



**UJI TARIK KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS
GESEK BAJA ST 41**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Melaksanakan Tugas Akhir
Jenjang Program Diploma Tiga

Disusun Oleh :

Nama : Akhmad Fauzi

NIM : 18020045

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

**HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**UJI TARIK KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS GESEK
BAJA ST 41**

Sebagai salah satu syarat melaksanakan tugas akhir jenjang studi diploma tiga

Disusun Oleh :

Nama : Akhmad Fauzi

NIM : 18020045

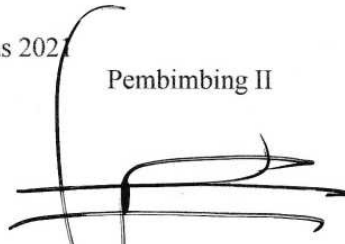
Tegal, 03 Agustus 2021

Pembimbing I



Nur Aidi Ariyanto, M.T
NIDN. 0623127906

Pembimbing II



M. Taufik Qurohman, M. Pd
NIDN. 0621028701

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



M. Taufik Qurohman, M. Pd
NIPY. 08.015.265

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : UJI TARIK KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS
GESEK BAJA ST41

Nama : Akhmad Fauzi

NIM : 18020045

Program studi : DIII Teknik Mesin

Jenjang : Diploma Tiga (DIII)

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

1. Penguji I

Tanda tangan

Nur Aidi Ariyanto, M.T
NIDN. 0623127906



2. Penguji II

Tanda tangan

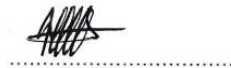
Faqih Fatkhurrozak, M.T
NIDN. 0616079002



3. Penguji III

Tanda tangan

Amin Nur Akhmadi, M.T
NIDN. 0622048302



Mengetahui,
Ketua program studi DIII Teknik Mesin
Politeknik Harapan Bersama



M. Taufiq Ouhman, M.Pd
NIPY. 08.015.265

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Akhmad Fauzi

NIM : 18020045

Judul Tugas Akhir : Uji Tarik Kekuatan Sambungan Pengelasan Las
Gesek Baja ST 41

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 acu 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, 03 Agustus 2021
Yang membuat pernyataan,



Akhmad Fauzi
NIM. 18020045

**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 Fauzi
NIM : 18020045
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 TARIK KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS GESEK BAJA ST 41

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 : 03 Agustus 2021

Yang menyatakan



Akhmad Fauzi
NIM. 18020045

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Kamu tidak bisa kembali dan mengubah masa lalu, maka dari itu tataplah masa depan dan jangan buat kesalahan yang sama dua kali.

Kupersembahkan untuk :

- Keluarga tercinta
- Dosen Jurusan Teknik Mesin
- Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin
- Teman hobi kicau mania

ABSTRAK

UJI TARIK KEKUATAN SAMBUNGAN PENGELASAN LAS GESEK BAJA ST41

Disusun oleh :

Nama : Akhmad Fauzi

NIM : 18020040

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. Dalam penelitian ini dilakukan pengelasan gesek langsung. Proses yang dilakukan adalah dengan memvariasikan kecepatan putaran gesek yang digunakan sebesar 2300rpm, 3100rpm, tekanan gesek 100Psi dan dalam durasi waktu yang sama 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 3100rpm, tekanan gesek 100Psi dan durasi waktu 30 detik yaitu untuk kuat tarik sebesar 401,36 N/mm², kuat luluh 308,93 N/mm², regangan 12,42N/mm² putus di luar lasan. Kekuatan tarik terendah pada putaran gesek 2100rpm, tekanan gesek 100Psi dan durasi waktu 30detik menghasilkan kekuatan tarik yaitu sebesar 350,50 N/mm², kuat luluh 252,23 N/mm², regangan 11,92 N/mm². Perubahan kecepatan gesek, durasi gesek dan tekanan gesek mempengaruhi hasil pengelasan gesek yang berbeda dan mempengaruhi kekuatan uji tarik yang berbeda.

Kata kunci: Baja ST 41, kekuatan sambungan, tekanan gesek, durasi tekanan, uji tarik.

ABSTRAC

TENSIL STRENGTH TEST OF ST41 STEEL FRICTION WELDING JOINTS

Arranged by :

Name : Akhmad Fauzi

ID Number : 18020045

Friction welding is a welding technique by utilizing the heat generated by friction. The surfaces of the two materials to be joined, one rotating and the other stationary, are brought into contact by a compressive force. Friction on the two contact surfaces is carried out continuously so that the heat generated by continuous friction will continue to increase. With the compressive force and heat on both surfaces until the meeting of the two materials reaches the melting temperature, a welding process occurs. 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 30 seconds to a certain temperature. The effects of frictional pressure, frictional speed, and friction time duration on the workpiece were analyzed by means of a tensile test. From this study, the highest tensile strength was obtained at 3100 rpm, frictional pressure of 100 PSI and time duration of 30 seconds, namely for tensile strength of 401.36 N/mm² yield strength of 308.93 N/mm², strain of 12.42 N/mm² at break outside the weld. The lowest tensile strength at frictional rotation of 2100rpm, frictional pressure of 100Psi and a duration of 30 seconds produces a tensile strength of 350.50 N/mm², yield strength 252.23 N/mm², strain 11.92 N/mm². Changes in friction speed, duration of friction and frictional pressure affect different friction welding results and affect different tensile test strengths.

Keywords: *ST41 steel, joint strength, frictional stress, duration of pressure, tensile test.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran 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 Qurohman, 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, 03 Agustus 2021



Akhmad Fauzi

NIM. 18020045

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRAC	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
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	4
BAB II	6
LANDASAN TEORI	6
2.1 Pengertian Pengelasan	6
2.2 <i>Solid State Welding</i>	7

2.3	Las Gesek	9
2.4	Teknik Pengelasan.....	12
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	15
2.5.3	Tekanan Aksial.....	16
2.6	Pengujian Kekuatan.....	17
2.6.1	Uji Tarik	17
2.6.2	Uji Komposisi	20
2.7	Material Baja	21
2.7.1	Baja ST 41	21
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.....	29
3.3	Proses Pengujian.....	29
3.3.1	Langkah pengelasan las gesek	29
3.3.2	Hasil Pengelasan	35
3.3.3	Spesimen Pengujian Tarik.....	35
4.3.4	Langkah – Langkah Pengujian Tarik.....	36
4.3.5	Hasil Pengujian Tarik.....	37
4.4	Metode Pengumpulan Data	37
4.1	Perencanaan Hasil Uji Tarik	38
4.5	Metode Analisis Data	38
BAB IV		39
HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Karakteristik baja ST41	39
4.2	Hasil Uji Komposisi	39

4.3 Hasil Pengujian Tarik.....	40
BAB V.....	40
PENUTUP.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah las (a) pengelasan fusi (b) non fusi	7
Gambar 2.2 Mesin las gesek	9
Gambar 2.3 Tahapan Proses Friction Weldin.	10
Gambar 2.4 Friction Welding dengan cara Direct-Drive Welding	12
Gambar 2.5 Skema piston hidrolik	16
Gambar 2.6 Uji Tarik	18
Gambar 2.7 Kurva tegangan-regangan.	19
Gambar 2.8 Baja ST41.....	22
Gambar 3.1 Diagram alur peneletian.....	23
Gambar 3.2 Mesin las gesek	24
Gambar 3.3 Meteran.....	25
Gambar 3.4 Jangka sorong	26
Gambar 3.5 Gerinda potong	26
Gambar 3.6 Stopwatch	27
Gambar 3.7 Tachometer.....	27
Gambar 3.8 Barometer	28
Gambar 3.9 Mesin uji tarik	28
Gambar 3.10 Baja ST41	29
Gambar 3.11 Mengukur dan memotong benda kerja.....	30
Gambar 3.12 Meratakan benda kerja pada mesin bubut.....	30
Gambar 3.13 Menyalakan ke rol.....	31
Gambar 3.14 Menyeting las gesek	31
Gambar 3.15 Memasang benda kerja.....	32
Gambar 3.16 Menyalakan saklar utama.....	32
Gambar 3.17 Pengereman hidrolik atau menutup.....	33
Gambar 3.18 Benda kerja yang sudah dilas gesek.....	33
Gambar 3.19 Mengangkat benda kerja	34
Gambar 3.20 Melepas benda kerja.....	34
Gambar 3.21 Hasil pengelasan rpm 2300 dan rpm 3100.....	35

Gambar 3.22 Benda spesimen.....	36
Gambar 3.23 Hasil pengujian tarik rpm 2300.....	37
Gambar 3.24 Hasil pengujian tarik rpm 3100.....	37
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Tarik.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi mesin las gesek	24
Tabel 3.2 Spesifikasi mesin hidrolik.....	25
Tabel 3.3 Bentuk tabel hasil uji tarik	38
Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Baja ST41	40
Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik Baja ST41 Kecepatan 2300rpm	41
Tabel 4.3 Hasil Uji Tarik Baja ST41 Kecepatan 3100rpm	41

DAFTAR RUMUS

(2.1) Rumus Tekanan Hidrolik 1	17
(2.2) Rumus Tekanan Hidrolik 2	17
(2.3) Rumus Tegangan	19
(2.4) Rumus Regangan 1	19
(2.5) Rumus Regangan 2	19
(2.6) Rumus Penampang 1	20
(2.7) Rumus Penampang 2	20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan bahan pengelasan	47
Lampiran 2. Langkah pengelasan las gesek.....	48
Lampiran 3. Hasil Pengelasan.....	50
Lampiran 4. Spesimen uji tarik	50
Lampiran 5. Hasil uji tarik rpm 2300 dan 3100.....	50
Lampiran 6. Hasil Uji Komposisi	51
Lampiran 7. Hasil Uji Tarik.....	53
Lampiran 8. Kegiatan kelompok produk Ta	59
Ketersediaan Pembimbing.....	60
Lembar Bimbingan.....	61

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 penambahan 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^2) dikurangi panjang sebelum pengujian (mm^2). lalu dibagi panjang spesimen sebelum pengujian (mm^2). 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 “Uji Tarik Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Gesek Baja ST41”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan yang di bahas dalam laporan tugas akhir ini yaitu bagaimana uji kekuatan sambungan pengelasan las gesek Baja ST41?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Hanya mengetahui uji tarik kekuatan hasil pengelasan sambungan las gesek baja ST41.
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 ST41 yang banyak dipasaran berdiameter 19 mm.
7. Uji komposisi untuk mengetahui kandungan baja yang akan di gunakan.

1.4 Tujuan

1. Untuk mengetahui uji tarik kekuatan sambungan pengelasan las gesek Baja ST41.

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 uji tarik kekuatan hasil pengelasan las gesek pada baja ST41.
3. Dapat mengetahui kekuatan, keuletan, elastisitas, kekakuan dan ketangguhan pada hasil pengelasan las gesek pada baja ST41.

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 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 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

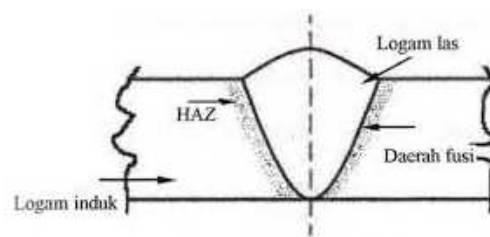
2.1 Pengertian Pengelasan

Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan, atau dapat didefinisikan sebagai akibat dari metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom. Sebelum atom-atom tersebut membentuk ikatan, permukaan yang akan menjadi satu perlu bebas dari gas yang terserap.

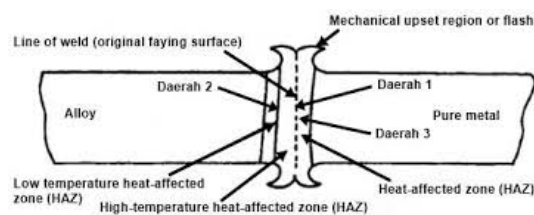
Proses pengelasan dibagi dalam dua katagori utama, yaitu pengelasan lebur dan pengelasan padat. Pengelasan lebur menggunakan panas untuk melebur permukaan yang akan disambung, beberapa operasi menggunakan logam pengisi dan yang lain tanpa logam pengisi. Pengelasan padat proses penyambungannya menggunakan 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 diperbesar daerah 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 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.



(a)



(b)

Gambar 2.1 Daerah las (a) pengelasan fusi (b) non fusi (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.

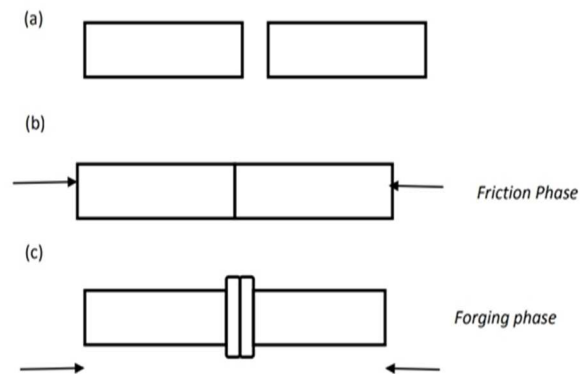
2.3 Las Gesek



Gambar 2.2 Mesin las gesek.
(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. (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.

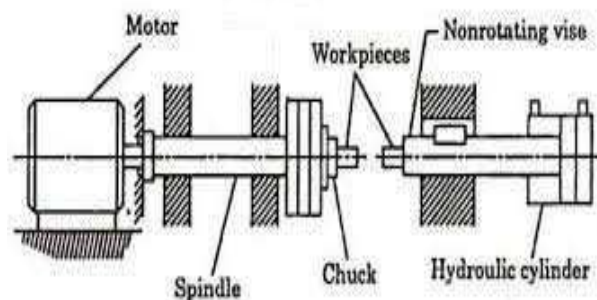
Kemudahan material untuk disambung menggunakan *friction welding* berkaitan dengan kecocokan pada sifat *interface*-nya. Jika kedua sifat material yang akan disambung cocok, panas akan didistribusikan secara seragam pada kedua bagian yang akan disambung. Karakteristik deformasi yang identik akan mempermudah 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

Ada dua cara untuk melaksanakan proses *friction welding*, yaitu *direct drive welding* dan *inertia driving welding*. *Direct drive welding* sering disebut sebagai konvensional *friction welding*, menggunakan motor yang memiliki kecepatan konstan untuk energi masukannya. *Inertia drive welding* sering juga disebut dengan *flywheel friction welding* menggunakan energi simpanan *flywheel* sebagai energi masukan dalam proses penyambungan. (ASM Handbook Vol12,1996).

2.4.1 Direct-Drive Welding



Gambar 2.4 *Friction Welding* dengan cara *Direct-Drive Welding* (ASM Handbook , 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 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.

2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Las Gesek

2.5.1 Kecepatan Putaran

Kecepatan rotasi dan tekanan aksial yang lebih rendah biasanya digunakan dalam *inertia drive welding*. Ada rentang yang optimal dari kecepatan putaran untuk setiap kombinasi logam yang disambung. Dalam pengelasan inersia, kecepatan putaran terus menurun selama tahap gesekan, sedangkan 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

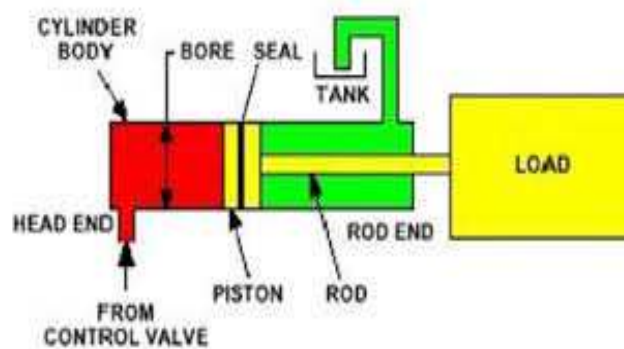
Pengaruh Durasi Gesekan terhadap distribusi temperature saat proses gesekan berlangsung sampai mencapai temperature tempa, sehingga pada permukaan logam dasar terbentuk permukaan tempa. Untuk durasi gesekan yang semakin lama daerah permukaan tempa yang terbentuk akan semakin besar, karena panas gesekan 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 hidraulik

(Dicky 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 :

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

Keterangan :

P : Tekanan Benda Kerja (N/m)

F : Gaya Aksial (N)

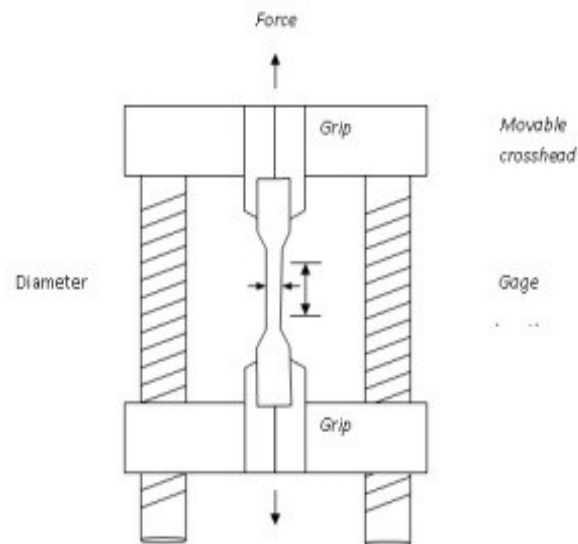
A' : Luas Permukaan Benda Kerja (mm)

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

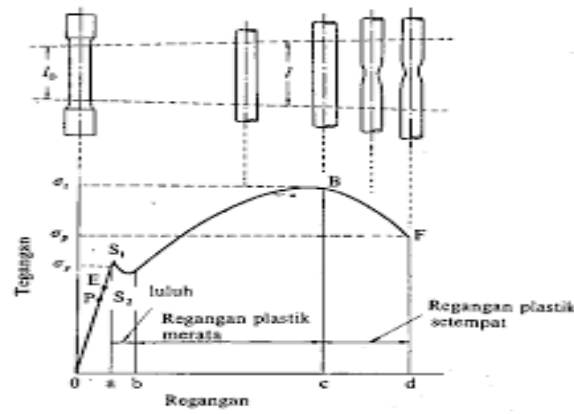
diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.



Gambar 2.6 Uji Tarik
(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.
(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.

$$\text{Rumus Tegangan ; } \sigma u = \frac{Fu}{A_0} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

σu = Tegangan nominal (kg/mm²)

F_u = Beban maksimal (kg)

A_0 = 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.

$$\text{Rumus Regangan 1 ; } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\text{Rumus Regangan 2 ; } \varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

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:

$$\text{Rumus Penampang 1 ; } q = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\text{Rumus Penampang 2 ; } q = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

q = Reduksi penampang (%)

A_0 = Luas penampang mula (mm²)

A_1 = Luas penampang akhir (mm²)

2.6.2 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 41

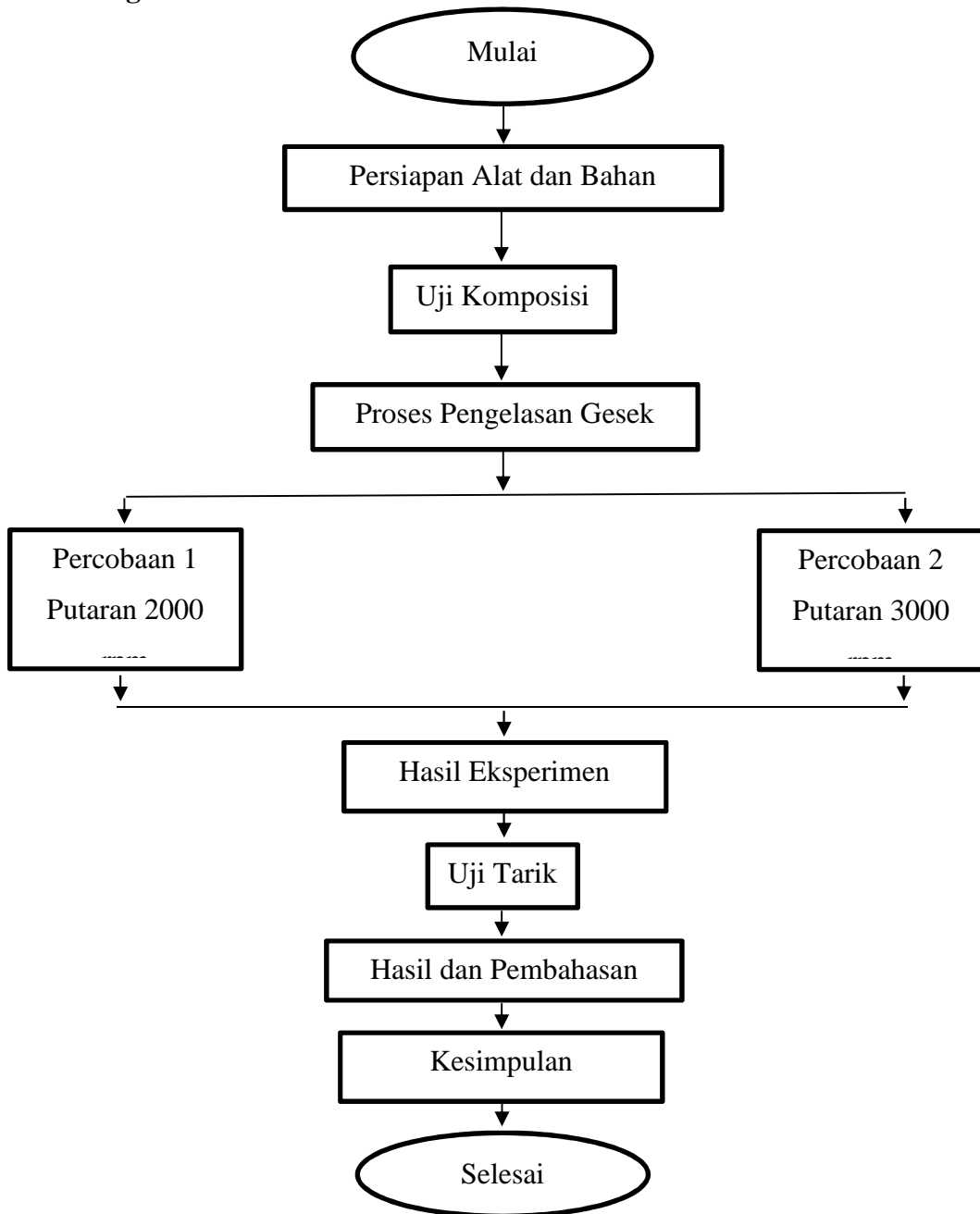
Baja ST 41 adalah salah satu dari baja karbon rendah. Bahan ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,20%. Baja karbon rendah sering digunakan dalam komponen mesin-mesin industri seperti gear, rantai, skrup dan poros. Selain itu juga baja 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. (Wiryosumatro, 2004).



Gambar 2.8 Baja ST41.
(Dokumentasi, 2021).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

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.
(Dokumentasi, 2021).

Tabel 3.1 Spesifikasi mesin las gesek

Spesifikasi mesin dinamo utama	
1.Merk :	EFOS
2.Model :	YC100L2-2
3.Daya dan phase elektrik motor :	3PK dan 1 phase
4.Input voltase dan berat las gesek :	220 V & 1 kwintal
5.Kecepatan elektrik motor :	1450 rpm
6. Ukuran puli 2300 dan 3100 :	Ø75.5 dan Ø101.5
7. Poros penggerak :	Ø97.1

Tabel 3.2 Spesifikasi mesin hidrolik

Spesifikasi mesin dinamo hidrolik	
1.Merk :	EFOS
2.Model :	YC100L2-2
3.Daya dan phase elektrik motor :	1.4 PK dan 1 phase
4.Kekuatan hidrolik:	150 Psi
5.Ukuran puli:	Ø55.5
6. Tangki oli :	20 liter
7. Type oli :	Mesran 0.8

2. Meteran

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



Gambar 3.3 Meteran.
(Dokumentasi, 2021).

3. Jangka sorong

Berfungsi untuk mengukur diameter luar bahan.



Gambar 3.4 Jangka sorong.
(Dokumentasi, 2021).

4. Gerinda potong

Berfungsi untuk memotong bahan yang akan di las.



Gambar 3.5 Gerinda potong.
(Dokumentasi, 2021).

5. Stopwatch

Berfungsi untuk mengatur waktu pada saat proses pengelasan dimulai.



Gambar 3.6 Stopwatch.
(Dokumentasi, 2021).

6. Tachometer

Berfungsi untuk mengukur kecepatan putaran rotasi poros penggerak.



Gambar 3.7 Tachometer.
(Dokumentasi, 2021).

7. Barometer

Berfungsi untuk mengetahui tekanan hidrolis mesin las gesek.



Gambar 3.8 Barometer.
(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.
(Dokumentasi, 2021).

3.2.2 Bahan

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

1. Baja ST41



Gambar 3.10 Baja ST41.
(Dokumentasi, 2021).

3.3 Proses Pengujian

3.3.1 Langkah pengelasan las gesek

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

- a. Memotong baja lunak dengan ukuran diameter 19 mm tinggi 150 mm.



Gambar 3.11 Mengukur dan memotong benda kerja.
(Dokumentasi, 2021).

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



Gambar 3.12 Meratakan benda kerja pada mesin bubut.
(Dokumentasi, 2021).

- c. Nyalakan saklar mesin las gesek ke rol agar mesin las gesek dapat dinyalakan dengan baik.



Gambar 3.13 Menyalakan ke rol.
(Dokumentasi, 2021).

- d. Menyeting mesin las gesek sebelum pelaksanaan agar tidak terjadi trobel atau kerusakan pada mesin *friction welding*.



Gambar 3.14 Menyeting las gesek.
(Dokumentasi, 2021).

- e. Memasang benda kerja pada kedua cekam yang pas dan kencang agar tidak terjadi kerusakan pada benda kerja.



Gambar 3.15 Memasang benda kerja.
(Dokumentasi, 2021).

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



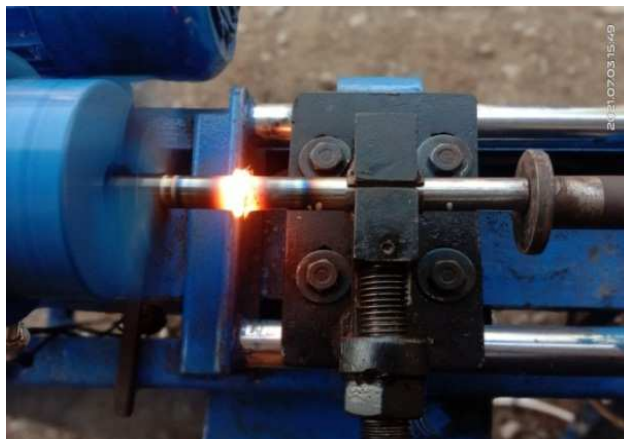
Gambar 3.16 Menyalakan saklar utama.
(Dokumentasi, 2021).

- g. Melakukan pengereman pada saat yang tepat dilanjutkan memberi tekanan 100 Spi pada barometer.



Gambar 3.17 Pengereman hidrolik atau menutup.
(Dokumentasi, 2021).

- h. Hasil benda uji yang dilas gesek dengan penekanan 100 spi dengan waktu 30 detik.



Gambar 3.18 Benda kerja yang sudah dilas gesek.
(Dokumentasi, 2021).

- i. Setelah itu angkat benda kerja yang sudah dingin dengan menggunakan tang agar mudah mengangkatnya.



Gambar 3.19 Mengangkat benda kerja.
(Dokumentasi, 2021).

- j. Melepas benda yang disambung dari cekam dengan kunci T dan lepas pengunci.



Gambar 3.20 Melepas benda kerja.
(Dokumentasi, 2021).

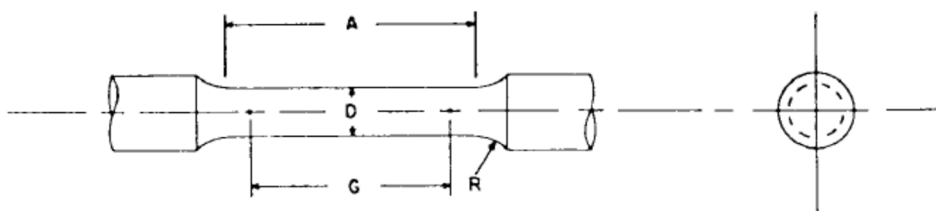
3.3.2 Hasil Pengelasan



Gambar 3.21 Hasil pengelasan rpm 2300 dan rpm 3100.
(Dokumentasi, 2021).

3.3.3 Spesimen Pengujian Tarik

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



Gambar 3.22 Benda spesimen.
(Dokumentasi, 2021).

$$A = 75\text{mm}$$

$$D = 12.50\text{mm}$$

$$G = 62,5\text{mm}$$

$$R = 10\text{mm}$$

4.3.4 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).

4.3.5 Hasil Pengujian Tarik



Gambar 3.23 Hasil pengujian tarik rpm 2300.
(Dokumentasi, 2021).



Gambar 3.24 Hasil pengujian tarik rpm 3100.
(Dokumentasi, 2021).

4.4 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.

4.1 Perencanaan Hasil Uji Tarik

Tabel 3.3 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	–	Putus di daerah las atau di luar las	Putus di daerah las atau di luar las	Putus di daerah las atau di luar las	Putus di daerah las atau di luar las

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

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

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.

4.1 Karakteristik baja ST41

Baja ST41 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 ST41 juga digunakan sebagai handle rem sepeda motor, bodi mobil, pipa saluran, konstruksi jembatan, rivet. Baja ST41 juga merupakan baja struktur sifat-sifat yang dimiliki oleh baja ST41 mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, mempunyai nilai kekerasan yang cukup, stabilitas dimensi yang baik. (Wiryosumatro, 2004 : 90).

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 ST41

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	Balance	Balance
C	0,096	-
Si	0,102	-
Mn	0,839	-
P	0,107	-
S	-	-
Cr	0,010	-
Ni	0,28	-
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	-

4.3 Hasil Pengujian Tarik

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

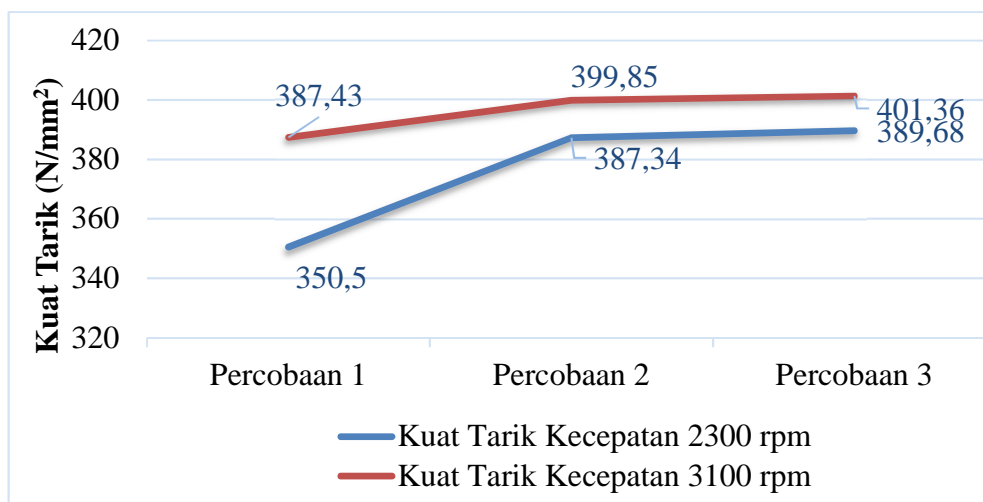
Hasil pengujian kuat tarik pada spesimen hasil pengelasan las gesek didapatkan pengujian tarik seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik Baja ST41 Kecepatan 2300rpm

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji 1	Hasil uji 2	Hasil uji 3	Rata - rata
Diameter	mm	12,79	12,12	12,56	12,49
Kuat Tarik	N/mm ²	350,50	387,34	389,68	375,84
Kuat Luluh	N/mm ²	252,23	352,40	306,20	303,61
Regangan	%	11,92	4,26	6,98	7,72
Keterangan	–	Putus di daerah las	Putus di daerah las	Putus di daerah las	Putus di daerah las

Tabel 4.3 Hasil Uji Tarik Baja ST41 Kecepatan 3100rpm

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji 1	Hasil uji 2	Hasil uji 3	Rata - rata
Diameter	mm	13,35	12,38	12,71	12,81
Kuat Tarik	N/mm ²	387,43	399,85	401,36	396,21
Kuat Luluh	N/mm ²	285,54	308,93	307,39	300,62
Regangan	%	19,94	12,42	13,78	15,38
Keterangan	–	Putus di luar las	Putus di luar las	Putus di luar las	Putus di luar las



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian 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 389,68 N/mm². Berarti di 3 percobaan pada putaran 2300 rpm mempunyai nilai rata – ratanya 396,21 N/mm². Dan pada putaran 3100 rpm dari 3 percobaan yang menghasilkan kekuatan tarik paling tinggi pada percobaan ke-3 dengan hasil kuat tarik 401,36 N/mm² yang mempunyai nilai rata – ratanya 396,21 N/mm².

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari data pengujian tarik sambungan las gesek baja ST 41 yang didapatkan dari pengujian variasi putaran gesek, tekanan gesek dan durasi gesek terhadap nilai kekuatan tarik dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian pertama kecepatan 2300 rpm, bertekanan 100 Psi durasi waktu 30 detik menghasilkan kekuatan tarik paling tinggi yaitu sebesar 389,68 N/mm² dengan keterangan putus di daerah las-lasan. Sedangkan pada pengujian ke dua kecepatan 3100 rpm, bertekanan 100 Psi durasi waktu 30 detik menghasilkan kekuatan tarik paling tinggi yaitu sebesar 401,36 N/mm² dengan keterangan putus di luas las-lasan.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Setiap melakukan pengelasan bersihkan benda kerja dari kotoran / debu sehingga gesekan yang terjadi dapat menimbulkan panas secara baik.
2. Sebaiknya panel control tekanan 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 dulu apakah benda sudah benar-benar simetri apa belum, sehingga sambungannya tidak terjadi misalighmen.
4. Pada saat memberikan tekanan pastikan jangan sampai berlebihan agar mesin tidak berhenti.
5. Pada system hidrolik sebaiknya di beri chek valve agar pada saat pengereman penahan tidak kembali/mundur secara perlahan.

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 Negeri Semarang.
- Ardiansyah, Y. (2016). Pengaruh Temperatur Proses Hardening Dengan Media Air Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Permukaan Baja Karbon Sedang. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Arsyad, Z. I. (2019). PENGARUH VARIASI RAPAT ARUS DAN ELEKTRODA DARI PENGELOMAN SMAW PADA MATERIAL ASTM A213 TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN DISTRIBUSI KEKERASAN HASIL PENGELOMAN. 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 PENGELOMAN GMAW TERHADAP KEKUATAN MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM 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.*
- Idra Putra1, A. K. (2019). ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN IMPACT HASIL SAMBUNGAN LAS GESEK PADA BAJA ST 37. Padang: Universitas Negeri Padang, Indonesia.
- Kalpakjian, 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.
- SURESH, H. (2018). PENGARUH VARIASI BEBAN PADA PENGELOMAN GESEK (FRICTION WELDING) TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA SAMBUNGAN POROS BAJA 41. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.
- Wiryo Sumarto, H. (1991). *Teknik Pengelasan Logam.*

- Wiryo Sumarto, H. (2000). Teknik Pengelasan Logam. Erlangga, Jakarta.
- Wiryo Sumarto, H. (2008). PT Balai Pustaka (Persero). Teknik Pengelasan Logam.

Lampiran

Lampiran 1 Alat dan bahan pengelasan





Lampiran 2 Langkah pengelasan las gesek





Lampiran 3 Hasil Pengelasan





Lampiran 4 Spesimen uji tarik



Lampiran 5 Hasil uji tarik rpm 2300 dan 3100



Lampiran 6 Hasil Uji Komposisi

	CV. PRIMA LOGAM DIVISI LABORATORIUM ANALISA LOGAM JL. PERINTIS KEMERDEKAAN NO. 87 TEGAL PHONE : 0283-359350, FAX : 0283-350677
<u>L A P O R A N</u> <u>R E P O R T</u>	
HASIL ANALISA KOMPOSISI	
ST 41 NAMA : AKHMAD FAUZI NIM : 18020045 JURUSAN : D III TEKNIK MESIN POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA	
NOMOR : 051/LAB/PL/VI/2021 TANGGAL : 28 Juni 2021	
<u>Diperiksa/Disetujui oleh</u> <u>Checked/Approved by</u>  <u>Warno Edi, S.H.</u>	
<p>- Duplikasi dan penggunaan dokumen ini baik sebagian atau seluruhnya harus izin tertulis dari C.V. Prima Logam - Tegal. - Duplication and utilization of this document, part of it all, is subjected to prior written permission of C.V. Prima Logam - Tegal</p>	

ANALISA KOMPOSISI KIMIA
CHEMICAL COMPOSITION

Nomor : 051/LAB/PL/VI/2021
Tanggal : 28 Juni 2021

Pemakai : Akhmad Fauzi
Customer

Bahan : Sample Rod
Material

Mesin : ARL Optic Emission Spectrometer
Machine Switzerland QTD - 127

Obyek : ST 41
Object

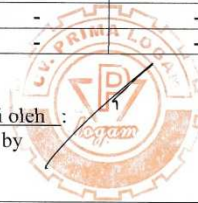
I. Chemical Composition

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 7 Hasil Uji Tarik



**DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL**

UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN

Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437
Email : labperintl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id


LAPORAN UJI TARIK

Laporan No. : 07/2021.291/UTM/102	Benda Uji : Sesuai ASTM
Pemakai Jasa : AHMAD FAUZI	Objek uji : BAJA ST 41 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.	102.1	Diameter	mm	12,56
		Kuat Tarik	N/mm ²	389,68
		Kuat Luluh	N/mm ²	306,20
		Regangan	%	11,92
		Keterangan		Putus di daerah las
2.	102.2	Diameter	mm	12,79
		Kuat Tarik	N/mm ²	350,50
		Kuat Luluh	N/mm ²	252,23
		Regangan	%	6,98
		Keterangan		Putus di daerah las

Tegal, 19 Juli 2021
Manajer Teknis



Eko Subriyanto. ST
NIP. 19741231 200604 1 093

PERHATIAN :

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

2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal

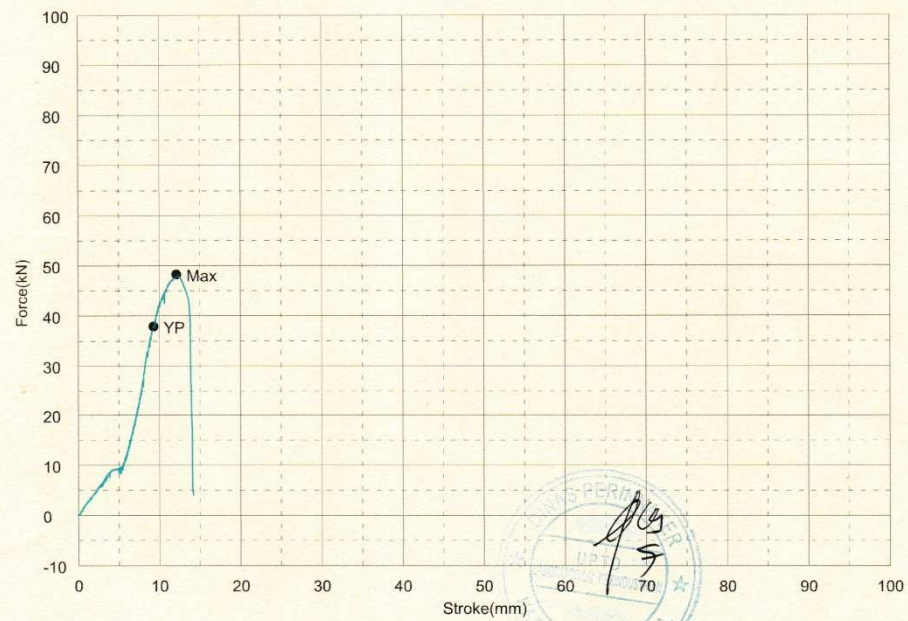
Date : 2021/07/16

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	12,5600	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	48,2813	389,681	37,9375	306,196

102

**Comment**

Customer : 07/2021.291/UTM/102



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. : 07/2021.291/UTM/102 Benda Uji : Sesuai ASTM
Pemakai Jasa : AHMAD FAUZI Objek uji : **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.	102.3	Diameter	mm	12,38
		Kuat Tarik	N/mm ²	401,36
		Kuat Luluh	N/mm ²	308,93
		Regangan	%	12,42
		Keterangan	Putus di daerah las	
2.	102.4	Diameter	mm	12,71
		Kuat Tarik	N/mm ²	387,43
		Kuat Luluh	N/mm ²	307,39
		Regangan	%	13,78
		Keterangan	Putus di daerah las	

Tegal, 19 Juli 2021
Manajer Teknis


Eko Supriyanto, ST
NIP. 19741231 200604 1 093

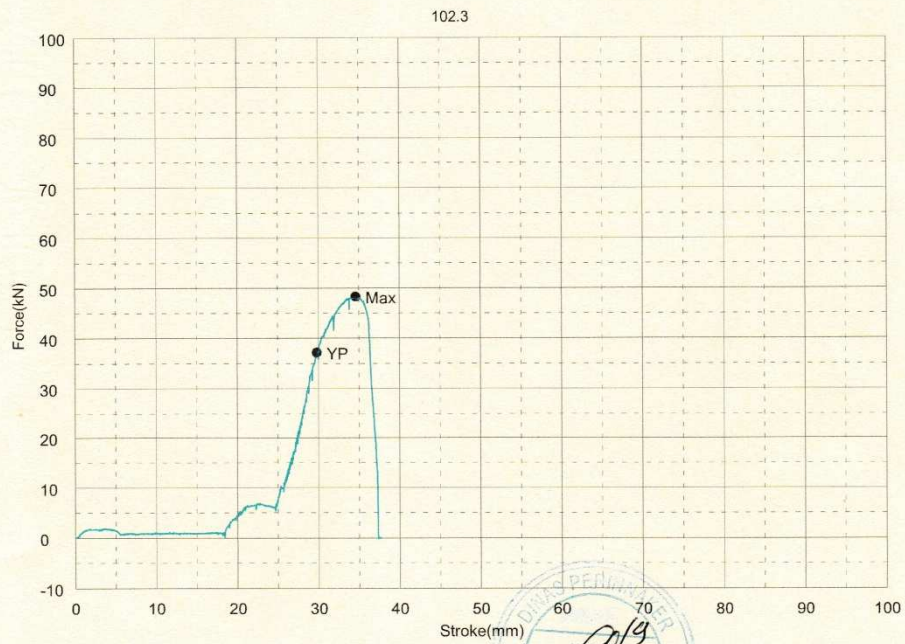
PERHATIAN :
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
2. Tidak diperkenankan mengindahkan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kabupaten Tegal

Date : 2021/07/16

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	12,3800	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	48,3125	401,355	37,1875	308,934



Comment
Customer : 07/2021.291/UTM/102





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. : 07/2021.259/UTM/79 Benda Uji : Sesuai ASTM
Pemakai Jasa : AHMAD FAUZI Objek uji : **BAJA AS 41**
Alamat : Politeknik Harapan Bersama Metode Uji : JIS Z 2241: 2011
Suhu : 23 °C Mesin Uji : Shimadzu UH 1000 kNI
Tgl. Terima : 7 Juli 2021 Jml. Specimen : 2 Pc
Tgl. Pengujian : 7 Juli 2021 Halaman : 1 dari 3

HASIL UJI :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1.	79.1	Diameter	mm	13,35
		Kuat Tarik	N/mm ²	399,85
		Kuat Luluh	N/mm ²	285,54
		Regangan	%	19,94
		Keterangan	-	Putus diluar lasan
2.	79.2	Diameter	mm	12,12
		Kuat Tarik	N/mm ²	387,34
		Kuat Luluh	N/mm ²	352,40
		Regangan	%	4,26
		Keterangan	-	Putus di daerah las

Tegal, 8 Juli 2021

Manajer Teknis


Eko Supriyanto, ST
NIP. 1974/231/200604 1 093

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

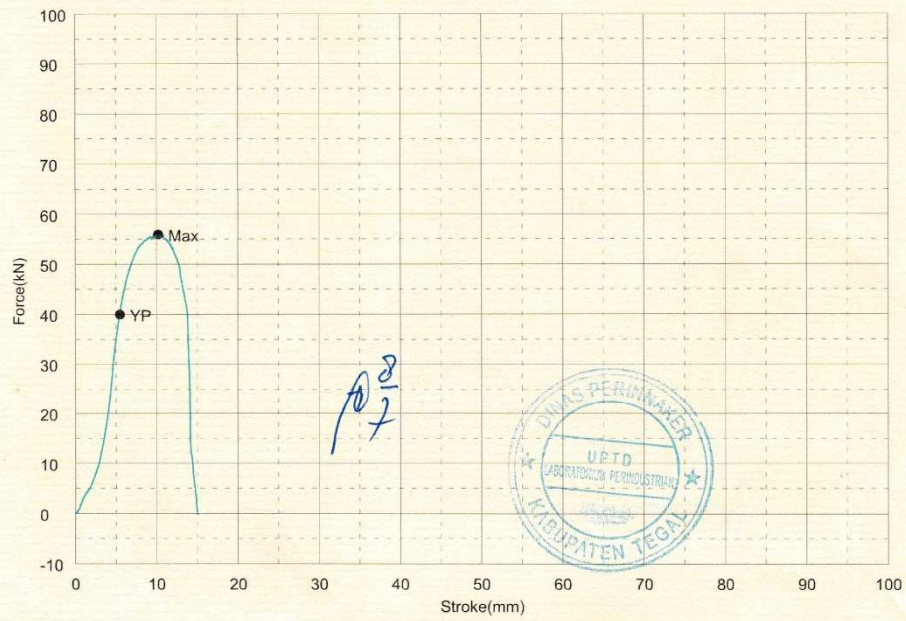
Date : 2021/07/07

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	13,3500	50,0000

Name	Max_Force	Max_Stress	YP_Force	YP_Stress
Parameter			0,1 %/FS	0,1 %/FS
Units	kN	N/mm2	kN	N/mm2
1 - 1	55,9688	399,846	39,9688	285,541

79.1



Comment

Customer : 07/2021.259/UTM/79

Lampiran 8 Kegiatan kelompok produk Ta





PENGAJUAN KESEDIAAN PEMBIMBING DAN JUDUL TUGAS AKHIR

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

No	NIDN/NUPN	Nama (lengkap dengan gelar)	Keterangan
1	0623127906	Nur Aidi Ariyanto, M.T	Pembimbing I
2	0621028701	M. Taufik Qurohman, M.T	Pembimbing II

Menyatakan **BERSEDIA / TIDAK BERSEDIA** membimbing Tugas Akhir mahasiswa berikut :

NAMA	: Akhmad Fauzi
NIM	: 18020045
Produk Tugas Akhir	: Mesin Las Gesek
Judul Tugas Akhir	: Uji Kekuatan Sambungan Pengelasan Las Gesek Baja ST 41

Sesuai dengan waktu yang telah disepakati, Tugas Akhir dilaksanakan mulai bulan November tahun 2020 sampai dengan pelaksanaan Sidang Tugas Akhir bulan Juli tahun 2021

Tegal, 6 September 2021

Pembimbing I

(Nur Aidi Ariyanto, M.T)
NIDN. 0623127906

Pembimbing II







(M. Taufik Qurohman, M.Pd)
NIDN. 0621028701

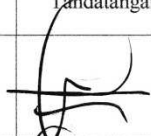



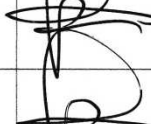
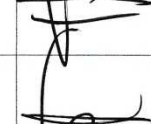
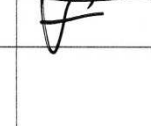
LEMBAR PEMBIMBINGAN TUGAS AKHIR

NAMA : Akhmad Fauzi
NIM : 18020045
Produk Tugas Akhir : Las Gesek
Judul Tugas Akhir : Uji Tarik Kekuatan Sambungan Pengelasan Las
Gesek Baja ST41.

**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	Jumat	27/2021 5	Revisi Bab I	
2	Kamis	3/6/2021	Revisi Bab II	
3	Senin	7/6/2021	Revisi Bab III	
4	Selasa	15/6/2021	Revisi Bab IV	
5	Rabu	30/6/2021	Revisi Bab V	
6	Senin	12/7/2021	Revisi kesimpulan	
7	Kamis	15/7/2021	Ace laporan tugas akhir.	
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	Jumat	4/6/2021	Revisi Bab I	
2	Selasa	22/6/2021	Revisi Bab II	
3	Rabu	23/6/2021	Revisi Bab III	
4	Senin	5/7/2021	Revisi Bab IV	
5	Selasa	16/7/2021	Revisi Bab V	
6	Senin	12/7/2021	Revisi kesimpulan	
7	Kamis	18/7/2021	Acc Laporan Tugas akhir.	
8				
9				
10				