

ANALISA KEKUATAN UJI TARIK DAN UJI IMPACT SAMBUNGAN BAJA ST 41 DENGAN TEMBAGA PADA PENGELASAN GESEK (FRICTION WELDING) MENGUNAKAN MESIN BUBUT

by PRAYETNO IBNU DWI NEZA

Submission date: 28-Jan-2024 06:04PM (UTC-0800)

Submission ID: 2280627223

File name: ETNO_2011042_TEKNIK_MESIN_S-1_ITN_MALANG_-_Ibnuneza_official.pdf (3.13M)

Word count: 6345

Character count: 41741

⁸
**ANALISA KEKUATAN UJI TARIK DAN UJI IMPACT
SAMBUNGAN BAJA ST 41 DENGAN TEMBAGA PADA
PENGELASAN GESEK (FRICTION WELDING)
MENGUNAKAN MESIN BUBUT**

SKRIPSI



DISUSUN OLEH :

NAMA : IBNU DWI NEZA PRAYETNO

NIM : 2011042

¹
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2023

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji hanya bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya. Sholawat dan salam kita haturkan kepada Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya.

Penyelesaian disertasi ini tidak terlepas dari bimbingan, dorongan dan doa dari berbagai pihak yang secara langsung maupun tidak langsung mendukung penulis.

1. Awan Uji Krismanto ST., MT., Ph.D sebagai Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.

2. Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT. ITN Malang selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.

3. Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT. Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 ITN Malang.

4. Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT. Koordinator Keahlian Material

5. Bapak Sibut, ST., MT. Dosen Pembimbing Skripsi

6. Orang tua dan keluarga terima kasih atas doa dan dukungannya dalam penulisan skripsi ini.

7. Persaudaraan dan Alien: Insinyur Mesin S-1.

8. Tidak dapat diterima adanya partisipasi dari berbagai pihak dalam penulisan tesis ini.

Akhir kata, semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Malang, 12 Januari 2024

Ibnu Dwi Neza Prayetno

⁸
**ANALISA KEKUATAN UJI TARIK DAN UJI IMPACT
SAMBUNGAN BAJA ST 41 DENGAN TEMBAGA PADA
PENGELASAN GESEK (FRICTION WELDING)
¹⁵
MENGUNAKAN MESIN BUBUT**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik (ST) Jurusan Teknik Mesin

DISUSUN OLEH :

NAMA : IBNU DWI NEZA PRAYETNO
NIM : 20.11.042

¹
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2023

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**ANALISA⁸ KECUATAN UJI TARIK DAN UJI IMPACT
SAMBUNGAN BAJA ST 41 DENGAN TEMBAGA PADA
PENGELASAN GESEK (FRICTION WELDING)
MENGUNAKAN MESIN BUBUT**



Disusun Oleh:

NAMA : IBNU DWI NEZA PRAYETNO

NIM : 20.11.042

¹⁹

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1
ITN Malang

Diperiksa/ Disetujui

Dosen Pembimbing

Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.
NIP. P. 1031400477

Sibut, S.T., M.T.
NIP. Y. 1030300379

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR TABEL.....	3
DAFTAR GAMBAR.....	3
BAB I PENDAHULUAN.....	4
1.1 Latar Belakang.....	4
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
18 BAB II DASAR TEORI.....	8
2.1 Pengertian Pengelasan Secara Umum.....	8
2.2 Proses Dasar Pengelasan.....	8
2.3 Las Gesek.....	9
2.3.1 Prinsip Kerja Las Gesek.....	10
9 2.3.2 Kelebihan dan Kekurangan Las Gesek (Friction Welding).....	10
2.4 Friction Rotary Welding (FRW).....	11
2.5 Proses Dasar Pengelasan.....	11
2.6 Baja ST 41.....	13
2.7 Tembaga.....	13
24 2.8 Pengujian Tarik.....	13
2.9 Pengujian Struktur Mikro.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	18
3.2 Penjelasan Diagram Alir.....	19
3.3 Perencanaan Penelitian.....	20
3.4 Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.5 Pengujian.....	20
3.6 Alat dan bahan.....	21
3.7 Cara Pembuatan Spesimen.....	22

23	BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Hasil Pengelasan Gesek	26
4	4.2 Pengolahan Data Uji Tarik	27
	4.2.1 Data Hasil Pengujian Tarik	27
	4.2.2 Analisa Dan Pembahasan Pengujian Tarik	27
	4.3 Pengolahan Data Uji Impact	29
	4.3.1 Data Hasil Pengujian IMPACT	29
	4.3.2 Analisa Dan Pembahasan Pengujian Impact	10 29
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	31
	5.1 Kesimpulan.....	31
	5.2 Saran	31
	DAFTAR PUSTAKA	32
	LAMPIRAN.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 proses pengelasan untuk uji Tarik dan Uji Impact	26
Tabel 4.1 Faktor Setting Level	27
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Tarik	28
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Impact	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema system pengelasan gesek	10
Gambar 2.2 Profil singkat uji tarik	14
Gambar 3.1 Mesin Bubut	23
Gambar 3.2 Pemasangan Spesimen	23
Gambar 3.3 Proses Pemanasan Awal	24
Gambar 3.4 Proses Pengelasan Material	24
Gambar 3.5 Material Yang Sudah Menjadi Spesimen	25
Gambar 3.6 Spesimen Pengujian	25
Gambar 4.1 Hasil Pengelasan Gesek.....	27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pengelasan gesek belakangan ini berkembang dengan pesat di bidang konstruksi, manufaktur komponen kendaraan, hingga manufaktur komponen elektrik. Pengelasan gesek sudah banyak diaplikasikan dalam dunia industri, biasanya diaplikasikan untuk menyambungkan material aluminium dan paduannya, namun masih banyak masalah pengelasan yang harus diatasi berkaitan dengan prosedur pengelasan. Terdapat banyak jenis pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Selain itu teknologi penyambungan terbagi menjadi 2 yaitu Liquid State Welding dan Solid State Welding. Liquid State Welding proses penyambungan material dengan cara mencairkan dua buah material secara bersamaan sehingga dapat menyatu hingga merata contoh yang paling umum adalah las listrik (SMAW) sedangkan Solid State Welding adalah proses penyambungan yang pada prosesnya material dipanaskan hingga mendekati titik lebur dan tidak sampai mencair, contohnya adalah las gesek atau Friction Welding (Satyadianto 2015)

Metode las gesek (friction welding) adalah metode penyambungan dua buah material logam. Dalam metode ini panas dihasilkan dari perubahan energi mekanik kedalam energi panas pada bidang interface benda kerja karena adanya gesekan selama gerak putar dibawah tekanan/gesekan. Beberapa kelemahan yang ada dalam proses pengelasan dengan menggunakan sistem pencairan atau busur listrik diantaranya besar dimensi ketebalan material pengelasan pada proses penyambungan material berbentuk silinder pejal yang berdiameter relatif besar, maka akan mengalami kesulitan karena proses pengisian las dilakukan secara bertahap agar lapisan material terisi dengan sempurna, jika penetrasi pengisian las tidak sempurna pada kedua permukaan sambungan dapat menurunkan kekuatan mekanisme material (Prasetyo and Subiyanto 2012). untuk mengatasi permasalahan tersebut maka teknik las gesek dapat dijadikan solusi alternatif. Beberapa keuntungan dari friction welding ini adalah penghematan material dan waktu untuk penyambungan dua material yang sama maupun berbeda.

Sedangkan parameter proses yang penting adalah waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa, tekanan tempa dan kecepatan putar

Pengelasan gesek⁶ dibedakan menjadi 3 metode⁶ yaitu : Rotari Friction, Linear Friction Welding dan Stir Friction Welding (Vairis 2016). Rotari Friction merupakan metode⁶ dimana salah satu material berputar pada porosnya sementara material kedua dalam posisi diam atau stasioner, kemudian material kedua diberi gaya hingga memberi tekanan pada material pertama dan terjadilah gesekan antara kedua material yang menghasilkan panas untuk proses difusi kedua material tersebut (K. And Putra 2019) . Linear Friction Welding metode las gesek yang terjadi akibat panas yang dihasilkan dari gesekan satu material yang bergerak secara linear dengan material lainnya. Stir Friction Welding adalah metode las gesek yang energi panas untuk proses pengelasannya dari gesekan material dengan mata pahat yang bergerak secara berputar (Maalekian 2007). Hasil dari pengelasan gesek dipengaruhi beberapa parameter, antara lain waktu penekanan, kecepatan putar, kekuatan penekanan, berpengaruh terhadap struktur mikro dan distribusi kekerasan pada baja.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini difokuskan untuk mempelajari tentang Pengaruh Variasi Penekanan Hidrolik dan Pemanasan Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Terhadap Kekuatan Baja ST 41 dengan Tembaga

Berdasarkan uraian di atas , maka penelitian di fokuskan untuk mempelajari tentang “ANALISA KEKUATAN UJI TARIK DAN UJI IMPACT SAMBUNGAN BAJA ST 41 DENGAN TEMBAGA PADA PENGELASAN GESEK (FRICTION WELDING) MENGGUNAKAN MESIN BUBUT“.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat ditarik suatu rumusan masalah yaitu :

- 1 Bagaimana hasil uji tarik variasi penekanan hidrolik dan pemanasan terhadap sifat mekanik material hasil pengelasan terhadap kekuatan baja st 41 dengan tembaga ?

2. Bagaimana hasil uji impact strength variasi penekanan hidrolik dan pemanasan terhadap sifat mekanik material hasil pengelasan terhadap kekuatan baja st 41 dengan tembaga ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Material yang dijadikan sebagai spesimen penelitian adalah baja ST 41 dengan Tembaga
2. Sifat mekanik yang diamati adalah kekuatan Tarik dan Impact, pengujian yang dilakukan adalah pengujian Tarik dan pengujian Impact.
3. Variabel bebas yang diamati adalah variasi penekanan hidrolik dan pemanasan terhadap sifat mekanik material hasil pengelasan terhadap kekuatan baja st 41 dengan tembaga

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui hasil uji tarik variasi penekanan hidrolik dan pemanasan terhadap sifat mekanik material hasil pengelasan gesek terhadap kekuatan baja st 41 dengan tembaga
2. Untuk mengetahui hasil uji impact strength variasi penekanan hidrolik dan pemanasan terhadap sifat mekanik material hasil pengelasan gesek terhadap kekuatan baja st 41 dengan tembaga

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi baru terhadap IPTEK mengenai pengaruh variasi waktu penekanan hidrolik dan pemanasan terhadap sifat mekanik material hasil pengelasan terhadap kekuatan baja st 41 dengan tembaga
2. Meningkatkan wawasan mengenai ilmu pengelasan gesek yang dapat dikembangkan dalam penelitian berikutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat yang diberikan dari hasil penelitian.

BAB II DASAR TEORI

Memberikan penjelasan tentang energi alternatif dan rumus efisiensi pengeringan. Dari dasar teori diharapkan dapat melandasi penelitian yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Menerangkan rancangan penelitian yang akan dilakukan untuk memperoleh data.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

Merupakan uraian dari data yang berkaitan dengan hasil penelitian dan dibahas berdasarkan fakta dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN

Merupakan hasil ringkasan dari proses penelitian yang dilakukan. Kesimpulan mencakup hasil penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang buku-buku, jurnal dari internet yang digunakan dalam penelitian.

LAMPIRAN

Berisi tentang dokumen tambahan yang digunakan dalam penelitian.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengertian Pengelasan Secara Umum

a. Pengelasan Menurut Harsono,1991

Pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair.

b. Pengelasan Menurut *American Welding Society*,1989

Pengelasan adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akan akan disambung hingga temperatur las yang dilakukan dengan cara menggunakan tekanan (*pressure*), dan tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*).

2.2 Proses Dasar Pengelasan

Perkembangan penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran, kendaraan rel dan lain sebagainya. Las dapat digunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, mempertebal bagian yang aus dan macam-macam lainnya (Wiryosumarto dan Okumura;2008). Pengelasan (*welding*) adalah salah satu proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambahan maupun tidak menggunakan bahan tambahan dan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas.

Berdasarkan kerjanya pengelasan digolongkan menjadi :

1. Pengelasan cair adalah pengelasan dengan cara mencairkan logam yang akan disambung dengan sumber panas dari busur listrik atau sumber api gas terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah pengelasan dengan cara sambungan dipanaskan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah pengelasan dengan cara sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam hal ini logam induk tidak ikut mencair (Wiryosumarto dan Okumura; 2008).

Metalurgi dalam pengelasan, dalam pengertian yang sempit dapat dibatasi hanya pada logam las dan daerah yang terpengaruh panas atau Heat Affected Zone (HAZ). Untuk alasan ini secara singkat dan umum, latar belakang prinsip-prinsip metalurgi juga diperlukan sebelum membicarakan sifat-sifat las dan HAZ yang berdekatan. Dengan mengetahui metalurgi las, memungkinkan memprediksi sifat-sifat dari logam las. Pada proses pengelasan perlu diperhatikan faktor keamanan dan umur konstruksi, karena panas pengelasan sangat berpengaruh terhadap sifat material antara lain kekuatan tarik, retak las, kekerasan, ketangguhan, serta perubahan struktur mikro (Yustiasih dkk; 2005). Aspek yang timbul selama dan sesudah pengelasan harus diperhitungkan sebelumnya, karena perencanaan yang tidak sesuai dapat mengakibatkan kualitas hasil las yang kurang baik. Dengan demikian pengetahuan metalurgi las dan ditambah dengan keahlian dalam operasi pengelasan, dapat ditentukan prosedur pengelasan yang baik guna menjamin hasil sambungan las yang baik dan sempurna.

2.3 Las Gesek

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.

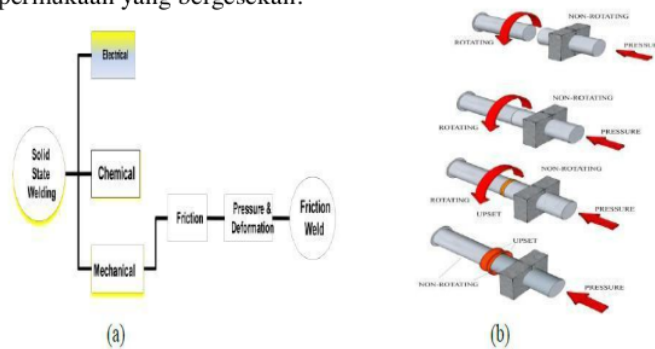
Menurut Suratman (2001), Pengelasan gesek/*friction welding* merupakan pengelasan tanpa menggunakan kawat las/elektroda sehingga bisa dipastikan bahwa sambungan yang diperoleh antara kedua material yang dilas adalah sambungan yang homogen. Selain itu penyambungan poros dengan proses ini dapat meminimalisir bergesernya sumbu dari material yang dilas.

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.

2.3.1 Prinsip Kerja Las Gesek

Pada tahun 1950, *AL Chudikov* seorang ahli mesin dari Uni Sovyet, mengemukakan hasil pengamatannya tentang teori tenaga mekanik dapat diubah menjadi energi panas. Gesekan yang terjadi pada bagian-bagian mesin yang bergerak menimbulkan banyak kerugian karena sebagian tenaga mekanik yang dihasilkan berubah menjadi panas. *Chudikov* berpendapat, proses demikian mestinya bisa dipakai pada proses pengelasan. Setelah melalui percobaan dan penelitian dia berhasil mengelas dengan memanfaatkan panas yang terjadi akibat gesekan. Untuk memperbesar panas yang terjadi, benda kerja tidak hanya diputar tetapi ditekan satu terhadap yang lain. Tekanan juga berfungsi mempercepat fusi. Cara ini disebut las gesek (*Friction Welding*).

Gambar 2.1 menunjukkan suatu skema proses pengelasan gesek, dua buah batang uji yang akan disambung dengan cara pengelasan gesek, batang yang satu berputar dan batang lainnya diam. Proses gesekan akan terjadi pada saat batang uji yang diam dikenai gaya penekanan, panas akibat gesekan akan terus meningkat selama gaya penekanan terus dilakukan hingga mencapai suhu leleh (*melting*) dan terjadi fusi pada kedua permukaan yang bergesekan.



GAMBAR 2.1 SKEMA SYSTEM PENGELASAN GESEK

2.3.2 Kelebihan dan Kekurangan Las Gesek (*Friction Welding*)

Bila dibandingkan dengan proses penyambungan metode las fusi, ada beberapa keuntungan yang dimiliki dari proses las gesek.

Adapun kelebihanannya adalah sebagai berikut :

1. Tidak membutuhkan logam pengisi pada proses pengelasan.
2. Tidak ada fluks atau filler logam dan gas yang diperlukan dalam las gesek.
3. Kemungkinan terjadinya inklusi terak dan porositas dapat dihindarkan.
4. Cocok untuk jumlah produksi yang banyak.
5. Lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap atau gas.
6. Mengurangi tenaga kerja mesin, biaya pemeliharaan, meningkatkan kapasitas dan mengurangi biaya perkakas yang mudah rusak.
7. Memiliki kontrol yang akurat pada toleransi lasan.
8. Dapat menyambungkan dua material berbeda karakteristiknya.
9. Namun metode las gesek juga memiliki kekurangan yaitu :
 1. Benda yang disambung harus simetris.
 2. Salah satu material yang disambung harus memiliki sifat mampu deformasi secara plastis.
 3. Keterbatasan bentuk yang dapat dilas.

2.4 Friction Rotary Welding (FRW)

Suatu metode pengelasan yang dilakukan untuk memperoleh hasil lasan dengan cara melakukan penggesekan pada ujung dua bahan yang akan disambung. Pada friction rotary welding, penyambungan terjadi oleh adanya panas yang ditimbulkan oleh gesekan akibat perputaran satu dengan yang lain antara logam induk di bawah pengaruh gaya aksial. Kemudian salah satu diputar sehingga pada permukaan kontak akan timbul panas, bahkan mendekati titik didih logamnya, sehingga permukaan logam di daerah tersebut menjadi plastis. Dalam kondisi panas tersebut, pergerakan/ penggesekan relatif antar kedua logam dihentikan, kemudian diaplikasikan gaya tekan arah aksial, sehingga terjadi sambungan las (Satoto dan Ibnu, 2002).

2.5 Proses Dasar Pengelasan

Perkembangan penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa

pesat, pipa saluran, kendaraan rel dan lain sebagainya. Las dapat digunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, mempertebal bagian yang aus dan macam-macam lainnya (Wiryosumarto dan Okumura; 2008). Pengelasan (welding) adalah salah satu proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambahan maupun tidak menggunakan bahan tambahan dan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas.

Berdasarkan kerjanya pengelasan digolongkan menjadi :

1. Pengelasan cair adalah pengelasan dengan cara mencairkan logam yang akan disambung dengan sumber panas dari busur listrik atau sumber api gas terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah pengelasan dengan cara sambungan dipanaskan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah pengelasan dengan cara sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam hal ini logam induk tidak ikut mencair (Wiryosumarto dan Okumura; 2008).

Metalurgi dalam pengelasan, dalam pengertian yang sempit dapat dibatasi hanya pada logam las dan daerah yang terpengaruh panas atau Heat Affected Zone (HAZ). Untuk alasan ini secara singkat dan umum, latar belakang prinsip-prinsip metalurgi juga diperlukan sebelum membicarakan sifat-sifat las dan HAZ yang berdekatan. Dengan mengetahui metalurgi las, memungkinkan memprediksi sifat-sifat dari logam las. Pada proses pengelasan perlu diperhatikan faktor keamanan dan umur konstruksi, karena panas pengelasan sangat berpengaruh terhadap sifat material antara lain kekuatan tarik, retak las, kekerasan, ketangguhan, serta perubahan struktur mikro (Yustiasih dkk; 2005). Aspek yang timbul selama dan sesudah pengelasan harus diperhitungkan sebelumnya, karena perencanaan yang tidak sesuai dapat mengakibatkan kualitas hasil las yang kurang baik. Dengan demikian pengetahuan metalurgi las dan ditambah dengan keahlian dalam operasi pengelasan, dapat ditentukan prosedur pengelasan yang baik guna menjamin hasil sambungan las yang baik dan sempurna.

2.6 Baja ST 41

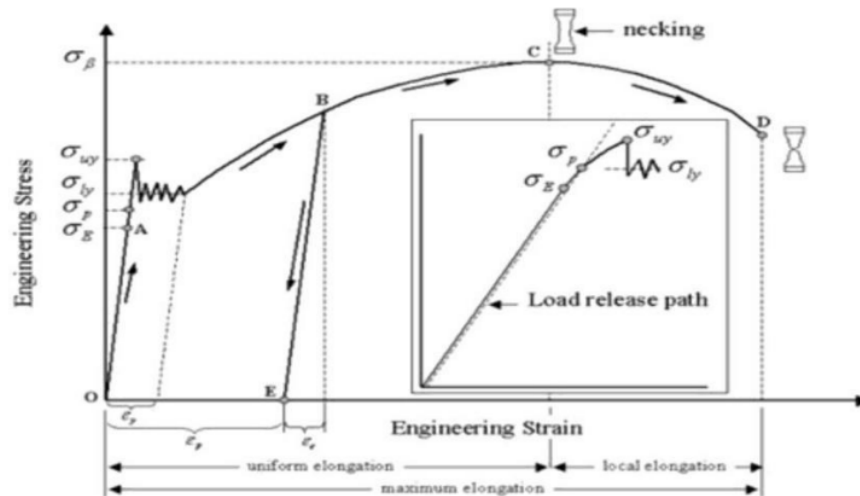
Baja ST 41 banyak digunakan untuk konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan kepekaan terhadap retak las. Baja ST 41 adalah berarti baja yang mempunyai kekuatan tarik antara 41kg/mm² sampai 49kg/mm². Kekuatan tarik ini adalah maksimum kemampuan sebelum material mengalami patah. Kekuatan tarik yield (sy) baja harganya dibawah kekuatan tarik maksimum. Baja pada batas kemampuan yield merupakan titik awal dimana sifatnya mulai berubah dari elastis menjadi plastis, Perubahan sifat material baja tersebut pada kondisi tertentu sangat membahayakan fungsi konstruksi mesin. Kemungkinan terburuk konstruksi mesin akan mengalami kerusakan ringan sampai serius. Kepekaan retak yang rendah cocok terhadap proses las, dan dapat digunakan untuk pengelasan plat tipis maupun plat tebal. Kualitas daerah las hasil pengelasan lebih baik dari logam induk. Baja St 41 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon rendah, disebut juga baja lunak, banyak sekali digunakan untuk pembuatan baja batangan, tangki, perkapalan, jembatan, menara, pesawat angkat dan dalam permesinan. Pada pengelasan akan terjadi pembekuan laju las yang tidak serentak, akibatnya timbul tegangan sisa terutama pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan las. Tegangan sisa dapat diturunkan dengan cara pemanasan pasca las pada daerah tersebut, yang sering disebut *post heat*.

2.7 Tembaga

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Lambangnya berasal dari bahasa Latin Cuprum. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu unsur ini memiliki korosi yang cepat sekali dan titik leleh Tembaga berada sekitar 1.085 derajat celcius dengan titik didih mencapai 2.562 derajat celcius.

2.8 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus. Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban



GAMBAR 2. 2 PROFIL SINGKAT UJI TARIK

gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji. Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji.

- Batas elastis σ_e (*elastic limit*) dinyatakan dengan titik A. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula (tepatnya hampir kembali ke kondisi semula) yaitu regangan “nol” pada titik O.
- Batas proporsional σ_p (*proportional limit*) Titik sampai di mana penerapan hukum Hook masih bisa ditolerir. Biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.
- Deformasi plastis (*plastic deformation*) Yaitu perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula.
- Pada gambar d yaitu bila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah landing.
- Tegangan luluh atas σ_{uy} (*upper yield stress*) Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.
- Tegangan luluh bawah σ_{ly} (*lower yield stress*) Tegangan rata-rata daerah landing sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (*yield stress*), maka yang dimaksud adalah tegangan ini.

- g. Regangan luluh ϵ_y (*yield strain*) Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.
- h. Regangan elastis ϵ_e (*elastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.
- i. Regangan plastis ϵ_p (*plastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.
- j. Regangan total (*total strain*) Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis, $\epsilon_T = \epsilon_e + \epsilon_p$. Perhatikan beban dengan arah OABE. Pada titik B, regangan yang ada adalah regangan total. Ketika beban dilepaskan, posisi regangan ada pada titik E dan besar regangan yang tinggal (OE) adalah regangan plastis.
- k. Tegangan tarik maksimum TTM (UTS, *ultimate tensile strength*) ditunjukkan dengan titik C (σ_b), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

Hukum Hooke (*Hooke's Law*) Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah *linier* atau *linear zone*. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut : rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan. *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan dan *strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

Hubungan antara stress dan strain dirumuskan dengan hukum Hooke: $E = \sigma/\epsilon$. Untuk memudahkan pembahasan, kita modifikasi sedikit dari hubungan antara gaya tarikan dan pertambahan panjang menjadi hubungan antara tegangan dan regangan (*stress vs strain*). Selanjutnya kita dapatkan, yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. E adalah gradien kurva dalam daerah linier, di mana perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) selalu tetap.

E diberi nama "*Modulus Elastisitas*" atau "*Young Modulus*". Kurva yang menyatakan hubungan antara *strain* dan *stress* seperti ini sering disingkat kurva SS (*SS curve*).

Pengujian tarik dilakukan pada spesimen hasil pengelasan. Spesimen yang digunakan untuk uji tarik dibuat menurut standard *ASTM E8*.

Pengujian Tarik dilakukan dengan mesin uji tarik, *Universal Testing Machine* (UTM).

2.9 Pengujian Impact

Struktur Mikro Mikrostruktur atau struktur mikro merupakan fasa-fasa yang terdistribusi pada logam yang dapat diamati melalui mikro test atau metalografi. Dari struktur mikro, dapat juga dilihat bentuk dan ukuran butir pada baja. Struktur mikro ini meliputi fasa yang setimbang dan tidak setimbang. Fasa yang setimbang merupakan fasa yang terbentuk dengan pendinginan yang sangat lambat, sedangkan fasa tidak setimbang adalah fasa yang terbentuk dengan pendinginan yang cepat. Fasa setimbang dapat

dianalisa dengan menggunakan diagram fasa FeC[6] . Fasa yang tidak setimbang adalah fasa yang terbentuk akibat pendinginan yang beragam, Fasa ini dapat dianalisis dengan menggunakan diagram CCT (Continuous Cooling Transformation). Pendinginan yang beragam dapat II-5 mengakibatkan perubahan pada sifat mekanik terutama kekerasan. Diagram CCT pada pengelasan baja karbon yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

1. Grain Boundary Ferrite

Merupakan struktur mikro yang menempati batas-batas butir dari weld metal.

2. Sideplate Ferrite

Merupakan struktur mikro yang bentuk strukturnya berorientasi dengan arah yang sama.

3. Accicular Ferrite

Merupakan struktur mikro yang bentuk strukturnya berorientasi secara acak dan berukuran kecil.

4. Bainite

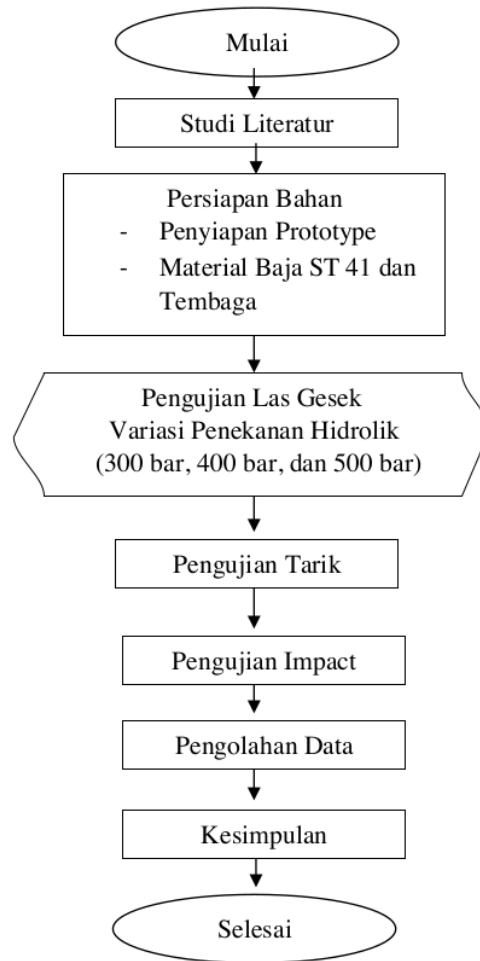
Merupakan ferrite yang tumbuh dari batas butir austenite dan memiliki kekerasan yang lebih rendah dari Martensite.

5. Martensite

Merupakan struktur mikro yang terbentuk apabila proses pendinginan pada pengelasan dilakukan dengan sangat cepat. Struktur mikro ini mempunyai sifat yang sangat keras, sehingga ketangguhannya rendah.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Penjelasan Diagram Alir

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Tujuannya adalah untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan penelitian.

2. Persiapan Bahan

Proses mempersiapkan komponen-komponen untuk prototype mesin las gesek yang berupa motor listrik, pulley, sabuk, *chuck* bor, penekan hidrolik, mur dan baut. Selain itu dalam tahap ini juga dipersiapkan material untuk spesimen berupa Baja ST 41 sebanyak 3 buah dengan Tembaga 3 buah.

3. Uji Coba Fungsi Prototype

Proses uji coba fungsi prototype dengan cara mengelas spesimen dengan variasi waktu penekanan Revolution Per Minute (RPM) Spindel 5 bar, untuk memastikan mesin las berfungsi dengan baik.

4. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan alat uji tarik pada Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Negeri Malang.

5. Pengujian Impact

Pengujian Struktur Mikro dilakukan dengan uji Impact pada Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Negeri Malang.

6. Pengolahan Data

Proses pengolahan data dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengujian pada masing-masing spesimen yang telah diberi perlakuan berbeda untuk selanjutnya dianalisis dalam pembahasan.

7. Pembahasan

Pembahasan adalah proses menganalisis data hasil pengujian berdasarkan teori-teori yang berhubungan dengan topik penelitian.

8. Penarikan Kesimpulan

Proses penarikan kesimpulan adalah proses akhir dari penelitian yang berisi simpulan hasil pengaruh variasi penekanan hidrolik dan

pemanasan terhadap sifat mekanik material hasil pengelasan terhadap kekuatan baja st 41 dengan tembaga

3.3 Perencanaan Penelitian

Pada rencana penelitian terdapat beberapa variabel yang digunakan yaitu :

1. Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan sebelum penelitian.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah :

- 1) Variasi penekanan hidrolik 300 bar, 400bar , 500bar

2. Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas.

Variabel terikat ini adalah : Uji tarik dan uji impact

3. Variabel kontrol yang besarnya dikendalikan selama penelitian.

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah :

- 1) Putaran spindel 1600 rpm
- 2) Bahan yang digunakan adalah Baja ST 41 dengan Tembaga
- 3) Diameter bahan yang digunakan untuk las gesek adalah 15 mm.
- 4) Pemanasan awal 40 detik dan waktu pengelasan gesek sambungan 47 detik

3.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan spesimen dan pengujian. Untuk pembuatan spesimen dilakukan di Laboratorium Material Universitas Brawijaya Malang, dan untuk Pengujian Tarik, Pengujian Impact, Struktur Mikro, dilakukan di Laboratorium Politeknik Negeri Malang.

3.5 Pengujian

Prosedur pengujian tarik sebagai berikut :

- a. Mengukur diameter serta panjang spesimen uji menggunakan jangka sorong, kemudian tandailah bagian tengah pada arah panjangnya sepanjang 20 mm sebagai panjang ukur benda uji.
- b. Menghidupkan mesin uji (*Universal Testing Machine = UTM*) berikut unit komputer pengendaliannya.
- c. Memasang salah satu ujung spesimen pada salah satu cekam UTM sesuai dengan tanda yang telah di buat, 'UP' atau 'DOWN' untuk menaikkan atau menurunkan cekam sesuai dengan panjang jepit yang telah ditandai.

- d. Menjalankan Program U60.
- e. Mengisi data material pada 'Method Window'
- f. Membuka layar 'Report' untuk menampilkan: *Test No, Test date, Area, Yield Point, Yield strength, Elongation, Max. Load*, dan *Break*.
- g. Melakukan pengujian dengan menekan tombol 'TEST' pada tool box.
- h. Pengujian akan segera dimulai sampai benda uji patah, dan grafik tegangan-regangannya akan ditampilkan di layar, setelah benda uji patah, mesin akan berhenti secara otomatis.
- i. Mencetak hasil pengujian dengan menekan tombol 'PRINT'.
- j. Melepas benda uji dari cekamnya, kemudian ukur panjang akhir, yakni jarak antara dua titik yang sebelumnya telah ditandai sebagai panjang ukur.
- k. Menggambar bagan penampang patahan pada lembar kerja.
- l. Melakukan pengujian yang sama untuk spesimen lainnya.
- m. Menyimpan data hasil uji yang telah dilakukan.

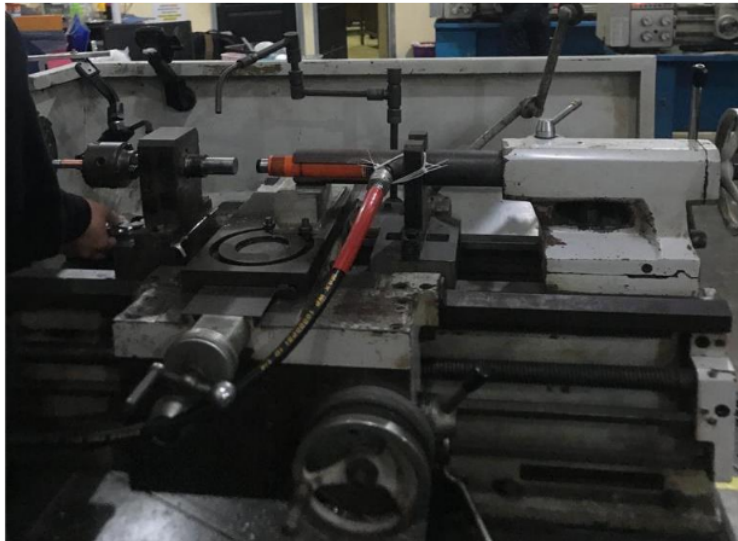
3.6 Alat dan bahan

1. kompresor
Kompresor berguna untuk sebagai alat pengisi udara pada mesin hidrolis.
2. Catometer
Sebagai alat yang digunakan untuk menghitung putaran spindel pada las gesek.
3. Gerinda
Sebagai alat untuk memotong baja yang digunakan untuk spesimen
4. Mesin Bubut
Digunakan untuk membentuk spesimen uji tarik setelah dilakukannya las gesek.
5. Airchukinflator
Digunakan sebagai alat pengukur tekanan pada mesin hidrolis.
6. Jangka sorong
Digunakan untuk mengukur panjang dan diameter spesimen.
7. Baja ST 41
Digunakan sebagai spesimen yang akan di uji
8. Tembaga

Digunakan sebagai specimen yang akan di uji

3.7 Cara Pembuatan Spesimen

1. Pemotongan Bahan
 - a) Persiapan alat dan bahan.
 - b) Pemotongan material Baja ST 41 dengan panjang 100 mm dan Tembaga juga di potong dengan ukuran sama
 - c) Dibentuk menggunakan mesin bubut kedua spesimen satu sisi menjadi champer.
2. Pengelasan Gesek
 - a) Persiapkan alat dan bahan.
 - b) Persiapkan mesin bubut dan melihat table putaran spindel sesuai dengan variasi yang ditentukan.



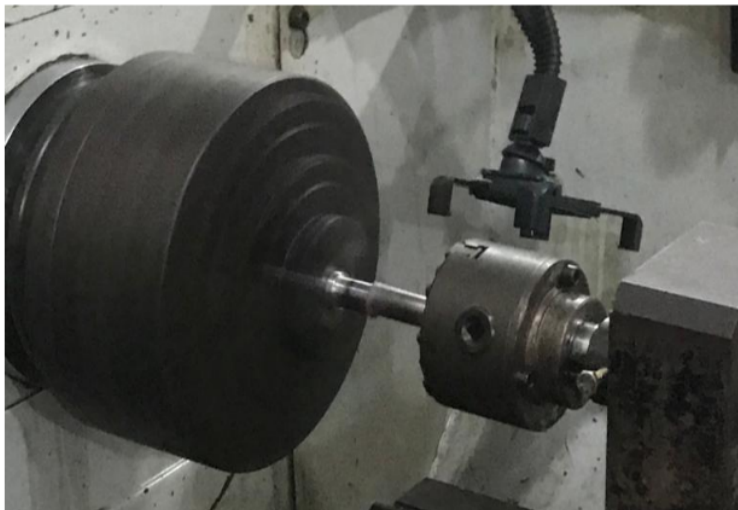
GAMBAR 3. 1 MESIN BUBUT

- c) Setelah mengatur RPM, maka selanjutnya adalah memasang specimen Baja ST 41 satu ke cekam/cuk dan Tembaga di pasang ke kepala lepas/cekam satunya yang bergerak.



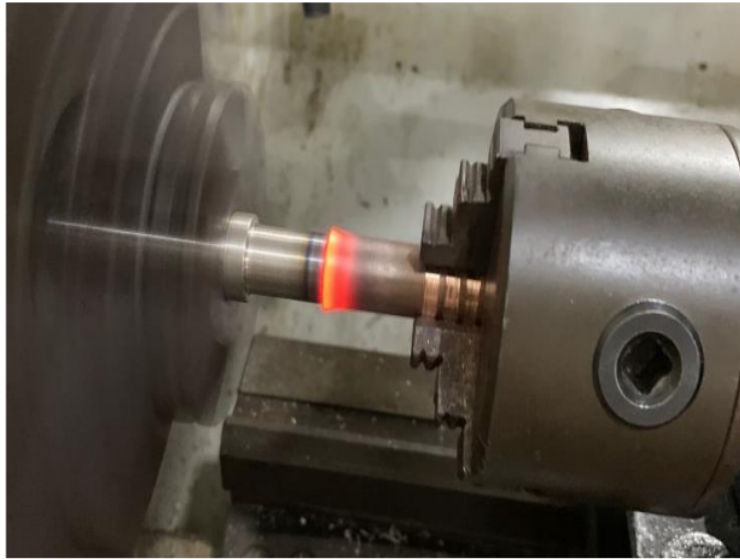
GAMBAR 3. 2 PEMASANGAN SPESIMEN

- d) Selanjutnya proses pemanasan awal pada spesimen yang sudah di pasang di cekam dengan 1600 RPM



GAMBAR 3. 3 PROSES PEMANASAN AWAL

- e) Setelah selesai pemanasan awal, selanjutnya proses pengelasan dengan variasi penekanan 300 Bar , 400 Bar , 500 Bar



GAMBAR 3. 4 PROSES PENGELASAN MATERIAL

- f) Susudah proses pengelasan, Setelah itu mendapatkan hasil pengelasan dengan pemanasan awal dan tekanan tetap.



GAMBAR 3. 5 MATERIAL YANG SUDAH MENJADI SPESIMEN



GAMBAR 3. 6 SPESIMEN PENGUJIAN

Tabel 3.1 proses pengelasan untuk uji Tarik dan Uji Impact

RPM	SPESIMEN	WAKTU PEMANASAN AWAL	VARIASI TEKANAN	WAKTU PENGELASAN
1600	A	40 detik	300 BAR	47 detik
	B	40 detik	300 BAR	47 detik
	C	40 detik	300 BAR	47 detik
	A	40 detik	400 BAR	47 detik
	B	40 detik	400 BAR	47 detik
	C	40 detik	400 BAR	47 detik
	A	40 detik	500 BAR	47 detik
	B	40 detik	500 BAR	47 detik
	C	40 detik	500 BAR	47 detik

- g) Setelah selesai proses pengelasan, kemudian di lanjutkan proses pembentukan spesimen sesuai masing – masing ukuran standard.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengelasan Gesek



GAMBAR 4.1 HASIL PENGELASAN GESEK

Gambar 4.1 diatas ini adalah benda uji hasil pengelasan gesek dengan penekanan hidrolik 300 Bar, 400 Bar, dan 500 Bar, dengan panjang benda uji yaitu 200 mm dibagi menjadi 2 bagian sehingga memiliki panjang yang sama dan berdiameter 15 mm, pengelasan gesek yang dilakukan ini menggunakan putaran spindel yakni dengan menggunakan kecepatan putaran 1600 rpm dan waktu pengelasan selama 47 detik. Maka hasil dari pengelasan tersebut seperti gambar dibawah ini.

Tabel 4. 1 Faktor Setting Level

VARIABEL TEKANAN	PEMANASAN AWAL	WAKTU PENGELASAN	PUTARAN SPINDEL
300 BAR	40 DETIK	47 DETIK	1600 RPM
400 BAR	40 DETIK	47 DETIK	1600 RPM
500 BAR	40 DETIK	47 DETIK	1600 RPM

4.2 Pengolahan Data Uji Tarik

4.2.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Setelah dilakukan pengelasan maka diperoleh sampel dengan 3 variasi yang berbeda yaitu dengan penekanan (300 bar, 400 bar, 500 bar), dan masing-masing sampel dibuat 3 rangkap agar bisa menjadi perbandingan. Berikut adalah tabel hasil uji tarik.

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Tarik

Variasi Tekanan	Jumlah Spesimen	Area (mm ²)	Force Ultimate (kgf)	0.2 Y.S Mpa(N/mm ²)	Tensile Strength Mpa (kg/mm ²)	Young Modulus Mpa (N/mm ²)	Elongation (%)
300 BAR	A	63,62	11449	162,44	179,97	2494,43	8,5
	B	63,62	11462	178,60	180,17	2000,07	12,5
	C	63,62	10386	57,62	163,26	2128,28	7,5
	Rata-rata		11097	13,28	174,5	2207,60	9,5
400 BAR	A	63,62	12457	54,01	195,82	1943,45	10,5
	B	63,62	11251	21,33	176,85	2557,44	20
	C	63,62	13005	192,84	204,42	2686,71	10
	Rata-rata		11237	89,39	192,4	2395,9	13,5
500 BAR	A	63,62	9469	77,30	148,84	2893,61	6,5
	B	63,62	10998	67,58	172,87	2513,81	6,6
	C	63,62	14649	197,16	230,27	2193,38	15,55
	Rata-rata		11706	11,40	183,10	2533,6	9,55

Sumber: Laboratorium Material Teknik Mesin S-1 ITN Malang

4.2.2 Analisa Dan Pembahasan Pengujian Tarik

Hal ini dilakukan dengan menghitung rata-rata percobaan awal dari masing masing kelas faktor untuk menentukan dari hasil pengelasan gesekan bahwa kombinasi kelas faktor dapat menghasilkan kondisi yang optimal untuk rata rata hasil uji tarik baja ST 41 dengan Tembaga . Karena karakteristik dan kualitasnya dari hasil uji tarik las gesekan ST 41 dengan Tembaga adalah “semakin besar semakin baik”, kelas koefisien dengan nilai rata-rata yang lebih tinggi telah dipilih sebagai level optimal.

Dilihat bahwa untuk respon hasil uji tarik baja ST 41 dengan tembaga untuk pengelasan gesek, semakin tinggi nilai rata-rata data pengujian awal maka semakin baik nilai karakteristiknya. tekanan hidrolik variabel 500 bar.

Pada tekanan variabel, nilai tarik rata-rata pada tekanan 500 bar adalah 11706 kgf/mm², pada 400 bar adalah 11237 kgf/mm² dan pada 300 bar adalah 11097 kgf/mm².

Kuat tarik maksimum yang dicapai adalah 500 bar karena las membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai tekanan pada 400 bar dan perubahan tekanan sebesar 300 bar. Semakin tinggi tekanan kontak, semakin cepat panas yang dihasilkan, mengakibatkan perubahan ukuran butir di daerah HAZ dan peningkatan ketebalan lapisan intermetalik rapuh di persimpangan, yang mengarah pada peningkatan kekuatan tarik urusannya.

Dari grafik hubungan antara kekuatan tarik maksimum sambungan dengan las gesek, dapat dilihat bahwa dengan pemaparan yang lebih lama, sambungan akan diperkuat hingga nilai tarik maksimumnya dan kemudian kekuatannya akan kembali menurun akibat adanya regangan. Hal ini dapat dibuktikan dari penelitian Jack Carol Adolf Pah dkk (2018).

Semakin tinggi tekanan kontak 300 bar, 400 bar, dan 500 bar, maka semakin tinggi pula kekuatan tarik sambungan dalam waktu kontak 47 detik. Kuat tarik sambungan tertinggi adalah 11706 kgf/mm² pada gaya gesek dan tekanan 500 bar.

Dalam penelitian ini, suhu yang lebih tinggi dapat dicapai, tetapi ada Batasan untuk penurunan suhunya. Kenaikan suhu akan mempengaruhi nilai error. Semakin lama waktu kontak, semakin tinggi suhu, semakin tinggi nilai regangan.

Oleh karena itu, sama seperti yang dijelaskan dalam penelitian Budi Luwar Sanyoto dkk (2012).

4.3 Pengolahan Data Uji Impact

4.3.1 Data Hasil Pengujian Impact

Setelah dilakukan pengelasan maka diperoleh sampel dengan 3 variasi yang berbeda yaitu dengan penekanan (300 bar, 400 bar, 500 bar), dan masing-masing sampel dibuat 3 rangkap agar bisa menjadi perbandingan. Berikut adalah tabel hasil uji impact.

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Impact

Variasi Tekanan	Nomor Speimen	l (mm)	b (mm)	t (mm)	h (mm)	Luas (mm)	α (°)	β (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm)
300	A	55	10	2	80	10	90	63	90,86	1,14
	B	55	10	2	80	10	90	74	98,66	1,23
	C	55	10	2	80	10	90	77	103,98	1,29
400	A	55	10	2	80	10	90	66	120,42	1,50
	B	55	10	2	80	10	90	75	123,25	1,54
	C	55	10	2	80	10	90	79	126,70	1,58
500	A	55	10	2	80	10	90	68	128,90	1,61
	B	55	10	2	80	10	90	76	134,38	1,67
	C	55	10	2	80	10	90	78	131,55	1,64

Sumber: Laboratorium Material Teknik Mesin S-1 ITN Malang.

4.3.2 Analisa Dan Pembahasan Pengujian Impact

Hal ini dilakukan dengan menghitung hasil dari Energi dan Hasil Impact (HI) percobaan awal dari masing masing kelas faktor untuk menentukan dari hasil pengelasan gesekan bahwa kombinasi kelas faktor dapat menghasilkan kondisi yang optimal untuk hasil uji Impact baja ST 41 dengan Tembaga . Karena karakteristik dan kualitasnya dari hasil uji Impact las gesekan ST 41 dengan Tembaga adalah “semakin besar semakin baik”, kelas koefisien dengan nilai Hasil Energi dan Hasil Impact (HI) yang lebih tinggi telah dipilih sebagai level optimal.

Dilihat bahwa untuk respon hasil uji impact baja ST 41 dengan tembaga untuk pengelasan gesek, semakin tinggi nilai Hasil Impact (HI) data pengujian awal maka semakin baik nilai karakteristiknya. tekanan hidrolik variabel 500 bar.

Pada tekanan variabel, Hasil nilai Tertinggi Impact pada tekanan 500 bar adalah 1,67 kgf/mm², pada 400 bar adalah 1,58 kgf/mm² dan pada 300 bar adalah 1,29 kgf/mm².

Kuat Impact maksimum yang dicapai adalah 500 bar karena las membutuhkan waktu lebih lama, untuk mencapai tekanan pada 400 bar dan perubahan tekanan sebesar 300 bar. Semakin tinggi tekanan kontak, semakin cepat panas yang dihasilkan, mengakibatkan perubahan ukuran butir di daerah HAZ dan peningkatan ketebalan lapisan intermetalik rapuh di persimpangan, yang mengarah pada peningkatan kekuatan impact.

Semakin tinggi tekanan kontak 300 bar, 400 bar, dan 500 bar, maka semakin tinggi pula kekuatan Impact sambungan dalam waktu kontak 47 detik. Kuat Impact (HI) sambungan tertinggi adalah 1,64 kgf/mm² pada gaya gesek dan tekanan 500 bar.

Dalam penelitian ini, suhu yang lebih tinggi dapat dicapai, tetapi ada Batasan untuk penurunan suhunya. Kenaikan suhu akan mempengaruhi nilai Hasil Energi Dan Hasil Impactnya. Semakin lama waktu kontak, semakin tinggi suhu, semakin tinggi nilai regangan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada pengaruh variasi tekanan hidrolis terhadap hasil pengelasan gesek baja ST 41 dengan sambungan Tembaga yang didapat adalah:

1. Spesimen yang paling rendah terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan gesek baja ST 41 dengan sambungan Tembaga adalah spesimen penekanan 300 Bar .
2. Spesimen yang paling berpengaruh tingkat keuletannya terhadap pengujian impact adalah pada area las penekanan 400 Bar dan area penekanan 500 Bar hasil pengelasan gesek baja ST 41 dengan Tembaga.
3. Tingginya penekanan hidrolis yang paling berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan gesek baja ST 41 dengan Tembaga adalah spesimen penekanan 500 Bar.

5.2 Saran

Adanya pengembangan metode, variabel, dan alat setelah dilakukannya penelitian agar lebih memahami dan mendalami ilmu las gesek serta guna untuk meningkatkan pengetahuan serta riset dalam bentuk pendidikan maupun pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Motensen, Jensen, Conrad & Losee. 2001. *Mechanical Properties and Microstructures of Inertia Friction Welded 416 Stainless Steel*. *Welding Research Supplement*, November.
- [2] Haryanto, Poedji. 2011. *Pengaruh Gaya Tekan, Kecepatan Putar, Dan Waktu Kontak Pada Pengelasan Gesek Baja St60 Terhadap Kualitas Sambungan Las*. Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- [3] Fawaiz, Ismah. 2017. *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Austenisasi Terhadap Kekerasan, Kekuatan Impak Dan Struktur Mikro Dengan Proses Laku Panas Pada Baja Karbon Aisi 1050*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [4] Elkana K. 2020. *Analisa Pengaruh Variasi Penekanan Hidrolik Dan Pemanasan Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Gesek Baja ST 37 Dengan Metode Taguchi*.
- [5] M. Sadam S. 2021. *Analisa Lapisan Pack Carburizing Pada Baja Carbon St-37 Menggunakan Media Arang Cangkang Kenari Dan Serbuk Fotocopy*. MALANG
- [6] Yudhistian Angga R. 2016. *Variasi Kecepatan Putaran Dan Tekanan Tempa Pada Friction Welding Terhadap Sifat Mekanik AL 6061*". Universitas Jember.
- [7] Kolbi. 2015. *Analisa Pengaruh Las Gesek Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Sambungan Logam Pipa Kuningan 5/8"* ¹⁴ *Dengan Metode Pengelasan Gesek (Rotary Friction Welding) "*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- [8] Sunyoto, dkk. 2020. ⁵ *Optimalisasi Fungsi Mesin Bubut Untuk Pengelasan Rotary*
- [9] *Friction Welding Dengan Menambah Jig Dan Pendorong Hidrolik* ". Universitas Gajah Mada.

LAMPIRAN



PT. INI. PERSEROI MALANG
BANK NAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 555015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karangjo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN - 134/III.MS-1/2023
Lampiran : -
Perihal : Ijin Penelitian/Pengambilan Data Pengujian Skripsi

6 Desember 2023

Kepada Yth : Ka. Lab. Material
Institut Teknologi Nasional Malang
di - Tempat

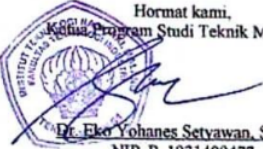
Diberitahukan dengan hormat, bahwa mahasiswa kami dari Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang :

No	NIM	Nama
1	2011042	Ibnu Dwi Neza Prayetno

Bermaksud akan melaksanakan kegiatan Skripsi di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang.

Berkenaan dengan hal tersebut, mohon kiranya agar mahasiswa yang bersangkutan dapat diijinkan untuk melaksanakan kegiatan Skripsi tersebut.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,
Kepada Program Studi Teknik Mesin S1

Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST, MT
NIP. P. 1031400477

Tembusan kepada Yth :
1. Arsip



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN – 134/III.MS-1/2023 20 Desember 2023
Lampiran : -
Perihal : Ijin Penelitian/Pengambilan Data Pengujian Skripsi

KepadaYth : Ka. Lab. Material
Universitas Brawijaya Malang
di - Tempat

Diberitahukan dengan hormat, bahwa mahasiswa kami dari Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang :

No	NIM	Nama
1	2011042	Ibnu Dwi Neza Prayetno

Bermaksud akan melaksanakan kegiatan Skripsi di Laboratorium Material Universitas Brawijaya.

Berkenaan dengan hal tersebut, mohon kiranya agar mahasiswa yang bersangkutan dapat diijinkan untuk melaksanakan kegiatan Skripsi tersebut.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.



Hormat kami,
Ketua Program Studi Teknik Mesin S1

Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST.MT
NIP. P. 1031400477

Tembusan kepada Yth :
1. Arsip



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
Jl. Raya karanglo Km.2 Telp.(0341) 417636 Ext. 511 Malang

HASIL UJI IMPACT

Nomor : ITN-002/Lab PM/I/2024
Nama : IBNU DWI NEZA PRAYETNO
Tanggal Pengujian : 03 JANUARI 2023
Pekerjaan : Skripsi
Spesimen : Sambungan Baja ST 41 dengan Tembaga (*Friction Welding*)

Sampel Uji Impact (Variasi Tekanan)	Nomor Spesimen	I (mm)	b (mm)	h (mm)	t (mm)	Luas (mm ²)	α (°)	β (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm ²)
300 BAR	A	55	10	10	8	80	90	63	90.86	1.14
	B	55	10	10	8	80	90	74	98.66	1.23
	C	55	10	10	8	80	90	77	103.98	1.29
400 BAR	A	55	10	10	8	80	90	66	120.42	1.50
	B	55	10	10	8	80	90	75	123.25	1.54
	C	55	10	10	8	80	90	79	126.70	1.58
500 BAR	A	55	10	10	8	80	90	68	128.90	1.61
	B	55	10	10	8	80	90	76	134.38	1.67
	C	55	10	10	8	80	90	78	131.55	1.64



Laboratorium Pengujian Material

Tito Arif Sutrisno, S.Pd., M.T
NIP.P 103 21 00598



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
Jl. Raya karanglo Km.2 Telp.(0341) 417636 Ext. 511 Malang

HASIL UJI TARIK

Nomor : ITN-002/Lab PM/I/2024
Nama : IBNU DWI NEZA PRAYETNO
Tanggal Pengujian : 03 JANUARI 2023
Pekerjaan : Skripsi
Spesimen : Sambungan Baja ST 41 dengan Tembaga (*Friction Welding*)

No.	Sampel Uji Tarik (Variasi Tekanan)	Sampel	Area (mm)	Max. Force (N)	0.2% Y.S MPa(N/mm ²)	Tensile Strength MPa(N/mm ²)	Young Modulus MPa(N/mm ²)	Elongation (%)
1.	300 BAR	A	63.62	11449	162.44	179.97	2494.43	8.5
		B	63.62	11462	178.60	180.17	2000.07	12.5
		C	63.62	10386	57.62	163.26	2128.28	7.5
2.	400 BAR	A	63.62	12457	54.01	195.82	1943.45	10.5
		B	63.62	11251	21.33	176.85	2557.44	20
		C	63.62	13005	192.84	204.42	2686.71	10
3.	500 BAR	A	63.62	9469	77.30	148.84	2893.61	6.5
		B	63.62	10998	67.58	172.87	2513.81	6.6
		C	63.62	14649	197.16	230.27	2193.38	15.55

Petugas Laboratorium Pengujian Material

Pto Arif Sutrisno, S.Pd., M.T
NIP.P 103 21 00598



SeAH Besteel Corp.
1-6, SONGWOO-DONG KUSAN,
CHEONGJU, KOREA(373-711)

MILL CERTIFICATE

TEL : +82-(0)63-460-8572, 8318(QA)
+82-(0)63-460-8114(Repres.)
FAX : +82-(0)63-460-8423 Page(0/0)
Size (mm) : 13 - 100
Length (mm) : 6,000
Weight (kg) :
Quantity(pcs) : 1,000

Date : 2017-04-20
Cert. No. : 201704-207485
Customer :
Heat No. : 269824

Steel Grade : AISI 1041/ST41
Shape of Product : ROUND BAR
Delivery Condition : As Rolled

Inspection Items		Chemical Composition (wt. %)				
		C	SI	MN	P	S
		x 100	x 100	x 100	x 100	x 1000
Spec.	Min.	15	15	3	3	35
	Max.	35	25	6	3	35
	Result	30	25	4	MAX	MAX
Inspection Items		Product Hardness (Hb)				
		SURFACE 160 HB				

Mechanical Properties AISI 1041/ST41

Mechanical Properties	Symbol	Steel
Young's modulus (GPa)	E	190 - 210
Poisson's ratio	ν	0.26
Density (Kg/m ³)	P	7.860
Yield strength (MPa)	S_y	205 - 245
Tensile strength (MPa)	S_t	400 - 510
Elongation (%)		27 - 30
Hardness (Hb)	Hb	160

<Remark>

B/DG : 4

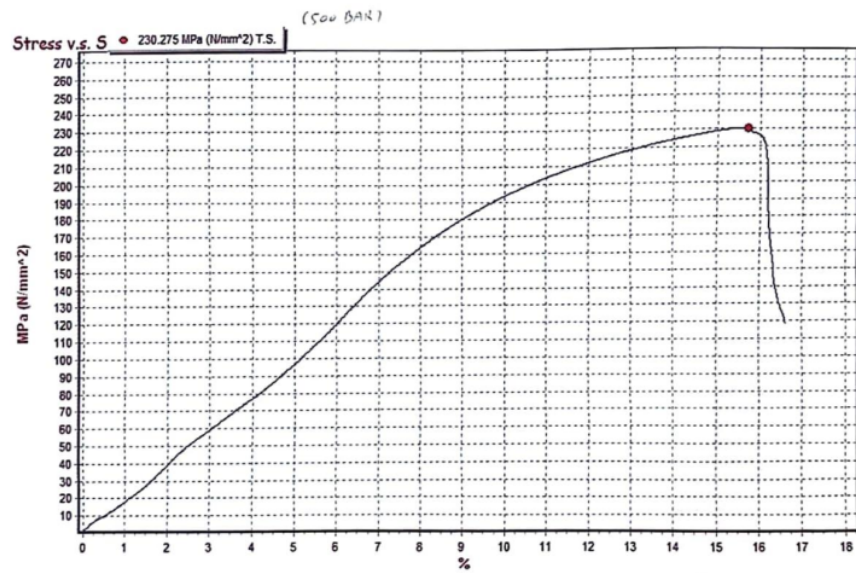
End of report

We hereby certify that the material described herein has been
made in accordance with the rules of the contract.

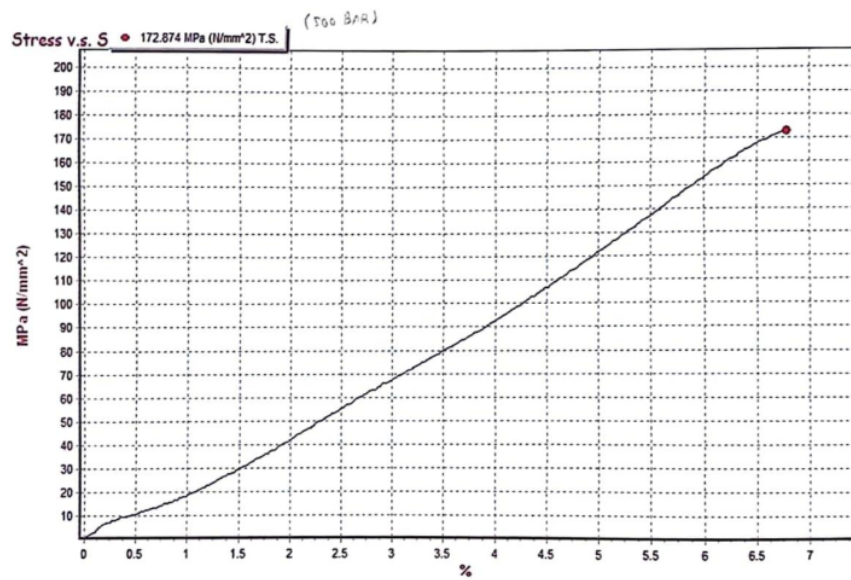
Certified by

O. Y. Cho

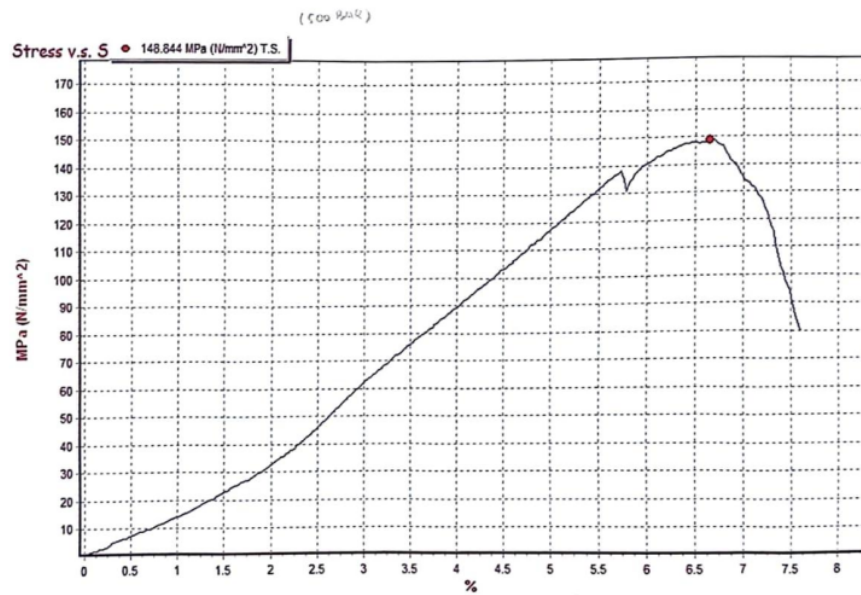
Manager of Quality Assurance Dept



UJI TARIK ASTM E8-009



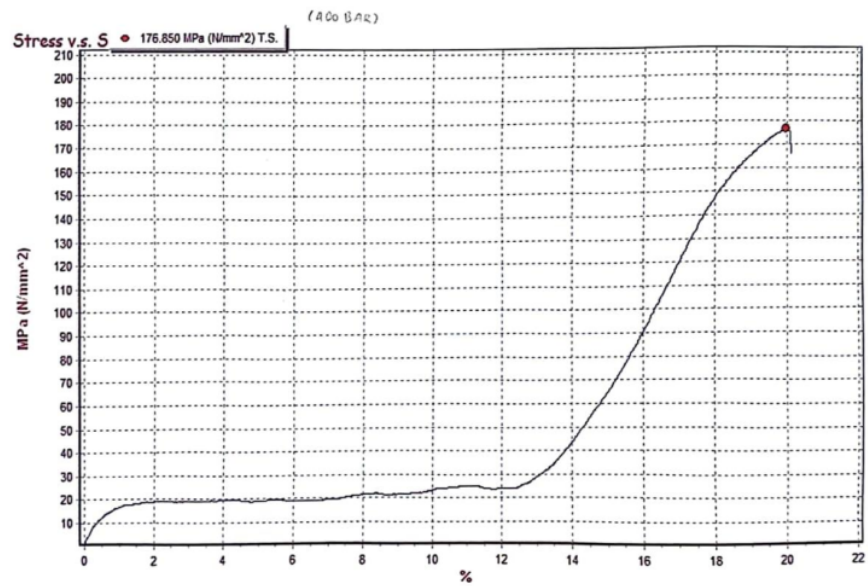
UJI TARIK ASTM E8-008



UJI TARIK ASTM E8-007



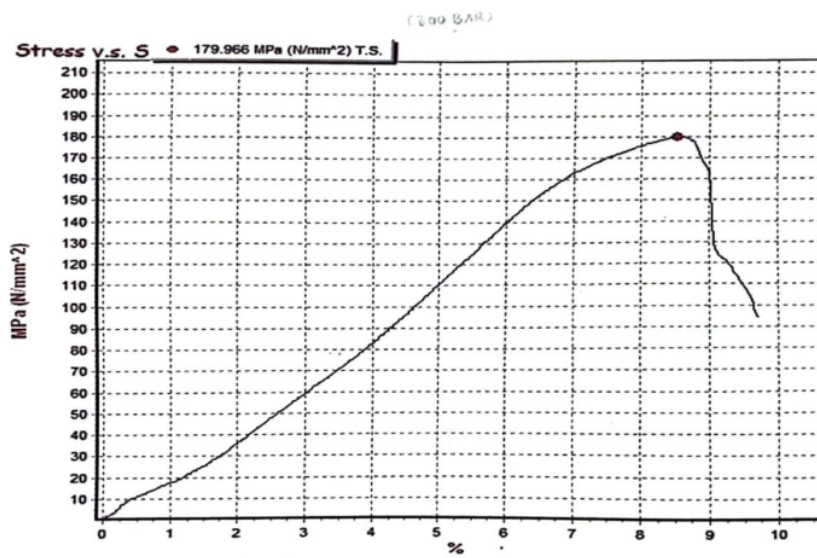
UJI TARIK ASTM E8-006



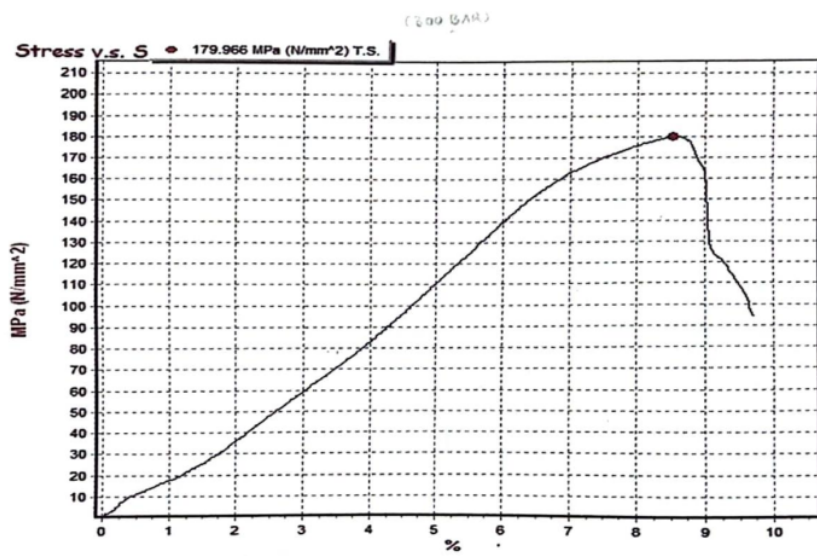
UJI TARIK ASTM E8-005



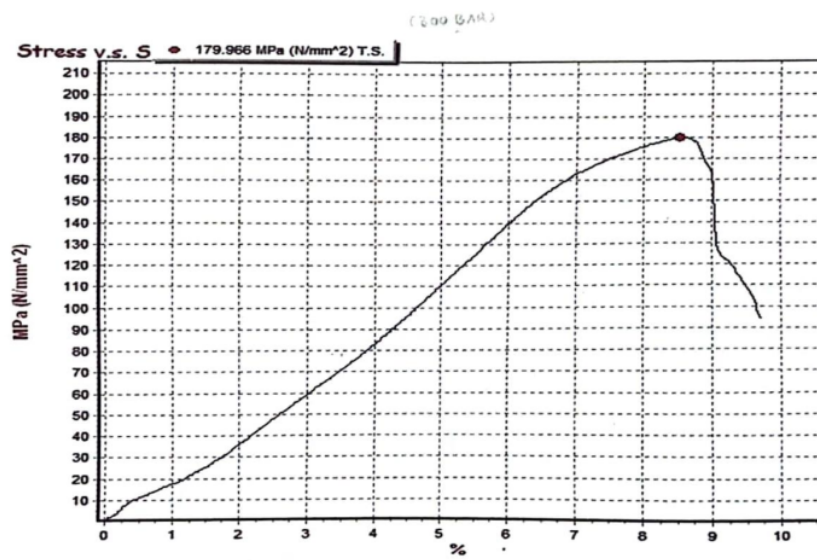
UJI TARIK ASTM E8-004



UJI TARIK ASTM E8-001



UJI TARIK ASTM E8-001

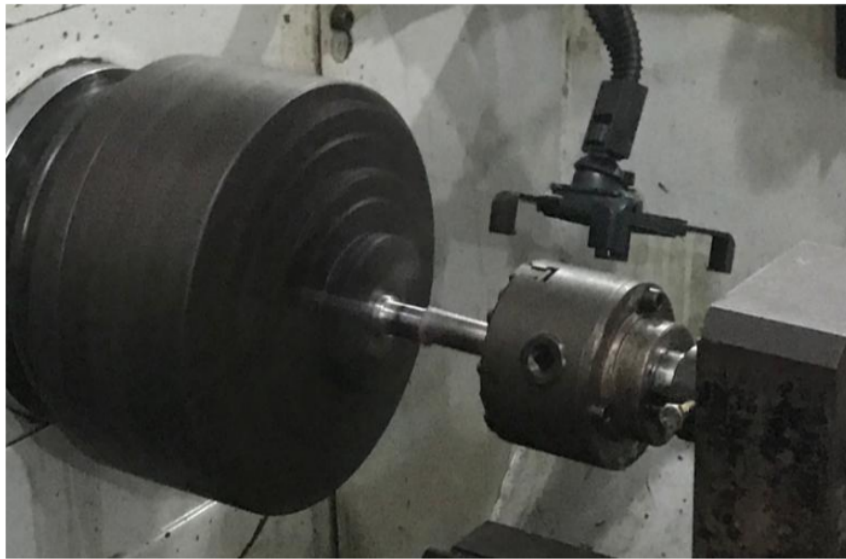


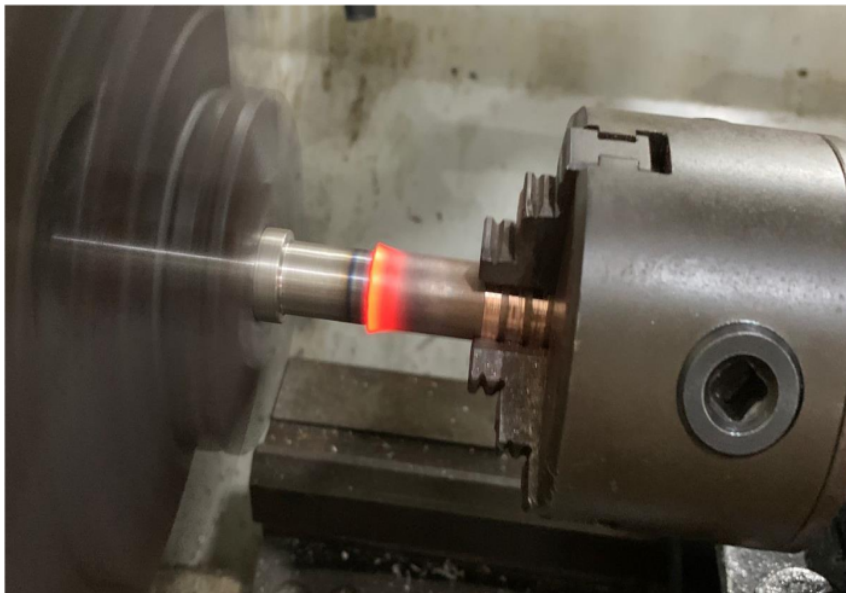
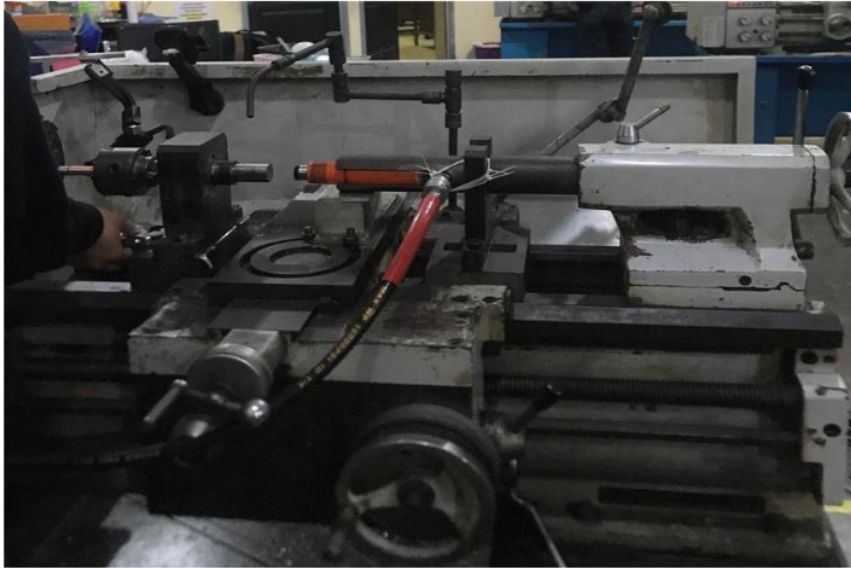
UJI TARIK ASTM E8-001













ANALISA KEKUATAN UJI TARIK DAN UJI IMPACT SAMBUNGAN BAJA ST 41 DENGAN TEMBAGA PADA PENGELASAN GESEK (FRICTION WELDING) MENGGUNAKAN MESIN BUBUT

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Institut Teknologi Nasional Malang Student Paper	2%
2	eprints.ums.ac.id Internet Source	1%
3	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%
4	Submitted to Universitas Pamulang Student Paper	1%
5	repository.unpas.ac.id Internet Source	<1%
6	www.researchgate.net Internet Source	<1%
7	repository.ub.ac.id Internet Source	<1%
8	jurnal.unmuhjember.ac.id Internet Source	<1%

9	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
10	repository.wima.ac.id Internet Source	<1 %
11	Submitted to Xavier University Student Paper	<1 %
12	id.123dok.com Internet Source	<1 %
13	jurnal.untidar.ac.id Internet Source	<1 %
14	docplayer.info Internet Source	<1 %
15	repository.upnjatim.ac.id Internet Source	<1 %
16	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
17	publikasiilmiah.ums.ac.id Internet Source	<1 %
18	Submitted to Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia Student Paper	<1 %
19	volontegenerale.nl Internet Source	<1 %
20	jurnal.ranahresearch.com	

Internet Source

<1 %

21

es.scribd.com

Internet Source

<1 %

22

text-id.123dok.com

Internet Source

<1 %

23

fr.scribd.com

Internet Source

<1 %

24

repository.its.ac.id

Internet Source

<1 %

25

anisaoktavia24.blogspot.com

Internet Source

<1 %

26

repository.ar-raniry.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off