sambungan las 2300 Rpm.....	35

Gambar 3.22 Sambungan las 3100 Rpm.....	35
Gambar 3.23 Standar ASTM spesimen Uji Tarik.....	36
Gambar 3.24 Spesimen Uji Tarik.....	36
Gambar 4.1 Grafik kuat Tarik.....	42
Gambar 4.2 Grafik kuat luluh.....	43
Gambar 4. 3 Grafik regangan.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi mesin las gesek :	24
Tabel 3. 2 Bentuk pengelasan gesek putaran 2300 rpm.....	29
Tabel 3. 3 Bentuk pengelasan gesek putaran 3100 rpm.....	29
Tabel 3. 4 Bentuk Hasil uji Tarik dari	38
Tabel 4.1 Hasil uji komposisi baja ST 41	39
Tabel 4.2 Hasil uji komposisi baja ST 60	40
Tabel 4.3 Hasil uji Tarik pengelasan 2300 rpm	41
Tabel 4.4 Hasil uji Tarik pengelasan 3100 rpm	41

DAFTAR RUMUS

2.1 Rumus Tekanan I	16
2.2 Rumus Tekanan II	17
2.3 Rumus Tegangan.....	19
2.4 Rumus Regangan I	20
2.5 Rumus Regangan II.....	20
2.6 Rumus Penampang I	20
2.7 Rumus Penampang II	20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil uji Komposisi Baja ST 41	48
Lampiran 2. Hasil Uji Komposisi baja ST 60	49
Lampiran 3. Hasil uji Tarik kecepatan 2300 rpm dan 3100 rpm	50
Lampiran 4. Spesimen hasil uji tarik.....	53
Lampiran 5. Proses pengelasan	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. (Harsono, 1991). 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 berkelanjutan 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 di dapatkan 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 (Putra, 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 “Uji Kekuatan Sambungan Las Gesek dengan bahan Perpaduan Baja ST 41 Dan Baja ST 60”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan yang di bahas dalam laporan ini yaitu bagaimana kekuatan sambungan pengelasan las gesek perpaduan Baja ST 41 dan Baja ST 60?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Hanya mengetahui uji tarik kekuatan hasil pengelasan sambungan las gesek Baja ST 41 dan ST 60.
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 ST 41 dan Baja ST 60 yang banyak dipasaran berdiameter 19 mm.
7. Uji komposisi untuk mengetahui kandungan baja yang akan di gunakan.

1.4 Tujuan

Untuk mengetahui kekuatan sambungan pengelasan las gesek perpaduan Baja ST 41 dan Baja ST 60.

1.5 Manfaat

1. Penulis dapat menambah pengetahuan dan mengembangkan ilmu yang didapat, mahasiswa mampu mendalami ilmu material melalui teknik uji tarik.
2. Dapat mengetahui kekuatan, keuletan, elastisitas, kekakuan dan ketangguhan pada hasil pengelasan las gesek perpaduan Baja ST 41 dan Baja ST 60.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Adapun sistematika penulisan laporan yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab pendahuluan, berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika 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 antara 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 perumusan 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

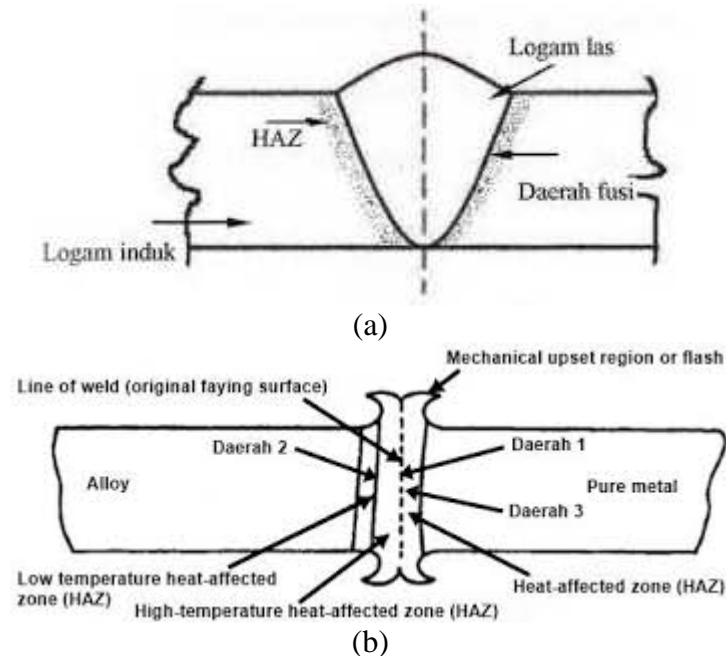
2.1 Pengertian Pengelasan

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. (Satyadianto, 2015).

2.2 Solid State Welding

(*Solid State Welding*) adalah proses yang menghasilkan penggabungan dari permukaan spesimen 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
Setyadianto, (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*).

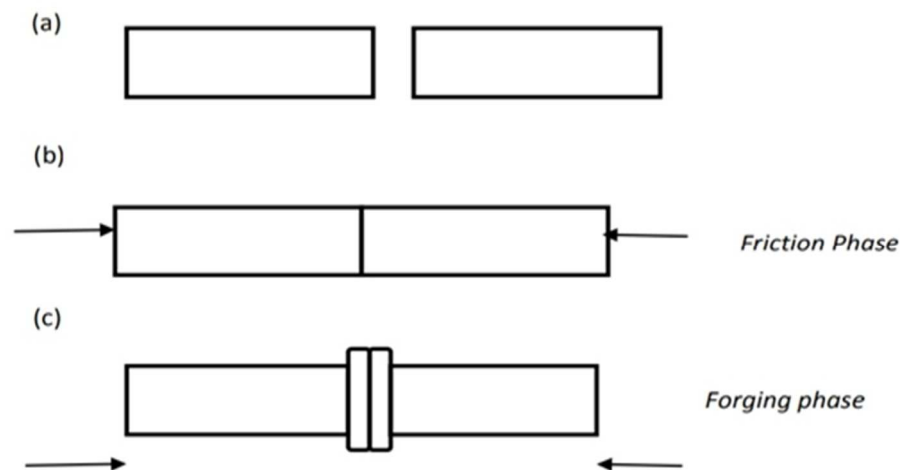
Dalam mekanisme tempa terjadi perbaikan kualitas butiran, porositas menurun dan homogenitas komposisi pada benda kerja, dan semakin tinggi nilai tempa maka perpindahan porositas akan lebih cepat dan menyebabkan kualitas butiran semakin baik. Pada daerah tempa terjadi proses difusi *integrannular* dimana 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. (Satyadianto, 2015)

2.3 Las Gesek



Gambar 2.2 Mesin Las gesek (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 mekeanik 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.(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:

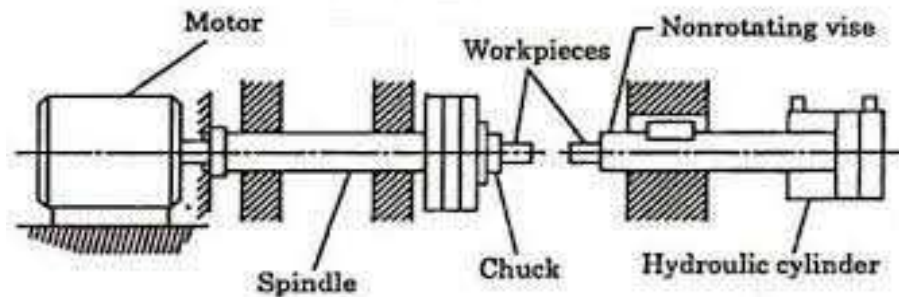
1. Material yang disambung harus memiliki sifat mampu tempa (*forgeability*) yang baik.
2. Mampu menimbulkan gesekan pada interface. Oleh karena itu material yang disambung tidak boleh yang memiliki sifat getas dan memiliki *dry lubrication* seperti besi tuang, keramik dan bahan karbida.

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. (Kalpakjian, 1995).

2.4 Teknik Pengelasan

Cara untuk melaksanakan proses *friction welding*, yaitu dengan cara *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* (ASM Handbook Vol.12,1996).

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. Hubungan di antara variabel-variabel proses ditunjukkan pada Gambar 2.4 dimana kecepatan rotasi aksial dan tekanan awal sebagai fungsi waktu untuk mengelas. 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 dari 75-215 m / min (250 untuk 700 ft / min).

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.

Spindle 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 ketikamencapai 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*. (ASM Handbook Vol.12, 1996)

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 energi

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 energi 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).

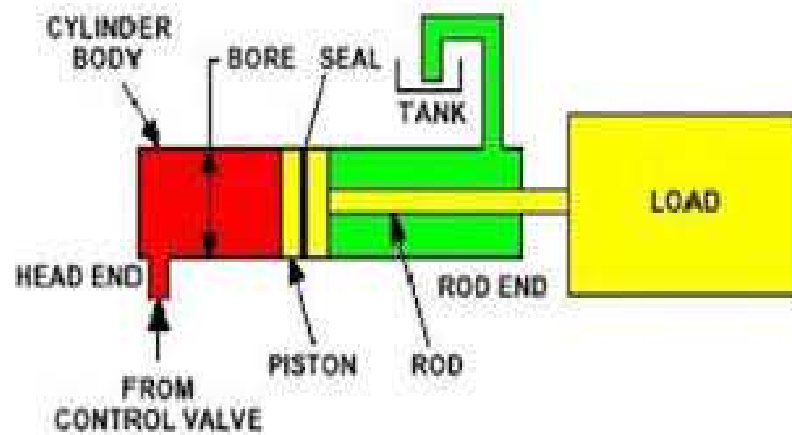
2.5.3 Tekanan Aksial

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 hidraulik yang digunakan dapat menghasilkan tekanan gesek dan tekanan tempa dapat dijelaskan sebagai berikut :

Gaya aksial yang bekerja :



Gambar 2.5 Skema piston hidrolik
(Satyadianto, 2015).

$$\text{Rumus Tekanan I : } F = P \times A \dots \dots \dots (2.1)$$

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 :

$$\text{Rumus Tekanan II : } P = F \cdot A \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

P : Tekanan Benda Kerja (N/m)

F : Gaya Aksial (N)

A' : Luas Permukaan Benda Kerja (m)

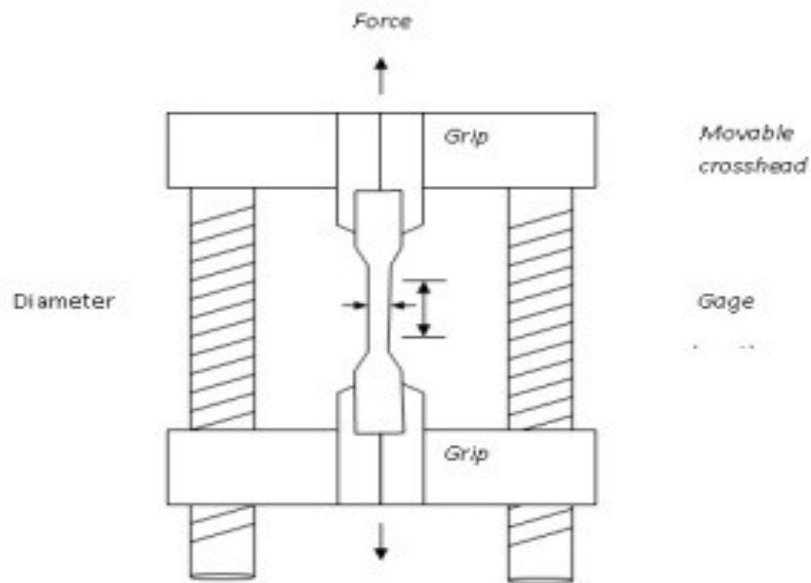
2.6 Pengujian Kekuatan

2.6.1 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 data. bahan merupakan baja karbon rendah mendekati sedang dengan unsur perbaikan tahan korosi. (Suprijanto, 2013).

2.6.2 Uji Tarik

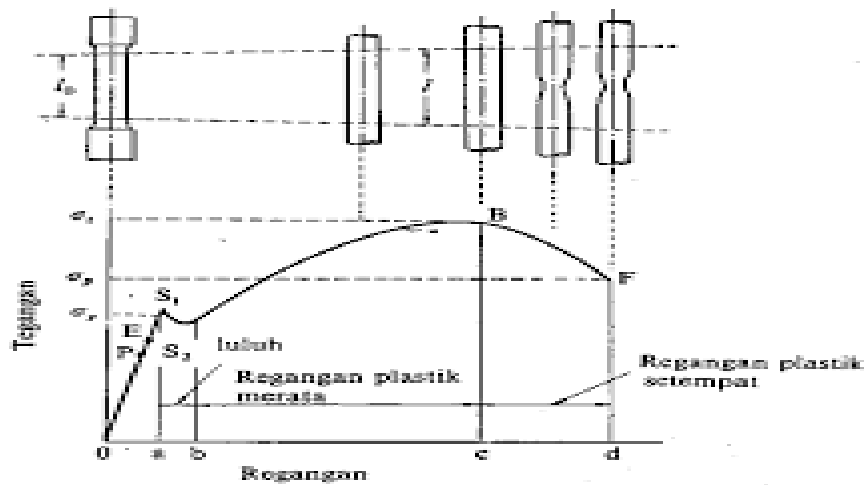
Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw material. Pengujian Tarik untuk kualitas kekuatan tarik 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 (Wiryosumarto, 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 (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.7 Kurva tegangan-regangan. (Wirjosumarto, 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.

$$\text{Rumus Regangan I : } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\text{Rumus Regangan II : } \varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

ε = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

L_0 = Panjang awal (mm)

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

$$\text{Rumus Penampang I : } q = \frac{A}{A_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\text{Rumus Penampang II : } q = \frac{A_0-A}{A_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

q = Reduksi penampang (%)

A_0 = Luas penampang mula (mm²)

A_1 = Luas penampang akhir (mm²)

2.7 Material Baja

Menurut (Furqon, 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 41

Baja ST 41 adalah salah satu dari baja karbon rendah. Bahan ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,20%. Baja karbon rendah sering digunakan dalam komponen mesin-mesin industri seperti gear, rantai, skrup dan poros. Selain itu juga baja ST 41 juga digunakan sebagai handle rem sepeda motor, bodi mobil, pipa saluran, konstruksi jembatan, rivet. Baja ST 41 juga merupakan baja struktur sifat-sifat yang dimiliki oleh baja ST 41 mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, mempunyai nilai kekerasan yang cukup, stabilitas dimensi yang baik.



Gambar 2.8 Baja ST 41
(Dokumentasi 2021)

2.7.2 Baja ST 60

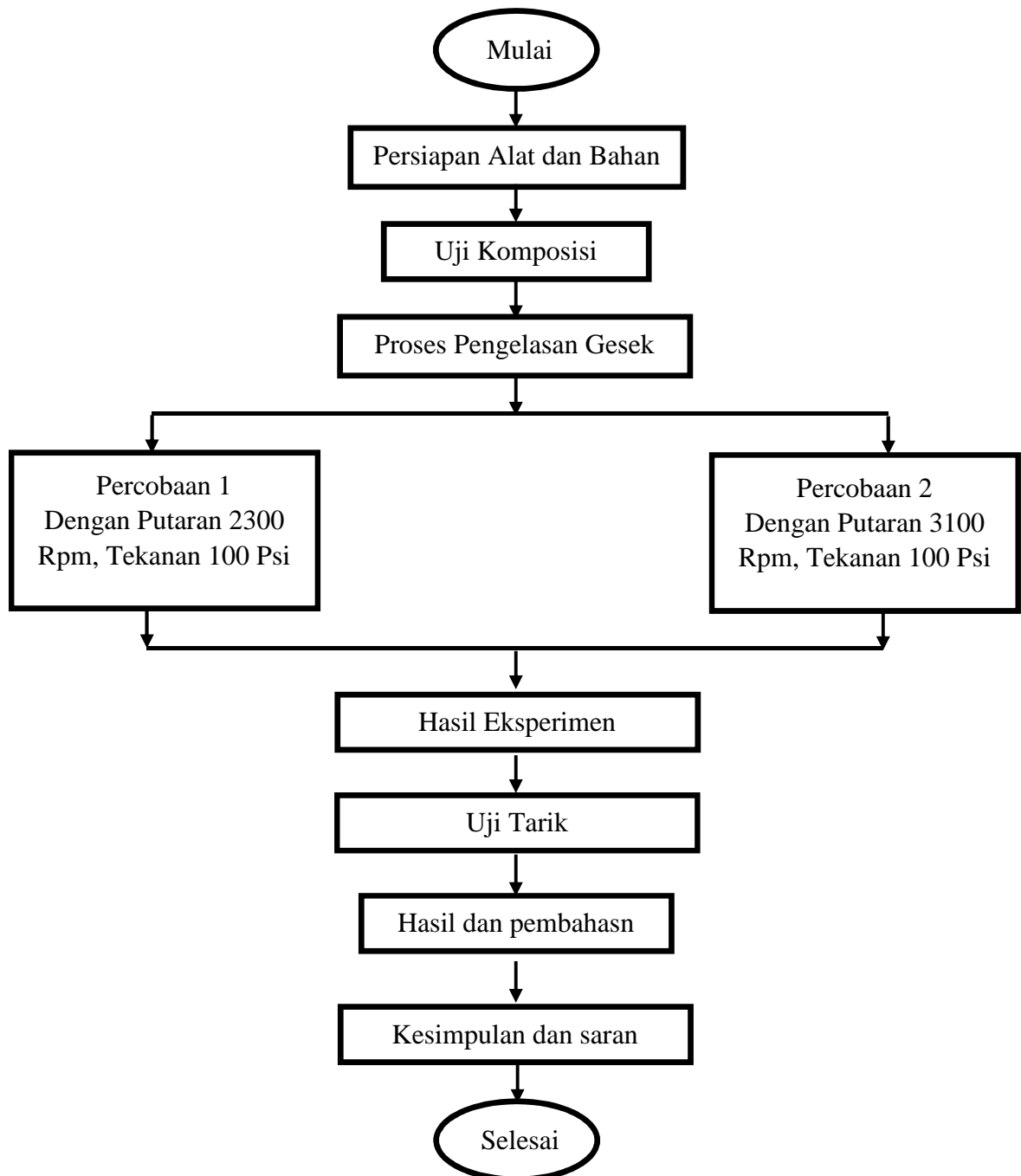
Baja St 60 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon sedang dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C dengan titik didih 1550 °C dan titik lebur 2900 °C, disebut juga baja keras, banyak sekali digunakan untuk tangki, perkapalan, jembatan, dan dalam permesinan. Baja karbon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



Gambar 2.9 Baja ST 60
(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



Gambar 3.2 Mesin Las Gesek
(Dokumentasi 2021)

Tabel 3. 1 Spesisfikasi mesin las gesek :

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 : ¼ 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

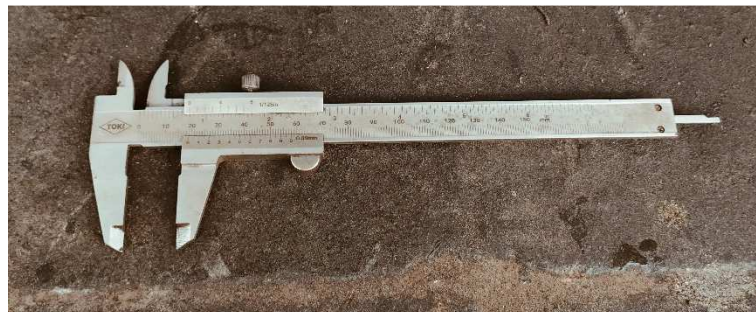
Alat yang digunakan untuk mengukur Panjang specimen benda.



Gambar 3.3 Meteran/Mistar
(Dokumentasi 2021)

3. Jangka sorong

Alat yang digunakan untuk mengukur diameter specimen.



Gambar 3.4 Jangka Sorong
(Dokumentasi 2021)

4. Gerinda potong

Alat yang digunakan untuk memotong specimen yang akan di uji.



Gambar 3.5 Gerinda Potong
(Dokumentasi 2021)

5. Stopwatch

Digunakan untuk menghitung durasi tekanan pada saat pengelasan.



Gambar 3.6 stopwach

6. Tachometer

Alat ini digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros. Dalam Tugas Akhir ini alat ini digunakan untuk mengetahui rpm pada spindel yang berputar.



Gambar 3.7 Tachometer
(Dokumentasi 2021)

7. Barometer

Digunakan untuk mengukur tekanan hidrolis pada saat penekanan dilakukan.



Gambar 3.8 Barometer.
(Dokumentasi 2021)

8. Mesin uji Tarik

Digunakan untuk menguji kekuatan sambungan pengelasan.



Gambar 3.9 Mesin uji Tarik Shimadzu UH-1000 kN
(Dokumentasi 2021)

3.2.2 Bahan

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

1. Baja ST 41



Gambar 3.10 Spesimen Baja ST 41
(Dokumentasi 2021)

2. Baja ST 60



Gambar 3.11 Spesimen Baja ST 60
(Dokumentasi 2021)

3.3 Proses Pengujian

3.3.1 Proses Pengelasan Gesek

Tabel 3. 2 Bentuk pengelasan gesek putaran 2300 rpm.

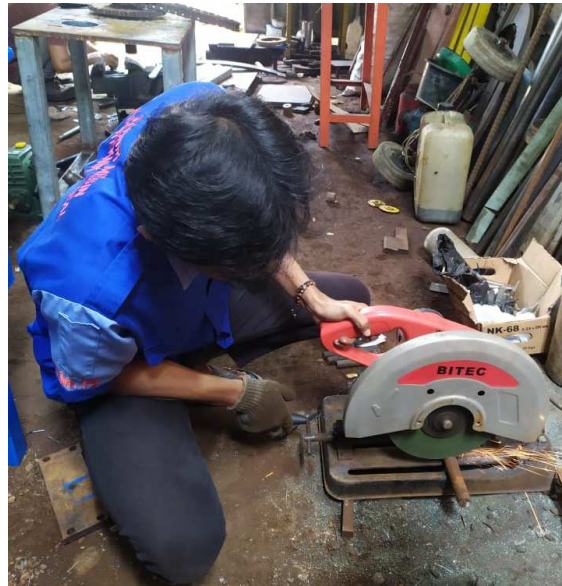
Percobaan	Panjang (mm)	Diameter (mm)	Kecepatan (rpm)	Tekanan (Psi)	Waktu
I	150	19	2300	100	30 detik
II	150	19	2300	100	30 detik
III	150	19	2300	100	30 detik

Tabel 3. 3 Bentuk pengelasan gesek putaran 3100 rpm.

Percobaan	Panjang (mm)	Diameter (mm)	Kecepatan (rpm)	Tekanan (Psi)	Waktu
I	150	19	3100	100	30 detik
II	150	19	3100	100	30 detik
III	150	19	3100	100	30 detik

Adapun tahapan langkah-langkah dalam melakukan proses *friction welding* adalah sebagai berikut :

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



Gambar 3.12 Memotong Spesimen
(Dokumentasi 2021)

2. Meratakan permukaan yang akan disambung dengan mesin bubut.



Gambar 3.13 Meratakan spesimen.
(Dokumentasi 2021)

3. Kemudian pasang stopkontak



Gambar 3.14 Memasang stopkontak.
(Dokumentasi 2021)

4. Memasang specimen pada kedua penjepit/pencekam



Gambar 3.15 Memasang Spesimen.
(Dokumentasi 2021)

5. Menghidupkan mesin sehingga benda kerja berputar dan salah satunya menahan.



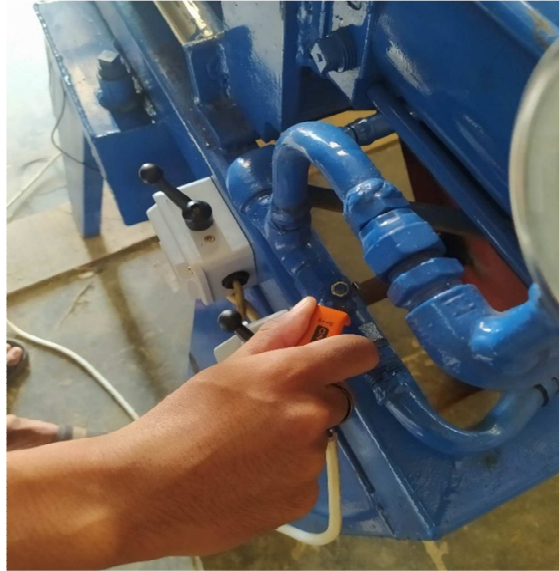
Gambar 3.16 Menyalakan saklar Motor.
(Dokumentasi 2021)

6. Menyalakan saklar dynamo hidrolik



Gambar 3.17 Menyalakan Saklar dynamo.
(Dokumentasi 2021)

7. Memberikan penekanan hidrolik pada benda kerja dengan menutup tuas hidrolik perlahan/berskala.



Gambar 3.18 memberi Tekanan.
(Dokumentasi 2021)

8. Sampai bertekanan 100 psi pada barometer.



Gambar 3.19 Bertekanan 100 Psi.
(Dokumentasi 2021)

9. Proses pengelasan saat bertekanan 100 Psi



Gambar 3.20 Proses Pengelasan.
(Dokumentasi 2021)

10. Pada saat waktu selesai beri tekanan lanjut bersamaan mematikan saklas dynamo mesin.
11. Melepas benda yang disambung dari kedua cekam saat benda sudah dingin.

3.3.2 Hasil Pengelasan

Setelah melakukan pengelasan selesai dengan masing – masing rpm berbeda sebanyak tiga kali percobaan menghasilkan sambungan las.



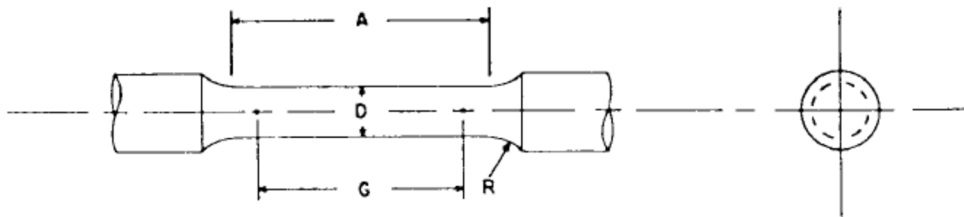
Gambar 3.21 Sambungan las 2300 Rpm.
(Dokumentasi 2021)



Gambar 3.22 Sambungan las 3100 Rpm.
(Dokumentasi 2021)

3.3.3 Pembuatan specimen Uji Tarik

Pembuatan spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM E8, baja yang digunakan dengan panjang 30cm, berdiameter 19mm.



Gambar 3.23 Standar ASTM spesimen Uji Tarik.

Keterangan :

A = 75 mm

D = 12.50 mm

G = 62,5 mm

R = 10 mm



Gambar 3.24 Spesimen Uji Tarik.
(Dokumentasi 2021)

3.3.4 Proses Uji 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.

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.

Tabel 3. 4 Bentuk Hasil uji Tarik dari

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji I	Hasil Uji II	Hasil Uji III	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 dianalisa untuk menentukan variasi kecepatan putaran yang paling baik terhadap mesin las gesek dari hasil pengelasannya. Pada pengujian pertama menggunakan 2300 rpm 3 kali pengujian yang bertekanan 100 Psi.

Pada pengujian kedua menggunakan kecepatan rpm 3100 tiga kali percobaan yang bertekanan 100 psi juga, dengan durasi waktu 30 detik. Disetiap perbedaan kecepatan mengambil data masing-masing agar mudah melihat hasil analisa.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

4.1 Hasil Pengujian

4.1.1 Hasil Uji Komposisi

Baja ST 41 termasuk termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,20% C.

Tabel 4.1 Hasil uji komposisi baja ST 41

No	Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
1	Fe	Balance	Balance
2	C	0,096	-
3	Si	0,102	-
4	Mn	0,839	-
5	P	0,107	-
6	S	-	-
7	Cr	0,010	-
8	Ni	0,28	-
9	Mo	0,010	-
10	Cu	0,017	-
11	Al	0,0064	-
12	V	0,010	-
13	W	0,100	-
14	Co	0,0050	-

15	Nb	0,0050	-
16	Ti	0,0030	-
17	Mg	0,0055	-

Baja ST 60 termasuk baja karbon sedang dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59%.

Tabel 4.2 Hasil uji komposisi baja ST 60

No	Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
1	Fe	Balance	Balance
2	C	0,448	-
3	Si	0,215	-
4	Mn	0,691	-
5	P	0,100	-
6	S	-	-
7	Cr	0,031	-
8	Ni	0,018	-
9	Mo	0,010	-
10	Cu	0,018	-
11	Al	0,037	-
12	V	0,010	-
13	W	0,100	-
14	Co	0,0050	-
15	Nb	0,0050	-
16	Ti	0,00740	-
17	Mg	0,0051	-

4.1.2 Hasil uji Tarik

Tabel 4.3 Hasil uji Tarik pengelasan 2300 rpm

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji I	Hasil Uji II	Hasil Uji III	Rata-rata
Diameter	Mm	11,98	11,97	12,19	12,04
Kuat Tarik	N/mm ²	226,78	350,18	402,98	326,64
Kuat Luluh	N/mm ²	185,75	287,70	368'18	280,54
Regangan	%	1,26	2,1	3,12	2,16
Keterangan	-	Putus di daerah las	Putus di daerah las	Putus di daerah las	Putus di daerah las

Tabel 4. 4 Hasil uji Tarik pengelasan 3100 rpm

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji I	Hasil Uji II	Hasil Uji III	Rata-rata
Diameter	Mm	12,49	12,26	12,32	12,35
Kuat Tarik	N/mm ²	413,19	275,57	265,81	318,19
Kuat Luluh	N/mm ²	290,76	226,07	239,86	252,23
Regangan	%	8,7	1,54	1,04	3,76
Keterangan	-	Putus di daerah las	Putus di daerah las	Putus di daerah las	Putus di daerah las

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pembahasan Uji Komposisi

Dalam pengujian bahan ST 41 dan ST 60 menggunakan uji komposisi pada baja ST 41 menghasilkan kadar karbon 0,096% C. Hasil ini menunjukkan bahwa material uji ini adalah material baja karbon rendah sedangkan pada baja ST 60 menghasilkan kadar karbon 0,448% C. hasil ini menunjukkan bahwa material uji ini adalah material baja karbon sedang.

4.2.2 Kuat Tarik

Kuat Tarik adalah tegangan maksimum yang bias ditahan oleh sebuah benda/material ketika diregangkan atau ditarik. Berikut hasil uji kuat Tarik sambungan las gesek menggunakan baja ST 41 dan ST 60.

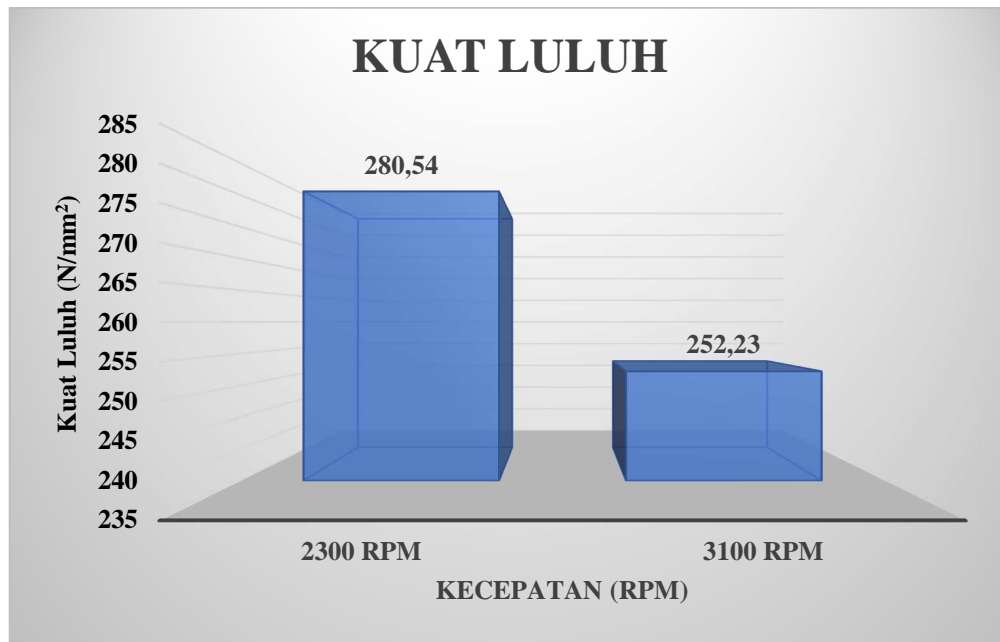


Gambar 4.1 Grafik kuat Tarik.

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan mesin semakin rendah pula kekuatan Tarik sambungan las tersebut. Kuat Tarik tertinggi terjadi pada kecepatan 2300 rpm sebesar 326,64 N/mm².

4.2.3 Kuat Luluh

Kuat luluh adalah tegangan minimum ketika suatu material kehilangan sifat elastisitasnya. Berikut hasil uji kuat luluh sambungan las gesek menggunakan baja ST 41 dan ST 60.

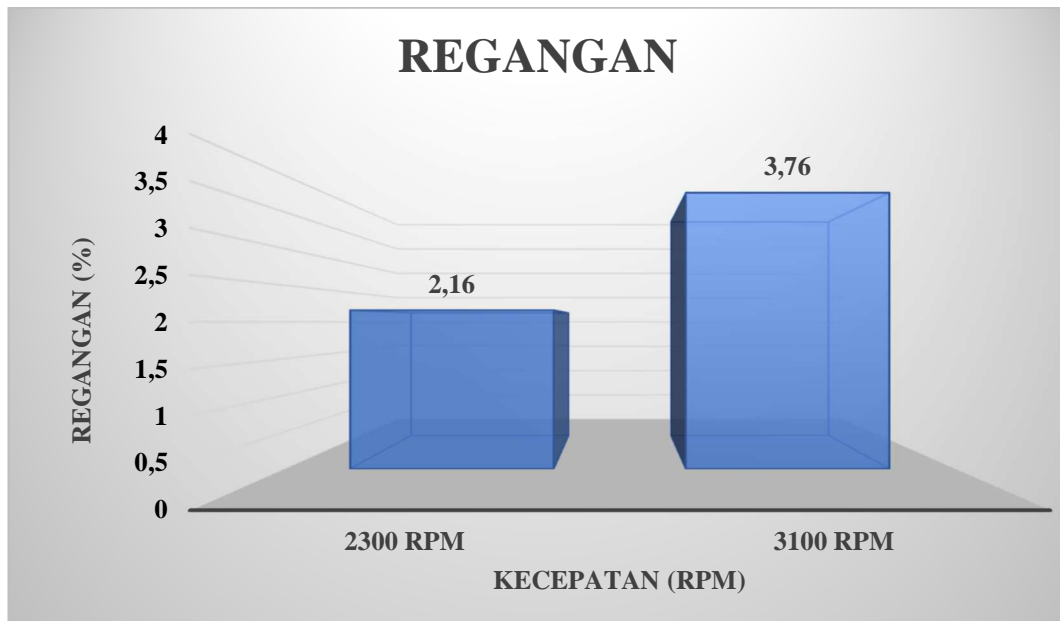


Gambar 4.2 Grafik kuat luluh.

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan mesin semakin rendah pula kekuatan Luluh sambungan las tersebut. Kuat luluh tertinggi terjadi pada kecepatan 2300 rpm sebesar 280,54 N/mm².

4.2.4 Regangan

Regangan adalah pertambahan Panjang suatu benda terhadap Panjang mula-mula yang disebabkan adanya gaya Tarik. Berikut hasil uji regangan sambungan las gesek menggunakan baja ST 41 dan ST 60.



Gambar 4.3 Grafik regangan.

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan mesin semakin tinggi pula regangan sambungan las tersebut. Regangan tertinggi terjadi pada kecepatan 3100 rpm sebesar 3,76%.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian pengelasan gesek material baja ST 41 dan baja ST 60 dapat disimpulkan bahwa pengelasan gesek beda jenis bahan menghasilkan kekuatan Tarik yang berbeda, pada pengujian dengan kecepatan 2300 rpm bertekanan 100 Psi berdurasi 30 detik menghasilkan kuat Tarik 326,64 N/mm² lebih rendah dibandingkan dengan kuat Tarik baja ST 41 yaitu sebesar 414,54 N/mm². Sedangkan dengan kecepatan 3100 rpm bertekanan 100 Psi berdurasi 30 detik menghasilkan kuat Tarik sebesar 318,19 N/mm² lebih rendah dibandingkan dengan kuat Tarik Baja ST 60 yaitu sebesar 761 N/mm²

5.2 Saran

Dari hasil Analisa hasil pengelasan gesek ada beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Sebelum melakukan penyambungan/pengelasan pastikan permukaan yang akan di sambung diratakan terlebih dahulu agar simetri dan pengelasan menghasilkan yang bagus.
2. Pastikan bahwa benda yang akan di sambung sudah simetri agar pengelasan lebih cepat.
3. Pada saat memberikan tekanan pastikan jangan sampai berlebihan agar mesin tidak berhenti.

4. Pada system hidrolik sebaiknya di beri chek valve agar pada saat pengereman penahan tidak kembali/mundur secara perlahan.
5. Dalam proses pengelasan belum ditemukan cara yang lebih bagus untuk mendapatkan kekuatan Tarik yang melebihi karakteristik dari baja ST 41 dan ST 60.

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. (2011). Makalah Tahapan Pengujian Tarik Bahan. *Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*.
- Gusti Rusydi, M. F. (2016 : Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari). ANALISA UJI KEKERASAN PADA POROS BAJA ST 60 DENGAN MEDIA PENDINGIN YANG BERBEDA.
- Handbook, A. (1996). *Welding and Brazing Vol.12*.
- Hasan. (2018 : Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang). Pengaruh Variasi Beban Pada Pengelasan Gesek (Friction Welding) Terhadap Kekuatan Tarik Pada Sambungan Poros Baja St 41.
- Kalpakjian, S. (1995). *Manufacturing Processes for Engineering and Technology. addison wesley publishing company*.
- Setyadianto, D. (2015 : Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya). Pengaruh Variasi Tekanan Gesek, Tekanan Tempa Dan Durasi Gesek Terhadap Kekuatan Impact Pada Sambungan Las Gesek (Friction Welding) Dengan Menggunakan Baja Paduan Aisi 4140.
- Wirjosumarto, H. (1991). *Teknik Pengelasan Logam*.
- Wirjosumarto, H. (2000). *Teknik Pengelasan Logam. Erlangga, Jakarta*.
- Wirjosumarto, H. (2008 : PT Balai Pustaka (Persero)). *Teknik Pengelasan Logam*.

LAMPIRAN

A. Sertifikat Uji Komposisi Baja ST 41

ANALISA KOMPOSISI KIMIA
CHEMICAL COMPOSITION

Nomor : 052/LAB/PL/VI/2021
Tanggal : 28 Juni 2021

Pemakai : Eep Saefulloh Fatah
Customer

Bahan : Sample Rod
Material

Mesin : ARL Optic Emission Spectrometer
Machine Switzerland QTD - 127

Obyek : ST 41
Object


I. Chemical Composition

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	Balance	Balance
C	0,096	-
Si	0,102	-
Mn	0,389	-
P	0,107	-
S	-	-
Cr	0,010	-
Ni	0,028	-
Mo	0,010	-
Cu	0,017	-
Al	0,0064	-
V	0,010	-
W	0,100	-
Co	0,0050	-
Nb	0,0050	-
Ti	0,0030	-
Mg	0,0055	-

II. Mecanical Properties


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

Diperiksa/ Disetujui oleh
Checked/Approved by



Lampiran 1. Hasil uji Komposisi Baja ST 41

C. Sertifikat Uji Tarik percobaan I putaran 2300 rpm dan putaran 3100 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.tegakab.go.id

LAPORAN UJI TARIK

Laporan No. : 07/2021.263/UTM/83	Benda Uji : Sesuai ASTM
Pemakai Jasa : EEP SAEFULLAH FATAH	Objek uji : BAJA ST 60 + BAJA ST 41
Alamat : Politeknik Harapan Bersama	Metode Uji : JIS Z 2241: 2011
Suhu : 23 °C	Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNf
Tgl. Terima : 8 Juli 2021	Jml. Specimen : 2 Pc
Tgl. Pengujian : 8 Juli 2021	Halaman : 1 dari 3

HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	83.1	Diameter	mm	12,49
		Kuat Tarik	N/mm ²	413,19
		Kuat Luluh	N/mm ²	290,76
		Regangan	%	8,7
		Keterangan	-	Putus di daerah las
2.	83.2	Diameter	mm	11,98
		Kuat Tarik	N/mm ²	226,78
		Kuat Luluh	N/mm ²	185,75
		Regangan	%	1,26
		Keterangan	-	Putus di daerah las




Tegal, 8 Juli 2021
Manager Teknis
Eko Supriyanto, ST
NIP. 197412312006041093

PERIHALAN:
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji.
2. Tidak dipertanggungjawabkan oleh lembaga ini mengenai pengujian ini kecuali seluruhnya a. tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal

Lampiran 3. Hasil uji Tarik kecepatan 2300 rpm dan 3100 rpm

D. Sertifikat hasil uji Tarik sambungan kecepatan 2300 rpm.



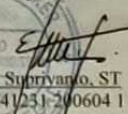
DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL
UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN
Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id

LAPORAN UJI TARIK

Laporan No. : 07/2021.288/UTM/99	Benda Uji : Sesuai ASTM	Objek uji : BAJA ST 60 + BAJA ST 41
Pemakai Jasa : EEP SAEFULLAH FATAH		2300 Rpm
Alamat : Politeknik Harapan Bersama	Metode Uji : JIS Z 2241: 2011	
Suhu : 22 °C	Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI	
Tgl. Terima : 16 Juli 2021	Jml. Specimen : 2 Pc	
Tgl. Pengujian : 16 Juli 2021	Halaman : 1 dari 3	


HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	99.1	Diameter	mm	11,97
		Kuat Tarik	N/mm ²	350,18
		Kuat Luluh	N/mm ²	287,70
		Regangan	%	2,1
		Keterangan	Putus di daerah las	
2.	99.2	Diameter	mm	12,19
		Kuat Tarik	N/mm ²	402,98
		Kuat Luluh	N/mm ²	368,18
		Regangan	%	3,12
		Keterangan	Putus di daerah las	

Tegal, 19 Juli 2021
Manajer Teknis

Eko Supriyanto, ST
NIP. 19741231-200604 1 093

PERHATIAN :
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
2. Tidak dipergunakan untuk pengambilan laporan pengujian ini kecuali sebelumnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal

E. Sertifikat hasil uji Tarik sambungan kecepatan 3100 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. : 07/2021.288/UTM/99	Benda Uji : Sesuai ASTM
Pemakai Jasa : EEP SAEFULLAH FATAH	Objek uji : BAJA ST 60 + BAJA ST 41 3100 Rpm
Alamat : Politeknik Harapan Bersama	Metode Uji : JIS Z 2241: 2011
Suhu : 22 °C	Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI
Tgl. Terima : 16 Juli 2021	Jml. Specimen : 2 Pc
Tgl. Pengujian : 16 Juli 2021	Halaman : 1 dari 3

HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	99.3	Diameter	mm	12,26
		Kuat Tarik	N/mm ²	275,57
		Kuat Luluh	N/mm ²	226,07
		Regangan	%	1,54
		Keterangan	Putus di daerah las	
2.	99.4	Diameter	mm	12,32
		Kuat Tarik	N/mm ²	265,81
		Kuat Luluh	N/mm ²	239,86
		Regangan	%	1,04
		Keterangan	Putus di daerah las	

Tegal, 19 Juli 2021
Manajer Teknis

Eko Supriyanto, ST
NIP. 19747231-200604 1 093



PERHATIAN :
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
2. Tidak dipertanggungjawabkan mengenai pengujian ini kecuali sebaliknya sama persis dengan semula dari UPTD Laboratorium Perindustrian Kabupaten Tegal

F. Hasil Uji Tarik spesimen las gesek putaran 2300 rpm



Lampiran 4. Spesimen hasil uji tarik

G. Proses Pengelasan



Lampiran 5. Proses pengelasan

LEMBAR PEMBIMBINGAN TUGAS AKHIR



NAMA : Eep Saefulloh Fatah

NIM : 18020048

Produk Tugas Akhir : Las Gesek

Judul Tugas Akhir : Uji Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Gesek Dengan










Bahan Perpaduan Baja ST 41 Dan 60

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN







POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA

2021

Rekap Pembimbingan Penyusunan Proposal Tugas Akhir

PEMBIMBING I			Nama Pembimbing :	Ahmad Faoji, M.T
			NIDN/NUPN :	9906977259
No	Hari	Tanggal	Uraian	Tanda tangan
1			- Bab I - Bab II - Bab III	
2			- Cek bab IV dan sistematika penulisan laporan tugas Akhir	
3			- Bab IV	
4			- Bab IV, melengkapi dokumentasi dll	
5			- Bab V	
6			- Bab V - kesimpulan - Saran	
7			- Hasil data	
8			- Bab V selesai	
9			<u>Atc Faoji T.A.</u>	
10				

Rekap Pembimbingan Penyusunan Laporan Tugas Akhir

PEMBIMBING II			Nama	: Nur Aidi Ariyanto, M.T
			NIDN/NUPN	: 0623127906
No	Hari	Tanggal	Uraian	Tandatangan
1			- Judul - Latar belakang	
2			- pumusan masalah - Batasan masalah - Tujuan dan manfaat	
3			- landasan teori - tinjauan pustaka	
4			- penulisan laporan tugas akhir.	
5			- metode penelitian. - metode pengam brian data - metode analisa data	
6			- Acc laporan TA.	
7				
8				
9				
10				