

**PENGARUH MASA TUNGGU PEMBERSIHAN TERAK TERHADAP
KEKUATAN TARIK DAN IMPAK BAJA AISI 1041**

(skripsi)

**Oleh :
Arief Rachman
(2055021013)**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2026

**PENGARUH MASA TUNGGU PEMBERSIHAN TERAK TERHADAP
KEKUATAN TARIK DAN IMPAK BAJA AISI 1041**

Oleh:

Arief Rachman

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

PENGARUH MASA TUNGGU PEMBERSIHAN TERAK TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK BAJA AISI 1041

Oleh :

Arief Rachman

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh masa tunggu pembersihan terak terhadap kekuatan tarik dan impak baja AISI 1041. Variasi Masa tunggu yang digunakan adalah 0, 1, 2, dan 3 menit. Metode penelitian meliputi persiapan spesimen, proses pengelasan, dan pengujian sifat mekanik yang terdiri dari uji tarik dan uji impak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi masa tunggu pembersihan terak selama 3 menit memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik sambungan las. Spesimen dengan masa tunggu 3 menit menunjukkan nilai kekuatan tarik maksimum sebesar 419,423 MPa dan energi impak sebesar 115 *Joule* lebih tinggi dibandingkan masa tunggu 0,1 dan 2 menit. Hal ini disebabkan karena ketika terak dibersihkan terlalu cepat, suhu logam las masih tinggi sehingga proses oksidasi berlangsung lebih intensif. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemahaman masa tunggu pembersihan terak terhadap kekuatan tarik dan impak, yang dapat dimanfaatkan dalam aplikasi industri yang membutuhkan sambungan las yang optimal.

Kata Kunci : Masa Tunggu Pembersihan Terak, Baja AISI 1041, Sambungan Las, Sifat Tarik, Energi Impak.

ABSTRACT

THE EFFECT OF SLAG DELAY ON TENSILE STRENGTH AND IMPACT PROPERTIES OF AISI 1041 STEEL

By :

Arief Rachman

This study aims to examine the effect of slag cleaning waiting time on the tensile strength and impact toughness of AISI 1041 steel. The waiting time variations used were 0, 1, 2, and 3 minutes. The research method included specimen preparation, welding processes, and mechanical property testing consisting of tensile and impact tests. The results show that a slag cleaning waiting time of 3 minutes has a significant effect on the mechanical properties of the welded joint. Specimens with a 3-minute waiting time exhibited the highest tensile strength of 419.423 MPa and impact energy of 115 Joules, which were higher than those obtained at waiting times of 0, 1, and 2 minutes. This is because when slag is removed too quickly, the weld metal temperature remains high, leading to more intensive oxidation processes. This study contributes to a better understanding of the effect of slag cleaning waiting time on tensile strength and impact toughness, which can be applied in industrial applications requiring optimal welded joints.

Keywords: Slag Removal Delay, AISI 1041 Steel, Welded Joints, Tensile Properties, Impact Energy.

Judul Skripsi

: **PENGARUH MASA TUNGGU PEMBERSIHAN
TERAK TERHADAP KEKUTAN TARIK DAN
IMPAK BAJA AISI 1041**

Nama Mahasiswa

: **Arief Rachman**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2055021013**

Program Studi

: **Teknik Mesin**

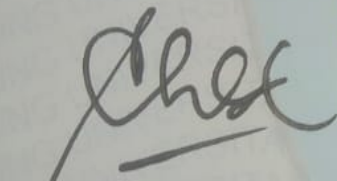
Fakultas

: **Teknik**

MENYETUJUI

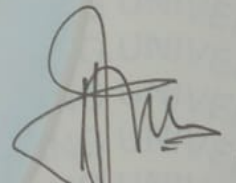
Komisi Pembimbing 1

Komisi Pembimbing 2



Ir. Tarkono, S.T., M.T., IPP.

NIP. 197004151998021001



Harnowo, S.T., M.T.

NIP. 196909091997031002

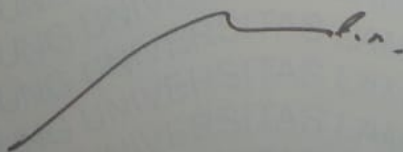
MENGETAHUI

Ketua Jurusan

Ketua Program Studi

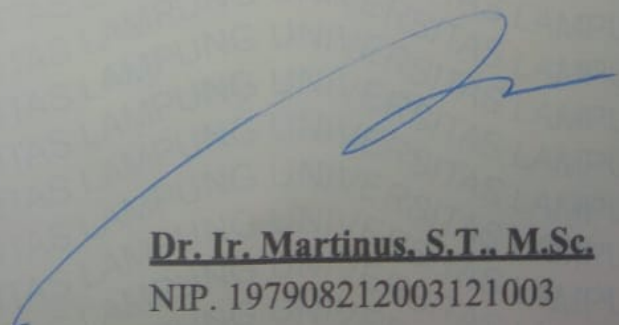
Teknik Mesin

S1 Teknik Mesin



Ahmad Su'udi, S.T., M.T.

NIP. 197408162000121001



Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.

NIP. 197908212003121003

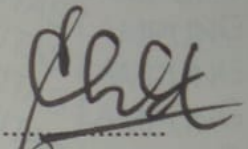
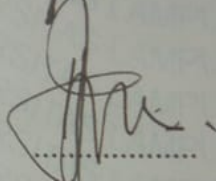
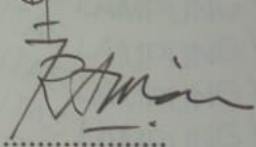
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Tim : Ir. Tarkono, S.T., M.T., IPP.

Anggota Penguji : Harnowo Supriadi, S.T., M.T.

Penguji Utama : Prof. Ir. Irza Sukmana, S.T., M.T., Ph.D.


.....

.....

.....

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 27 Januari 2026

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arief Rachman
Nomor Pokok Mahasiswa : 2055021013
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Skripsi dengan judul “PENGARUH MASA TUNGGU PEMBERSIHAN TERAK TERHADAP KEKUTAN TARIK DAN IMPAK BAJA AISI 1041” dibuat sendiri oleh penulis dan bukan merupakan hasil plagiat siapapun sebagaimana diatur didalam Pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor Nomor 3187/H26/DT/2010.

Bandar Lampung, 10 Februari 2026

Pembuat Pernyataan



Arief Rachman

NPM. 2055021013

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Arief Rachman, lahir di Palputih Simpang, Kabupaten Lampung



Selatan, pada 23 November 2001. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Rachmanudin dan Ibu Mistati. Penulis menyelesaikan jenjang pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Sindang Sari (2014), Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Tanjung Sari (2017), dan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK 5 Bandar Lampung (2020).

Pada 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN). Selama masa studi Penulis mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Januari-Februari 2025 di Desa Gedung Aji, Kecamatan Gedung Aji, Kabupaten Tulang Bawang. Penulis mengikuti kegiatan Kerja Praktik (KP) di PT. CHEIL JEDANG FEED LAMPUNG pada Januari-Februari 2024 dengan judul laporan “ANALISIS KEAUSAN PADA *BELT ELEVATOR* PT. CHEIL JEDANG FEED LAMPUNG”.

Tahun 2025 penulis melakukan penelitian tugas akhir di jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung dengan judul penelitian “PENGARUH MASA TUNGGU PEMBERSIHAN TERAK TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK BAJA AISI 1041”

MOTTO

“Penegasan bahwa kesulitan selalu disertai kemudahan,
memotivasi untuk terus berusaha.”

(QS. Al-Insyirah:5)

“ Jadilah seperti padi”

-Arief Rachman-

PERSEMBAHAN

Dengan penuh kerendahan hati penulis mempersembahkan

Tugas Akhir ini

khususnya untuk penulis sendiri dan kepada:

Ibu tercinta Mistati, yang senantiasa memberikan semangat dan memberikan dukungan moral serta materi sehingga penulis dapat bertahan sampai sejauh ini. Berkat dukungan dari ibu tercinta penulis dapat melanjutkan Pendidikan sampai ke jenjang perkuliahan ini walaupun sempat terputus selama setahun.

Ayah tercinta Rachmanudin, yang selama hidup menasehati penulis agar semangat untuk melanjutkan pendidikan untuk bekal di masa depan.
selama ini.

Pada seseorang yang senantiasa memberikan support dan dukungan serta semangat kepada penulis agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Dan kepada para penyemangat penulis selama menempuh Pendidikan S1 serta kepada para pembaca Tugas Akhir ini.

Terimakasih atas dorongan dan semangat yang senantiasa kalian berikan

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala berkat dan rahmat yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Skripsi ini berjudul **“Pengaruh Masa Tunggu Pembersihan Terak Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Baja AISI 1041”**. Semua sumber yang dirangkum dan dijadikan sebagai acuan dalam penyusunan skripsi ini yaitu berasal dari buku yang berkaitan dengan tema, jurnal dan prosiding nasional maupun internasional serta Tugas Akhir Mahasiswa dari seluruh kampus yang ada di Indonesia. Hasil dari penelitian disajikan secara terstruktur didalam skripsi ini sehingga para pembaca dapat memahaminya dengan mudah.

Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapat bimbingan, masukan, motivasi dan juga bantuan baik itu secara moral maupun materi dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Ir.Tarkono, S.T., M.T., IPP selaku Dosen pembimbing I yang telah membimbing dan selalu mendampingi penulis dengan sabar dalam proses penyusunan skripsi hingga terselesaikan secara terstruktur.
2. Harnowo Supriadi, S.T., M.T. selaku Dosen pembimbing II yang telah bersedia membimbing dan memerikan serta saran masukan dengan tenang kepada penulis selama proses pengerjaan skripsi ini.
3. Prof. Ir. Irza Sukmana, S.T., M.T.,Ph.D. selaku dosen penguji yang telah bersedia mengoreksi serta meluruskan tanpa pernah menyalahkan penulis dalm menyusun skripsi ini.

4. Ahmad Su'udi, S.T., M.T selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Dr. Ir. Martinus, S.T., M.T., M.Sc selaku ketua prodi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
6. Seluruh Dosen di Teknik Mesin universitas Lampung yang telah menjadi guru dan mengajarkan dasar pengetahuan yang dibutuhkan kepada penulis.
7. Orang tua saya Bapak Rachmanudin dan Ibu Mistati. terima kasih atas pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan kepada penulis, tak kenal lelah mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu untuk menyelesaikan perkuliahan hingga meraih gelar sarjana. Terimakasih selalu berjuang untuk kehidupan penulis.
8. Seluruh Staff dan karyawan di jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
9. Seluruh saudara-saudara yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
10. Teman angkatan 2020 Teknik Mesin yang telah memberikan informasi - informasi terkait penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, namun Penulis berharap agar skripsi yang sederhana ini dapat memberi inspirasi dan berguna bagi semua kalangan aktivitas akademik maupun masyarakat Indonesia. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 10 Februari 2026

Penulis,

Arief Rachman

NPM. 2055021013

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Batasan masalah	3
1.4 Tujuan penelitian	4
1.5 Sistematika penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Dasar Pengelasan.....	5
2.2 Baja AISI 1041	8
2.3 Klasifikasi Baja Karbon	9
2.3.1 <i>Carbon</i> (C)	10
2.3.2 Mangan (Mn)	10
2.3.3 Phospor (P).....	11
2.3.4 Sulfur (S).....	11
2.3.5 Silicon (Si)	11
2.4 Terak.....	11
2.4.1 Elektroda	13
2.4.2 Arus listrik.....	14
2.5 Pengujian tarik.....	14
2.6 Pengujian Impak.....	17
2.6.1 Jenis-jenis Metode Uji <i>Impac</i>	18
2.6.2 Bentuk patahan Pada Uji Impak.....	19
2.6.3 Besar Energi Impak.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.2.1 Alat Penelitian.....	23

3.2.2 Bahan Penelitian.....	29
3.3 Prosedur Penelitian.....	31
3.3.1 Persiapan Spesimen.....	31
3.3.2 Prosedur Pelaksanaan Pengelasan.....	32
3.3.3 Pembuatan Spesimen Uji	33
3.3.4 Prosedur Pengujian	34
3.4 Pengambilan Data.....	35
3.5 Diagram Alir.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Hasil Pengelasan.....	37
4.1.1 Hasil Sebelum dan Sesudah Pengelasan Baja AISI 1041 Uji Impak....	37
4.1.2 Hasil Sebelum Pengelasan dan Sesudah Pengelasan Baja AISI 1041 untuk Uji Tarik.....	38
4.2 Hasil dan pembahasan uji impak.....	38
4.3 Hasil dan pembahasan uji Tarik	43
BAB V PENUTUP.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses pengelasan SMAW	7
Gambar 2. Cara perpindahan logam dalam teknik pengelasan SMAW.....	12
Gambar 3. Kurva Tegangan-Regangan	16
Gambar 4. Mesin Uji Tarik	17
Gambar 5. Mesin Uji Impak.....	17
Gambar 6. Metode <i>izod</i> dan Metode <i>charpy</i>	20
Gambar 7. Mesin Las SMAW	24
Gambar 8. Mesin Uji Tarik	25
Gambar 9. Mesin Uji Impak.....	26
Gambar 10. Palu terak pengelasan	28
Gambar 11. Gerinda sikat kawat.....	28
Gambar 12. Bahan Baja AISI 1041.....	29
Gambar 13. Dimensi Kampuh dengan Alur V Tunggal	31
Gambar 14. Persiapan material	32
Gambar 15. Ukuran Dimensi Spesimen Uji Impak ASTM E-23.....	33
Gambar 16. Ukuran Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM E-8	33
Gambar 17. Diagram Alir	36
Gambar 18. Hasil (a) sebelum pengelasan, (b) setelah pengelasan untuk uji impak dengan Kampuh V tunggal.....	37
Gambar 19. Hasil (a) sebelum pengelasan (b) setelah pengelasan untuk uji tarik	38
Gambar 20. Diagram energi yang diserap.....	39
Gambar 21. Diagram Harga Impak.....	40
Gambar 22. Patahan Dari Spesimen Uji Impak	42
Gambar 23. Grafik uji tarik masa tunggu 0 menit	43
Gambar 24. Grafik uji tarik masa tunggu 1 menit	44
Gambar 25. Grafik uji tarik masa tunggu 2 menit	45
Gambar 26. Grafik uji tarik masa tunggu 3 menit	45
Gambar 27. Spesimen Uji Tarik Yang Telah Putus.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja AISI 1041 (<i>Mill Certificate</i>)	8
Tabel 2. Diameter Elektroda dan Arus Las	14
Tabel 3. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	23
Tabel 4. Spesifikasi Mesin Las	24
Tabel 5. Spesifikasi Mesin Uji Tarik	26
Tabel 6. Spesifikasi Mesin Uji Impak.....	27
Tabel 7. Komposisi Kimia Baja AISI 1041	29
Tabel 8. Sifat Mekanik Baja AISI 1041.....	29
Tabel 9. Komposisi Kimia Elektroda RB-26	30
Tabel 10. Sifat Mekanik Elektroda RB-26.....	30
Tabel 11. Contoh Hasil Uji Tarik.....	35
Tabel 12. Contoh Hasil Uji Impak	35
Tabel 13. Data Hasil Pengujian Impak Masa tunggu 0,1,2, Dan 3 Menit	39
Tabel 14. Data Hasil Uji Tarik.....	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di tengah perkembangan globalisasi yang semakin pesat, setiap orang perlu mempelajari kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu contohnya adalah teknologi penyambungan logam melalui teknik las. *Welding*, atau las, adalah metode yang digunakan untuk menghubungkan logam dengan memanfaatkan energi panas untuk melelehkan dua bagian atau lebih. Proses pengelasan yang sering digunakan di industri adalah pengelasan SMAW. Pengelasan SMAW adalah metode penyambungan logam yang memanfaatkan energi panas untuk mencairkan elektroda dan benda kerja (Wijaya et al., 2025).

Baja memiliki berbagai jenis dan spesifikasi tidak semua jenis baja memiliki kemampuan pengelasan yang baik. Salah satu logam yang memiliki sifat pengelasan yang baik adalah baja karbon rendah hingga sedang (Arifin dkk, 2017). Baja AISI 1041 adalah baja karbon sedang dengan kandungan karbo kurang dari 0,6%. Baja ini biasanya digunakan dalam pembuatan konstruksi dan alat-alat mesin. Metode pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) banyak digunakan pada struktur konstruksi. Penelitian ini bertujuan membandingkan hasil pengujian kekuatan tarik dan impak pada sambungan las baja AISI 1041 dengan masa tunggu pembersihan terak las (Manurung dkk, 2021).

Kekuatan sambungan las adalah tujuan utama dalam proses pengelasan. Hal ini sangat penting karena berkaitan dengan risiko yang muncul jika terjadi retak atau cacat pada sambungan las, yang dapat mengakibatkan kegagalan konstruksi di sektor industri, baik migas maupun non-migas (Asiri, 2021). Fluks digunakan dalam proses pengelasan untuk meningkatkan stabilitas busur, menghasilkan terak yang melindungi logam las, serta mengontrol laju pendinginan logam las. Fluks juga berfungsi sebagai penambah unsur paduan dan mengatur bentuk logam las (*weld*

bead) agar lebih optimal. Berbagai jenis fluks akan menghasilkan karakteristik pyrometalurgi dan sifat logam yang berbeda pada hasil las.

Terak yang terbentuk selama proses pengelasan berfungsi untuk melindungi logam las dari kontaminasi dengan lingkungan luar. Terak yang dihasilkan dari komponen *fluks* yang terbakar akan menghasilkan gas dan terak yang melindungi logam cair, sehingga logam las terhindar dari kontaminasi udara luar yang dapat menyebabkan cacat pada hasil las (Moektiwibowo dkk, 2015). Setelah proses pengelasan selesai, terak harus dibersihkan dari permukaan hasil las. Pembersihan terak sangat penting karena terak yang bersifat rapuh dapat tertinggal pada daerah takik las (*undercut*) sehingga berpotensi menurunkan kekuatan sambungan las.

Terak umumnya dibersihkan dari permukaan las setelah terbentuk dan mengering, tetapi belum ada aturan yang jelas mengenai waktu pembersihan terak. Beberapa *welder* membersihkannya segera Setelah proses pengelasan, meskipun terak berperan dalam mencegah terjadinya oksidasi ketika suhu logam las masih tinggi, sebagian pihak memilih untuk menunggu beberapa waktu sebelum melakukan pembersihan sebelum membersihkannya. Atas dasar pertimbangan tersebut, diperlukan penelitian untuk menganalisis pengaruh waktu pembersihan terak yang mempengaruhi sifat mekanik sambungan las baja AISI 1041 (Tarkono, 2012).

Proses pembersihan terak memerlukan keterampilan yang memadai dari seorang *welder* agar tidak menimbulkan dampak yang tidak diharapkan, seperti terjadinya retak pada logam las akibat kelalaian saat pembersihan. Pembersihan terak dilakukan setelah proses pengelasan selesai oleh operator las dengan menggunakan palu terak las dan sikat baja. Umumnya, terak dibersihkan ketika telah terbentuk dan mengeras di permukaan logam las, namun hingga saat ini belum terdapat standar baku yang menetapkan waktu pasti pembersihan terak tersebut. Dalam praktiknya, terdapat welder yang membersihkan terak segera setelah pengelasan selesai, meskipun terak berperan sebagai pelindung terhadap oksidasi ketika suhu logam las masih tinggi. Di sisi lain, ada pula welder yang menunggu beberapa waktu sebelum melakukan pembersihan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian

mengenai pengaruh masa tunggu pembersihan terak untuk menentukan waktu yang paling optimal dalam proses pembersihan terak (Sugeng dan Sulaiman, 2019).

Dalam penelitian ini, dua jenis baja dilas dengan masa tunggu pembersihan terak yang berbeda. Masa tunggu pembersihan terak dalam proses pengelasan dapat mempengaruhi sifat mekanik yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak masa tunggu pembersihan terak terhadap karakteristik mekanik baja AISI 1041. Pada proses pengelasan SMAW ini, akan diuji kekuatan impact dan uji tarik hasil pengelasan terkait waktu pembersihan terak. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan parameter pengelasan yang mempertimbangkan waktu pembersihan terak dari segi kekuatan impact dan kekuatan tarik (Nugroho, 2018).

1.2 Rumusan masalah

Rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh dari waktu pembersihan terak pada sifat kekuatan uji tarik dan kekuatan impact pada baja AISI 1041.
- b. Menganalisis waktu optimal dalam pelaksanaan pembersihan terak pada proses pengelasan baja AISI 1041.

1.3 Batasan masalah

Rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini menggunakan material baja AISI 1041.
- b. Menggunakan teknik pengelasan SMAW.
- c. Menggunakan elektroda RB-26 E6013.
- d. Arus yang digunakan 80 A.
- e. Pengaruh waktu pembersihan terak terhadap kekuatan uji tarik dan uji impact.
- f. Selama proses pengelasan, kedua permukaan material dianggap rata.
- g. Menggunakan dimensi minimum untuk pengujian.
- h. Pendinginan dilakukan dengan suhu ruang (*normalizing*).

1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian untuk melihat pengaruh pembersihan terak di beberapa material sebagai berikut :

- a. Menganalisis pengaruh waktu pembersihan terak pada material baja AISI 1041.
- b. Menentukan waktu optimal untuk pembersihan terak pada material baja AISI 1041.

1.5 Sistematika penulisan

Untuk memudahkan pemahaman dan penyusunan laporan tugas akhir ini, telah disusun sebuah Sistematika penulisan. Struktur penulisan laporan tugas akhir ini terdiri atas:

a. PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan.

b. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan dasar penjelasan pengelasan, Baja AISI 1041, Klasifikasi baja karbon, Terak, Elektroda, Arus listrik, Pengujian tarik, Dan pengujian impak.

c. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian, yang meliputi bahan penelitian, peralatan, serta prosedur pengujian.

d. PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan penelitian dan rekomendasi yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian ini.

e. DAFTAR PUSTAKA

Berisi daftar referensi yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

f. LAMPIRAN

Berisikan kelengkapan laporan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Pengelasan

Pengelasan ialah proses penyambungan dua atau lebih bagian logam dengan memanfaatkan energi panas untuk meleburkan suatu logam dasar dan sebagai logam pengisinya. Berdasarkan standar DIN (*Deutsche Industrie Normen*), pengelasan adalah ikatan metalurgi yang terjadi pada sambungan logam atau paduan logam ketika berada dalam keadaan meleleh. Oleh karena itu, pengelasan dapat diartikan sebagai proses penyambungan setempat logam dengan menggunakan sumber panas (Purnama, 2022).

Pengelasan SMAW adalah metode penyatuan logam yang memanfaatkan energi listrik sebagai sumber panas dengan elektroda berfungsi sebagai material pengisi. Teknik ini sering digunakan untuk pemeliharaan dan perbaikan berbagai peralatan berbahan logam, baik untuk penambalan retakan, pembuatan sambungan sementara, maupun pemotongan logam. Las SMAW banyak dipilih karena prosesnya yang sederhana, biaya yang ekonomis, serta menghasilkan sambungan dengan sifat mekanis dan fisik yang baik (Tarik, 2013).

Prinsip kerja SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) ditandai dengan terbentuknya busur listrik antara ujung elektroda dan logam induk. Panas yang dihasilkan oleh busur listrik tersebut menyebabkan logam induk dan ujung elektroda mencair, kemudian menyatu dan membeku bersama. Pada proses pengelasan SMAW, pencairan logam las umumnya berlangsung sekitar 1–3 detik, sedangkan proses pembekuan (*solidifikasi*) terjadi dengan cepat, yaitu dalam rentang 1–5 detik setelah sumber panas berpindah. Logam cair selama proses ini terlindungi dari oksidasi oleh gas pelindung dan terak yang dihasilkan dari fluks. Pola perpindahan logam cair dipengaruhi oleh besar kecilnya arus listrik serta komposisi fluks yang digunakan. Pada arus listrik yang tinggi, butiran logam cair yang berpindah dari ujung elektroda ke logam induk berukuran lebih halus, sedangkan pada arus yang lebih rendah butiran logam yang terbentuk cenderung lebih kasar.

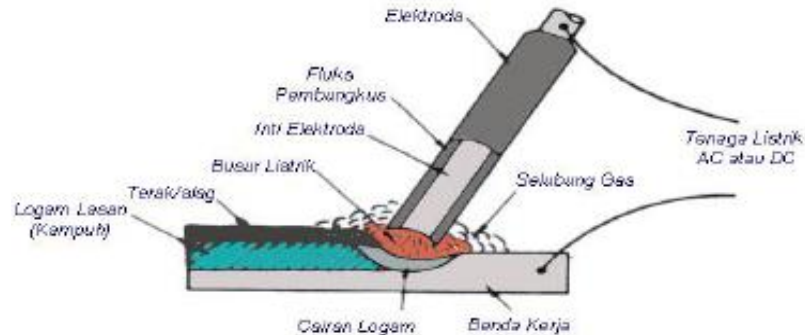
Panas busur listrik dipengaruhi oleh kuat arus dan panjang busur. Selain itu, diameter serta jenis bahan elektroda menentukan jenis dan besarnya arus listrik yang diperlukan. Suhu maksimum pada pusat busur untuk pengelasan busur elektroda terbungkus berkisar antara 4.726,8 °C hingga 5.726,8 °C (Wijaya et al., 2025).

Perpindahan panas selama proses pengelasan memiliki peranan yang sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap terjadinya transformasi fasa selama pengelasan berlangsung. Kondisi ini turut memengaruhi pembentukan mikrostruktur serta sifat mekanik sambungan las. Selain itu, mekanisme perpindahan panas pada proses pengelasan juga berkontribusi terhadap terbentuknya tegangan sisa (*residual stress*) yang dapat menyebabkan distorsi pada sambungan las. Pada saat pengelasan, laju pergerakan busur listrik sebagai sumber panas lebih cepat dibandingkan dengan laju perpindahan panas di dalam material. Di samping itu, aliran panas yang sejajar dengan arah pergerakan busur listrik berlangsung lebih lambat dibandingkan aliran panas yang terjadi pada arah tegak lurus terhadap gerakan busur.

Daerah di sekitar sambungan las mengalami siklus termal yang meliputi proses pemanasan hingga mencapai suhu maksimum pengelasan, kemudian diikuti oleh proses pendinginan. Tahapan pendinginan merupakan fase yang sangat krusial karena sangat menentukan terjadinya transformasi fasa yang membentuk struktur mikro pada logam las dan daerah terpengaruh panas (HAZ). Pada pengelasan baja karbon rendah, waktu pendinginan pada rentang suhu 800–500 °C umumnya digunakan sebagai acuan, karena pada interval suhu (Arifin dkk, 2017).

Salah satu faktor yang memengaruhi kualitas sambungan logam adalah karakteristik material logam itu sendiri. Faktor ini sangat dipengaruhi oleh perubahan temperatur selama proses penyambungan, karena panas memiliki peran yang sangat sensitif terhadap hasil pengelasan. Selama pengelasan, logam mengalami siklus termal berupa proses pemanasan dan pendinginan yang berlangsung cepat di daerah las, sehingga memicu perubahan metalurgi dan deformasi. Proses tersebut berdampak pada

kualitas hasil pengelasan, termasuk jenis cacat yang terbentuk, ketangguhan sambungan, kekuatan tarik, serta struktur mikro logam (Nugroho, 2018). Ditunjukkan pada gambar 1 menunjukkan proses pengelasan SMAW.



Gambar 1. Proses pengelasan SMAW

Sumber: (Bakhori, 2017).

Pada proses pengelasan, logam induk mencair akibat panas yang dihasilkan oleh busur listrik yang terbentuk antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik terbentuk dari mesin las, sementara elektroda yang digunakan merupakan kawat berlapis *fluks* sebagai pelindung. Pergerakan logam cair ditentukan oleh besarnya arus listrik dan komposisi bahan *fluks*.

Selama pengelasan, fluks pada elektroda meleleh dan membentuk terak yang menutup logam cair pada area sambungan, berperan dalam mencegah terjadinya oksidasi (Bakhori, 2017). Metode pengelasan SMAW memiliki beberapa keuntungan diantaranya:

- a. Mampu diaplikasikan pada berbagai tempat, baik di luar ruangan, di area bengkel, maupun di bawah air.
- b. Satu set peralatan mampu digunakan untuk mengelas berbagai jenis material, mulai dari baja karbon rendah (*mild steel*) hingga paduan tembaga, dengan menggunakan penyearah (*rectifier*).
- c. Penyiapan peralatan dapat dilakukan secara praktis dan efisien.
- d. Proses pengelasan dapat dilakukan dalam berbagai posisi.
- e. Elektroda tersedia dengan mudah dan dapat disesuaikan sesuai kebutuhan.

- f. Peralatan pengelasan relatif sederhana, ekonomis, serta mudah dibawa ke berbagai lokasi.
- g. Tingkat pada kebisingan rendah.
- h. Relatif tidak sensitif terhadap pengaruh korosi, oli, dan gemuk.

2.2 Baja AISI 1041

Baja AISI 1041 adalah baja karbo sedang yang umum digunakan pada industri otomotif , khususnya pada pembuatan komponen seperti roda gigi, gardan dan komponen suspensi. Baja dengan kadar karbon berkisar antara 0,30 hingga 0,60% memiliki karakteristik mekanik yang cukup baik, termasuk kekuatan serta ketahanan aus yang cukup besar (Tarkono, 2012).

Baja AISI 1041 dikategorikan sebagai baja karbon berdasarkan sistem pengkodean internasional seri 10xx yang ditetapkan oleh AISI dan SAE (*Society of Automotive Engineers*). Angka 10 adalah kode yang menandakan bahwa itu merupakan plain karbon dan xx adalah kode yang menunjukkan jumlah kandungan karbon. Maka dari itu, baja AISI 1041 adalah *plain carbon steel* atau baja karbon dengan kandungan karbon sebanyak 0,41%.

Roda gigi, poros dan bantalan banyak dibuat dengan menggunakan baja jenis ini. Karena kegunaanya tersebut, baja harus memiliki ketahanan aus yang baik untuk menahan keausan yang disebabkan oleh gesekan dengan rantai. Ketahanan aus, yang juga dikenal sebagai ketahanan terhadap abrasi atau penurunan dimensi akibat gesekan, pada umumnya berbanding lurus dengan tingkat kekerasan material. Komposisi kimia Baja AISI 1041 dapat dilihat pada tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja AISI 1041 (*Mill Certificate*)

Kode	C %	Si %	Mn %	P %	S %
AISI 1041	0,41	0,25	0,60	0,03 max	0,035 max

2.3 Klasifikasi Baja Karbon

Dalam industri logam, besi sering digunakan sebagai material dasar untuk membentuk berbagai paduan guna memperoleh sifat material yang diharapkan. Baja karbon merupakan baja paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe) dan karbon (C). Besi berperan sebagai unsur dasar, sementara karbon menjadi unsur paduan utama. Dalam proses pembuatannya, sering ditambahkan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), serta unsur-unsur lainnya untuk menyesuaikan sifat baja sesuai kebutuhan (Laumma dan yunus, 2024). Berdasarkan kandungan karbonnya, baja karbon terbagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Baja dengan kandungan karbon rendah
 - a. Memiliki kadar karbon kurang dari 0,25%.
 - b. Struktur mikronya didominasi oleh ferit dengan sedikit kandungan perlit.
 - c. Memiliki keuletan yang tinggi serta mudah dilakukan proses permesinan (*machining*).
 - d. Kurang responsif terhadap perlakuan panas yang bertujuan membentuk struktur *martensit*.
 - e. Memiliki tingkat kekerasan yang relatif rendah.
 - f. Umumnya digunakan untuk aplikasi seperti pagar rumah, bodi kendaraan, dan pipa saluran.
2. Baja dengan kandungan karbon menengah
 - a. Memiliki kandungan karbon berkisar antara 0,25% hingga 0,60%.
 - b. Sifat mekaniknya dapat ditingkatkan melalui perlakuan panas berupa *austenisasi, quenching, dan tempering*.
 - c. Memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon rendah.
 - d. Relatif lebih sulit untuk dibengkokkan, dilas, dan dipotong dibandingkan dengan baja karbon rendah.
 - e. Umumnya diaplikasikan sebagai bahan baku pembuatan komponen mesin, seperti roda gigi, poros, dan poros engkol (*crankshaft*).
3. Baja dengan kandungan Karbon tinggi

- a. Memiliki kandungan karbon berkisar antara 0,60% hingga 1,70%.
- b. Memiliki kekuatan dan kekerasan yang lebih tinggi, namun bersifat lebih getas dibandingkan baja karbon menengah.
- c. Relatif lebih sulit untuk dibengkokkan, dilas, dan dipotong dibandingkan dengan baja karbon menengah.
- d. Memiliki tingkat kemesinan (*machinability*) yang rendah sehingga sulit dibentuk dengan mesin.
- e. Umumnya digunakan untuk aplikasi seperti gergaji, perkakas potong, pisau cukur, pegas, dan rel kereta api.

2.3.1 Carbon (C)

Carbon adalah unsur terbanyak kedua setelah besi (Fe) dalam baja. Unsur ini berperan meningkatkan sifat mekanis baja, seperti kekuatan dan kekerasan. Namun, di sisi lain karbon dapat mengurangi sifat keuletan, ketangguhan, dan kemampuan tempa baja. Selain itu, keberadaan karbon juga mempengaruhi proses pengolahan baja lebih lanjut, seperti perlakuan panas, pembentukan, dan berbagai proses lainnya.

2.3.2 Mangan (Mn)

Setiap produk baja mengandung mangan karena unsur tersebut dibutuhkan dalam proses produksi. Kandungan mangan hingga sekitar 0,6% tidak dianggap sebagai unsur paduan sehingga pengaruhnya terhadap sifat dan struktur baja relatif kecil. Kandungan mangan yang lebih tinggi dapat menurunkan temperatur kritis dan memperhalus butiran baja. Penambahan unsur mangan juga meningkatkan kekuatan tarik tanpa mengurangi perpanjangan, sehingga menghasilkan baja yang kuat dan fleksibel. Selain itu, mangan berperan dalam mencegah hot brittleness, khususnya pada proses pengerolan panas (Pribadi dan Gunawan, 2021).

2.3.3 Phospor (P)

Keberadaan unsur ini dapat menimbulkan sifat getas pada suhu rendah atau cold shortness, sehingga tidak dianjurkan untuk baja yang bekerja pada kondisi beban benturan bersuhu rendah. Di sisi lain, unsur ini meningkatkan kemampuan alir baja sehingga lebih mudah diproses melalui pengerolan panas. Kadar fosfor pada baja biasanya kurang dari 0,05%.

2.3.4 Sulfur (S)

Sulfur dapat menyebabkan baja menjadi getas pada suhu tinggi, sehingga berdampak merugikan bagi baja yang digunakan pada temperatur tinggi serta menyulitkan proses pengerjaan seperti pengerolan panas dan proses lainnya. Oleh karena itu, kandungan sulfur harus dijaga serendah mungkin, umumnya di bawah 0,05%.

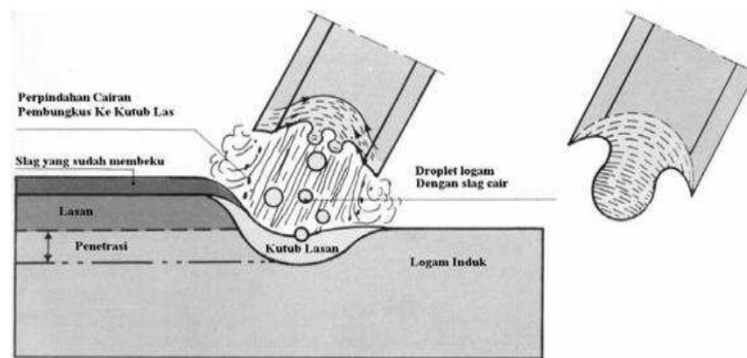
2.3.5 Silicon (Si)

Silikon dengan kadar hingga 3,2% cenderung menurunkan kekerasan besi. Unsur ini memengaruhi fraksi karbon yang berikatan dengan besi, sedangkan sebagian karbon akan membentuk grafit setelah mencapai kesetimbangan. Pada kadar silikon yang lebih tinggi dari 3,2%, terbentuk ikatan keras antara silikon dan besi yang menyebabkan peningkatan kekerasan (Pribadi dan Gunawan 2021).

2.4 Terak

Terak (*slag*) merupakan residu dari logam cair yang terbentuk dari kotoran besi dan logam lainnya. Terak mengandung oksida kalsium, silikon, aluminium, mangan, serta sejumlah kecil oksida besi dan sulfur. Dalam proses pengelasan SMAW, terak berperan sebagai penghalang untuk mencegah terjadinya oksidasi pada logam las. Terak yang dihasilkan selama proses pengelasan berfungsi melindungi logam las dari kontaminasi dengan atmosfer luar (Jalil dkk, 2017).

Terak ini terbentuk dari pembakaran komponen fluks, yang menghasilkan gas dan terak untuk melindungi logam cair. Dengan perlindungan tersebut, logam las terhindar dari paparan udara luar yang dapat menyebabkan cacat pada hasil pengelasan. Pada Gambar 2 terlihat bahwa lapisan pembungkus *coating* pada elektroda, berperan sebagai *fluks*, terbakar selama proses pengelasan.



Gambar 2. Cara perpindahan logam dalam teknik pengelasan SMAW

Sumber : (Jalil dkk, 2017)

Gas yang dihasilkan dari pembakaran tersebut berfungsi melindungi proses pengelasan dari dampak udara lingkungan. Cairan dari lapisan pelindung akan naik ke permukaan dan mengeras di atas las, membentuk terak (*slag*) yang dapat dengan mudah dibersihkan (Purnama, 2022). Dalam pengelasan elektroda terbungkus, *fluks* berperan penting karena dapat berfungsi sebagai:

1. Menstabilkan busur listrik sekaligus memudahkan aliran logam cair.
2. Menghasilkan terak atau gas yang berfungsi melindungi logam cair dari kontak dengan udara sekitar.
3. Mengatur efisiensi pemakaian bahan.
4. Menyediakan elemen paduan yang diperlukan.

Fluks pada umumnya dibuat dari bahan-bahan tertentu dengan komposisi yang telah ditentukan sebelumnya. Bahan-bahan tersebut dapat dibagi berdasarkan fungsi, contohnya sebagai penstabil busur, pembentukan terak, pembentuk gas, deoksidator, penyumbang unsur paduan, dan bahan

pengikat. Komposisi bahan meliputi oksida logam, karbonat, silikat, fluorida, senyawa organik, paduan baja, dan serbuk besi. (Tarik, 2013).

Setelah proses pengelasan selesai, terak perlu dibersihkan atau dihilangkan dari permukaan las. Hal ini penting dilakukan karena terak bersifat rapuh dan dapat terjebak diarea takik las (*undercut*), yang berpotensi mengurangi kekuatan las. Terak biasanya dibersihkan dari permukaan las setelah terbentuk dan mengering, tetapi belum ada aturan pasti mengenai waktu yang tepat untuk melakukannya.

Sebagian *welder* melakukan pembersihan terak segera setelah pengelasan, meskipun terak berfungsi sebagai pelindung terhadap oksidasi pada logam las yang masih panas. Di sisi lain, ada yang menunggu beberapa waktu sebelum melakukan pembersihan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk memahami pengaruh waktu pembersihan terak, sehingga dapat ditentukan waktu optimal untuk membersihkan terak secara efektif dalam pengelasan (Sugiyanto dan Tarkono, 2007).

2.4.1 Elektroda

Elektroda las adalah bagian yang sangat penting dari proses pengelasan busur listrik. Pemilihan jenis elektroda yang tepat sangat berdampak besar dalam menentukan hasil pengelasan. Oleh karena itu, untuk memilih elektroda yang tepat dan terpenting adalah mengetahui jenis dan karakteristik dari masing-masing elektroda. Untuk penelitian ini sendiri, elektroda yang digunakan adalah tipe RB-26 dengan spesifikasi AWS A 5.1 : E6013, RB-26 dipilih karena mampu memberikan tingkat dilusi las yang lebih kecil dan mudah dikendalikan, sementara elektroda LB-52U memiliki penetrasi yang lebih dalam sehingga berpotensi meningkatkan dilusi, yang dapat menyebabkan penurunan keuletan serta peningkatan kekerasan pada sambungan las baja AISI 1041.

Keunggulan elektroda RB-26 diantaranya yaitu memiliki kekuatan tarik yang tinggi sehingga cocok untuk pengelasan struktural, menghasilkan penetrasi las sedang dan merata, hasil las memiliki

tampilan yang halus dan rapi, dapat digunakan berbagai jenis posisi pengelasan (*flat, horizontal, vertikal, overhead*) dan cocok untuk pengelasan baja karbon rendah dan baja struktural umum.

2.4.2 Arus listrik

Parameter langsung yang mempengaruhi penetrasi dan kecepatan peleburan logam dasar adalah arus las. Semakin besar arus las, penetrasi dan kecepatan peleburan logam dasar semakin tinggi. Sebaliknya, arus yang terlalu rendah dapat mempersulit transfer logam cair dari ujung elektroda dan menyebabkan ketidakstabilan busur listrik, yang berpengaruh pada kualitas las. Besar arus pengelasan yang dibutuhkan bervariasi tergantung pada diameter elektroda yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada tabel 3. Material yang akan dilas, ketebalan bahan, konfigurasi sambungan, diameter inti elektroda, dan orientasi pengelasan juga mempengaruhi besar arus pengelasan yang diperlukan. Untuk tabel elektroda dan arus yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 2. Diameter Elektroda dan Arus Las (Husen, 2021).

Diameter Elektroda (mm)	Arus Las (<i>Ampere</i>)
1,5	20-40
2,0	30-60
2,6	40-80
3,2	70-120
4.0	120-170
5,0	140-230

2.5 Pengujian tarik

Untuk menentukan kekuatan tarik sambungan las logam, maka pengujian tarik perlu dilakukan. Proses pengelasan yang sederhana serta tegangan yang merata pada penampang menyebabkan sambungan logam yang terbentuk biasanya memiliki ketahanan tarik yang rendah. Faktor-

faktor seperti sifat logam dasar, zona terpengaruh panas (HAZ), karakter logam las, geometri sambungan, dan distribusi tegangan berperan dalam menentukan kekuatan tarik sambungan las. Dalam pengujian ini, spesimen uji dibebani secara bertahap hingga mengalami patah. Selain itu, sifat tarik spesimen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

Tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (Kg/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

F = Beban (Kg)

A₀ = Luas mula dari penampang batang uji (mm²)

Regangan:

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

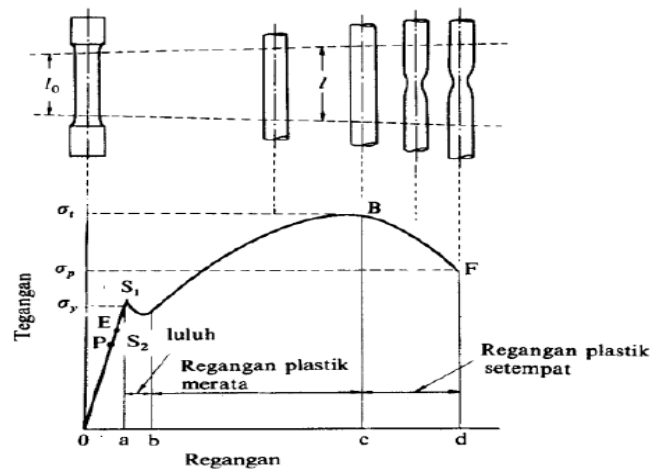
L = Panjang batang uji yang telah diberi beban (mm)

L₀ = Panjang mula dari batang uji (mm)

Dalam rangka melakukan uji tarik, maka diperlukan adanya batang tarik. Batang tarik ini akan dibubut dari spesimen yang akan diuji dengan ukuran yang telah dinormalisasikan. Pengujian tarik adalah teknik yang umum dipakai untuk menentukan karakteristik mekanik suatu bahan. Pada pengujian tarik sederhana, spesimen diikat pada kedua ujungnya dalam rangka alat uji tarik.

Mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) akan memberikan gaya tarik yang akan menciptakan pemanjangan pada spesimen uji hingga mengalami patah. Uji tarik bertujuan untuk menentukan nilai kekuatan tarik dan lokasi putusnya sambungan las. Pembebanan tarik dilakukan Pemberian

gaya tarik pada salah satu ujung spesimen akan menimbulkan deformasi pada spesimen uji. Untuk kurva tegangan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva Tegangan-Regangan

Sumber: (Picanussa dkk, 2024)

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara tegangan dan regangan pada sebuah spesimen uji. Titik P merupakan batas masih berlakunya dari hukum Hooke, disebut juga batas proporsi. Sedangkan titik E adalah batas dimana spesimen uji tidak akan mengalami perpanjangan tetap jika beban diturunkan ke beban awal, kondisi ini dikenal sebagai batas elastis. Karena titik E sulit ditentukan secara tepat, maka batas elastis biasanya ditentukan dengan perpanjangan tetap antara 0,005% hingga 0,01%, S₁ merujuk pada titik luluh atas dan S₂ pada titik luluh bawah. Untuk beberapa logam yang tidak menampilkan batas luluh dalam diagram tegangan-regangan, tegangan luluh dihitung pada regangan sebesar 0,2%

(Picanusdkk,2024). Untuk mesin uji tarik dapat dilihat pada gambar 4.



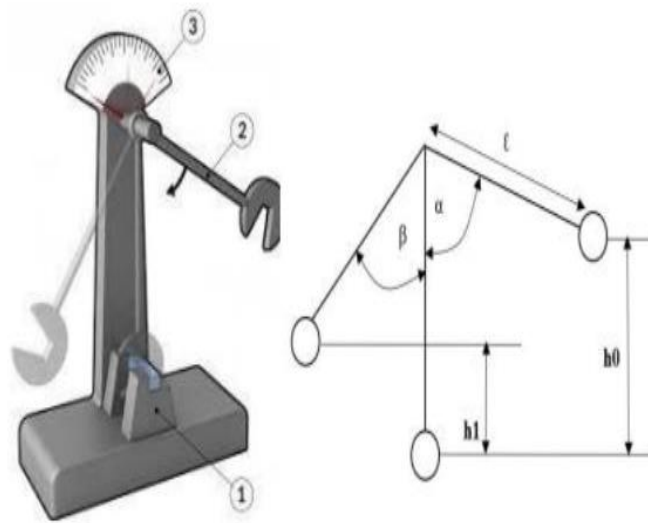
Gambar 4. Mesin Uji Tarik

Sumber: (Tyagita dan Irawan, 2016)

Spesimen uji dipasang pada mesin uji tarik, kemudian diberikan beban statis bertahap hingga terjadi putus pada spesimen. Plotter dihubungkan dengan besar beban dan pertambahan panjang langsung, yang menghasilkan grafik tegangan (Mpa) dan regangan (%) Grafik ini menampilkan nilai tegangan luluh, tegangan maksimal, modulus elastisitas, dan keuletan dari sambungan las setelah dilakukan pengujian tarik (Tyagita dan Irawan, 2016).

2.6 Pengujian Impak

Pengujian impak adalah sebuah metode untuk menilai kemampuan material dalam menahan beban mendadak. Pengujian ini merepresentasikan situasi operasional material yang umum terjadi, dimana beban tidak selalu diberikan secara bertahap, tetapi muncul secara tiba-tiba (Widiyono dkk, 2019). Pengujian impak ini bertujuan untuk menentukan seberapa besar energi yang diserap oleh spesimen. Pengujian ini merupakan salah satu metode untuk mengukur sifat kerapuhan material. Selain itu, pengujian impak pada gambar nomor 5 digunakan untuk menilai kekuatan material terhadap beban mendadak serta untuk mengidentifikasi tingkat sifat rapuh pada sambungan las yang timbul dari perlakuan panas dan proses normalisasi (Lubis dkk, 2022).



Gambar 5. **Mesin Uji Impak**

Sumber: (Purwanto dkk, 2017)

Dalam pengujian ini, parameter yang diukur adalah nilai impact (energi persatuan luas). Secara umum, material cenderung menunjukkan sifat getas pada suhu rendah. Secara umum, material cenderung menunjukkan sifat asli getas pada suhu rendah. Melalui pengujian *impac*, suhu transisi dari sifat ulet ke sifat getas dapat ditentukan (Purwanto dkk, 2017).

2.6.1 Jenis-jenis Metode Uji Impak

Salah satu pengujian berfungsi untuk menilai ketangguhan suatu logam terhadap beban mendadak pada berbagai kondisi suhu, sekaligus mengevaluasi faktor-faktor yang memengaruhi sifat material dan harus diperhatikan. Metode uji impak yang sesuai standar terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Metode pengujian *Charpy*

Pengujian impact (tumbuk) dilakukan dengan posisi spesimen uji horizontal di atas tumpuan, sedangkan arah pembebanan diarahkan berlawanan dengan takikan.

2. Metode pengujian *Izod*

Pengujian tumbuk dilakukan dengan menempatkan spesimen uji pada tumpuan, sedangkan arah pembebanan sejajar dengan takikan.

2.6.2 Bentuk patahan Pada Uji Impak

Hasil dari pengujian akan berupa bengkokan, retakan, atau patahan pada benda uji. Analisis terhadap patahan yang terjadi pada uji tarik biasanya membagi patahan tersebut ke dalam tiga jenis, yaitu:

1. patahan getas

Patahan pada material yang bersifat getas, seperti besi tuang, dapat dianalisis dengan mengamati beberapa ciri, Memiliki permukaan patahan yang rata dan mengkilap, potongan yang dapat direkatkan kembali, keretakan tanpa deformasi, dan energi pukulan takik yang relatif rendah.

2. Patahan liat

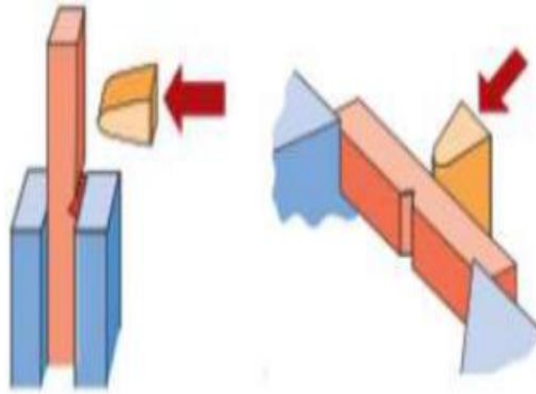
Patahan pada material yang bersifat lunak, seperti baja lunak atau tembaga, dapat dianalisis melalui beberapa karakteristik, seperti permukaan perpatahan yang Permukaan patahan tidak rata, buram, dan berserat potongan patahan tidak dapat disambungkan kembali, terdapat deformasi di sekitar retakan, serta energi pukulan takik yang tinggi.

3. Patahan campuran

Patahan pada material yang kuat namun ulet, seperti baja temper, memperlihatkan kombinasi antara patahan getas dan ulet. Ciri-cirinya antara lain permukaan patahan kusam dengan sedikit serat, potongan yang masih dapat disatukan kembali, serta adanya deformasi di sekitar retakan.

2.6.3 Besar Energi Impak

Gambar 6 memperlihatkan skema prinsip pengukuran, di mana sebagian energi yang diserap oleh material diwakili dalam satuan *joule*.



Gambar 6. Metode *izod* dan Metode *charpy*

Sumber: (Jalil dkk, 2017)

Nilai ini dapat langsung dibaca pada skala (*dial*) pengukur yang telah dikalibrasi pada mesin pengujian. (Jalil dkk, 2017). Nilai *impact* (HI) dari suatu material yang diuji menggunakan metode *charpy* ditentukan oleh rumus. Berikut ini adalah rumus yang digunakan dalam pengujian impak:

$$E_1 = P (D - D \cos \alpha) \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

E_1 = Usaha yang dikerjakan (Kg.m)

P = Beban pendulum (Kg)

D = Jarak dari pusat sumbu pendulum ke pusat gravitasi (m)

α = Sudut angkat pendulum ($^{\circ}$)

$$E_2 = P (D - D \cos \theta) \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

E_2 = Sisa usaha setelah mematahkan spesimen uji (Kg.m)

P = Beban pendulum (Kg)

D = Jarak dari pusat sumbu pendulum ke pusat gravitasi (m)

α = Sudut ayun setelah pendulum mengenai spesimen ($^\circ$)

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung jumlah usaha yang diperlukan untuk mematahkan spesimen uji:

$$E = E_1 - E_2 \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

E = Usaha yang diperlukan mematahkan benda uji (Kg.m)

E_1 = Usaha yang dilakukan (Kg.m)

E_2 = Sisa usaha setelah pematahan benda uji (kg.m)

(HI) Harga impak suatu material yang diuji didapatkan dengan persamaan:

$$HI = \frac{E}{A} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

HI = Harga impak

E = Energi yang diserap (J)

A = Luas penampang di bawah takikan (mm^2)

Pengujian impak dilakukan pada spesimen menggunakan metode Charpy menurut standar ASTM (E23-82), mencakup area las serta daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dari hasil pengelasan material ASTM A36, yang digunakan sebagai material uji. Spesimen uji

memiliki dimensi dimensi 10 mm x 10 mm x 55 mm, dilengkapi takikan V dengan kemiringan 45° dan kedalaman 2 mm pada titik tengah (Lubis dkk,2022).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Ditunjukkan pada tabel 3 Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juli hingga Desember 2025. Kegiatan penelitian mencakup pengujian baja dan AISI 1041 ini dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Lampung.

Tabel 3. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Timeline Tugas Akhir																									
No	Kegiatan	Juli				Agustus				September				Oktober				November				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Identifikasi Masalah																								
2	Studi Literatur																								
3	Penentuan Topik dan Variabel																								
4	Seminar Proposal																								
5	Mempersiapkan Alat dan Bahan																								
6	Eksperimen pengujian dan pengambilan data																								
7	Penyusunan Laporan																								
8	Sidang Akhir																								

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

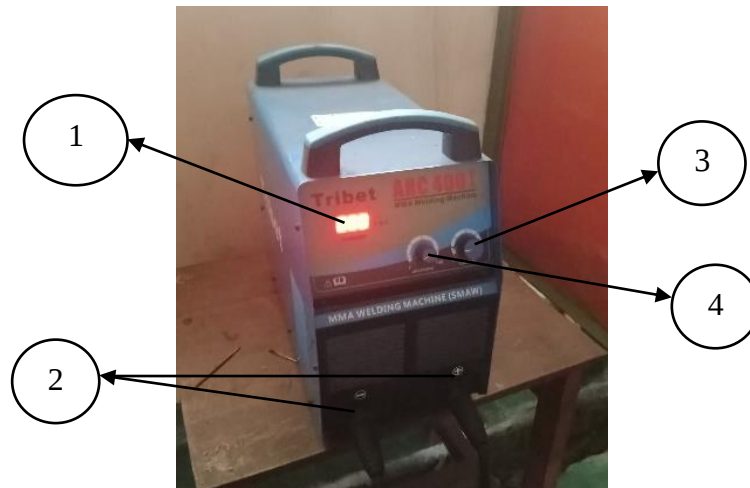
Alat serta bahan yang digunakan selama penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Alat Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin Las SMAW

Mesin las *Shielded Metal Arc Welding* digunakan untukmenyambung dua spesimen logam dengan bantuan elektroda. Mesin las ini dapat menggunakan arus maksimum sebesar 400A dapat dilihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Mesin Las SMAW

Keterangan gambar:

1. Skala amper meter: menampilkan arus las yang digunakan pada saat pengelasan berlangsung.
2. Pengatur arus/amper las: mengatur besar kecilnya arus las yang akan digunakan.
3. Pengatur *arc force*: membantu mempertahankan kestabilan dari busur las.
4. Kabel las: Terdapat dua kabel pada mesin las, yakni kabel elektroda dan kabel massa.

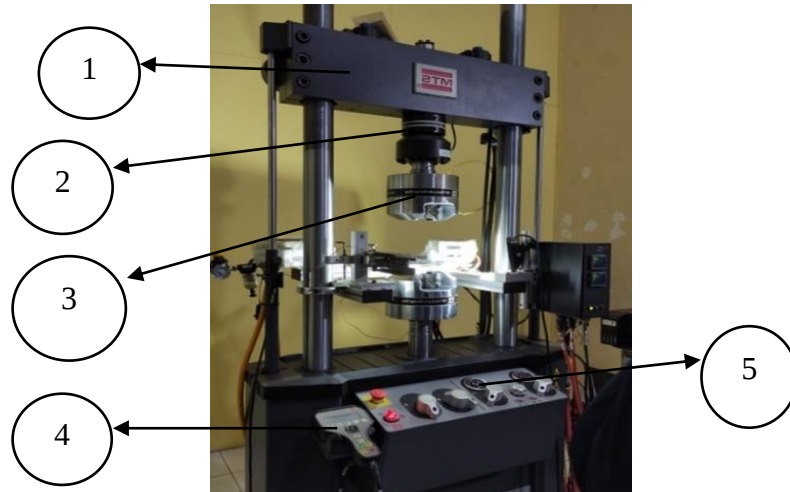
Tabel 4. Spesifikasi Mesin Las

Spesifikasi Mesin	
Model	ARC 400I
<i>Serial Number</i>	EN60974-1
Tahun	2012
Tegangan	380V
Kapasitas	30-400A

2. Mesin Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik pada spesimen yang disiapkan sesuai standar. Pada dasarnya, prinsip

kerja dari mesin uji tarik yaitu dengan menarik material hingga putus, kemudian parameter menampilkan data tentang kekuatan maksimal material tersebut. Ditunjukkan pada gambar 8 hal tersebut juga dapat digunakan untuk melihat perbandingan panjang objek sebelum dan setelah proses penarikan.



Gambar 8. Mesin Uji Tarik

Keterangan gambar:

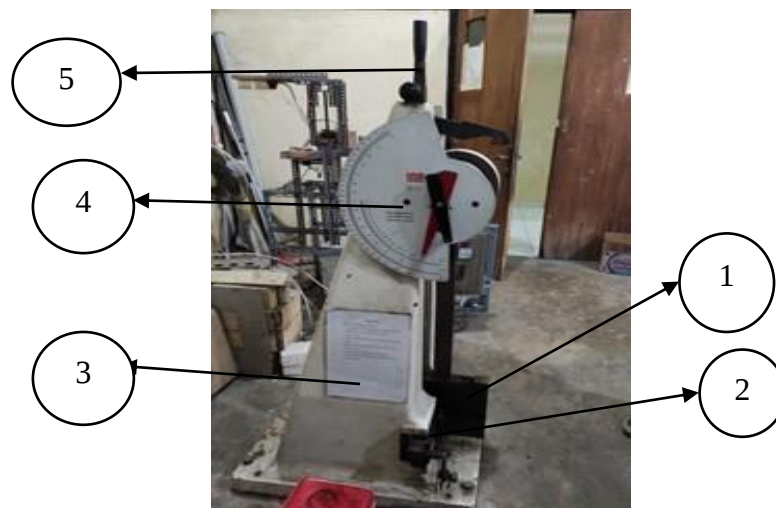
1. *Crosshead and structure*: berfungsi untuk menggerakkan spesimen uji dengan kecepatan yang terkendali baik ke atas maupun ke bawah.
2. *Load cell*: menghasilkan sinyal listrik yang dapat diukur dari gaya tegangan. *Load cell* ini bekerja berdasarkan prinsip deformasi elastis.
3. *MTS accessories*: terdapat banyak bagian, salah satunya yaitu *grip* yaitu tempat mencengkram spesimen.
4. *Optional control features*: digunakan untuk mengontrol *crosshead* dan cengkraman spesimen.
5. *Centralized controls*: mengatur tekanan cengkram pada *grip*.

Tabel 5. Spesifikasi Mesin Uji Tarik

Spesifikasi Mesin	
<i>Merk</i>	MTS Landmark
<i>Type</i>	U PD 10
Kapasitas	100 kN
Tahun	2015
Skala Pengukuran	A : 0-20 kN
Beban	A+B : 0-50 kN
	A+B+C : 0-100 kN

6. Mesin Uji Impak

Mesin Uji Impak adalah perangkat yang digunakan untuk mengujibeban kejut yang diberikan pada spesimen. Terdapat dua metode pada uji impak yaitu. Metode *Charpy* dan Metode *Izod*. Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu Metode *Charpy* dapat dilihat pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Mesin Uji Impak

Keterangan gambar:

1. Pendulum: sebagai pembentur terhadap spesimen.
2. Dudukan spesimen: tempat meletakkan spesimen pada saat pengujian.

3. Rangka: Berfungsi untuk menahan atau menopang beban yang timbul, terdiri dari dua bagian yaitu batang tiang penahan dan alas tiang penahan.
4. Indikator: terdapat jarum yang berfungsi untuk menunjukkan nilai energi yang dihasilkan pada saat pengujian.
5. Tuas pendulum: berfungsi untuk melepaskan pendulum agar pendulum dapat berayun.

Tabel 6. Spesifikasi Mesin Uji Impak

Spesifikasi Mesin	
Model	RMU <i>Testing Equipment</i>
Pendulum <i>Energy</i>	300 J <i>Charpy</i> – Div1 J 150 J <i>Charpy</i> – Div0,5 J 165 J <i>Charpy</i> – Div2,5 J
<i>Rising angel</i>	160°
<i>Distance between centers of pendulum and specimen</i>	380 mm
Pendulum <i>moment</i>	0,5 PL = 0,258 Nm, 1 J PL = 0,516 Nm, 2 J PL = 1,031 Nm, 4 J PL = 2,062 Nm, 5 J PL = 2,578 Nm
<i>Dial scale</i>	0 – 0,5 J <i>minimum scale</i> 0,005 J
<i>Corner dimension of striking edge</i>	30 degree
<i>Round angel radius of striking edge</i>	R = 2 mm

7. Palu terak

Palu terak adalah peralatan pendukung yang berperan penting dalam proses pengelasan untuk menghilangkan terak yang menempel pada permukaan logam las. Pembersihan terak dilakukan guna menjaga mutu sambungan las, memudahkan identifikasi cacat, serta mendukung proses pengelasan lanjutan. Meskipun demikian, proses pembersihan harus dilakukan secara hati-hati dan pada waktu yang tepat agar tidak menimbulkan kerusakan pada logam las maupun penurunan kualitas sambungan akibat pengaruh panas dan oksidasi. Untuk alat tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Palu terak pengelasan

8. Gerinda sikat kawat

Gerinda sikat pada gambar 11 merupakan alat bantu yang digunakan untuk membersihkan dan merapikan permukaan logam las dengan menghilangkan sisa terak, karat, dan oksida. Penggunaannya berperan dalam meningkatkan kualitas dan kerapian hasil pengelasan serta mempersiapkan permukaan untuk proses lanjutan tanpa mengurangi material logam secara signifikan.



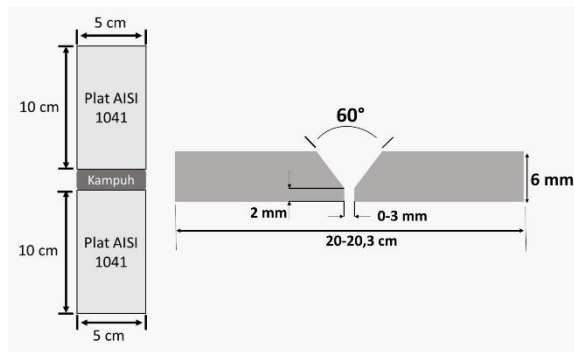
Gambar 11. Gerinda sikat kawat

3.2.2 Bahan Penelitian

Adapun material yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Baja AISI 1041

Adapun bahan material uji tarik, komposisi kimia dan sifat mekanik dari material baja AISI 1041 ditunjukkan pada gambar 12 dan komposisi kimia pada tabel 7 dan untuk sifat mekanik pada tabel 8 sebagai berikut.



Gambar 12. Bahan Baja AISI 1041

Tabel 7. Komposisi Kimia Baja AISI 1041

Kode	C %	Si %	Mn %	P %	S %
AISI 1041	0,41	0,25	0,4	0,03 max	0,035 max

Tabel 8. Sifat Mekanik Baja AISI 1041

Sifat Mekanik	Keterangan
Kekuatan Tarik	400-510 MPa
Kekuatan Luluh	205-245 MPa
Elongasi	27-30 %
Modulus Elastisitas	190-210 GPa

2. Elektroda RB-26

Elektroda RB-26 adalah kategori kawat las standar AWS A 5.1: E 6013. Adapun komposisi kimia dan sifat mekanik dari elektroda RB-26 ditunjukkan pada tabel 9 dan 10 sebagai berikut.

Tabel 9. Komposisi Kimia Elektroda RB-26

Kode	C %	Si %	Mn %
RB-26	0,08	0,30	0,37

Elektroda dengan kadar karbon sebesar 0,08% dapat digunakan secara aman dan efektif dalam pengelasan baja AISI 1041 karena mampu memberikan keseimbangan antara kemudahan proses pengelasan, peningkatan ketangguhan sambungan, serta pengurangan potensi terjadinya retak, selama parameter pengelasan diterapkan dengan tepat. Keseimbangan kandungan karbon antara elektroda dan logam induk umumnya dicapai ketika kadar karbon elektroda berada pada kisaran 20–30% dari kadar karbon logam induk, atau secara praktis berkisar antara perbandingan 1 : 3 hingga 1 : 5. Pendekatan tersebut terbukti mampu menghasilkan sambungan las dengan sifat mekanik yang optimal, sekaligus menekan risiko retak. Hasil ini menegaskan bahwa keberhasilan proses pengelasan tidak hanya bergantung pada pengendalian parameter termal, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh pemilihan elektroda yang sesuai dengan tuntutan aplikasi (Zainal dan juhan, 2019).

Tabel 10. Sifat Mekanik Elektroda RB-26

Sifat Mekanik	Keterangan
Kekuatan Tarik	413 MPa
Kekuatan Luluh	380 MPa
<i>Elongation</i>	20 %

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu tahap awal persiapan spesimen, diikuti tahap pengelasan, kemudian tahap pembuatan spesimen, selanjutnya tahap pengujian, dan tahap terakhir pengambilan data.

3.3.1 Persiapan Spesimen

Persiapan spesimen uji merupakan tahap awal dalam penelitian ini. Tahap persiapan meliputi tiga langkah, yaitu pemilihan material, pemilihan elektroda, dan pembuatan kampuh las.

a. Pemotongan Spesimen

Pemotongan bahan disesuaikan dengan dimensi yang diinginkan yaitu untuk spesimen uji tarik memiliki dimensi panjang 190 mm, lebar 10 mm, dan tebal 6 mm. Sedangkan untuk spesimen uji impact, dimensinya adalah panjang 55 mm, lebar 10 mm, dan tinggi 10 mm.

b. Pembentukan Kampuh Las

Tipe kampuh las yang digunakan dalam penelitian ini adalah V tunggal seperti pada gambar 13.



Gambar 13. Dimensi Kampuh dengan Alur V Tunggal

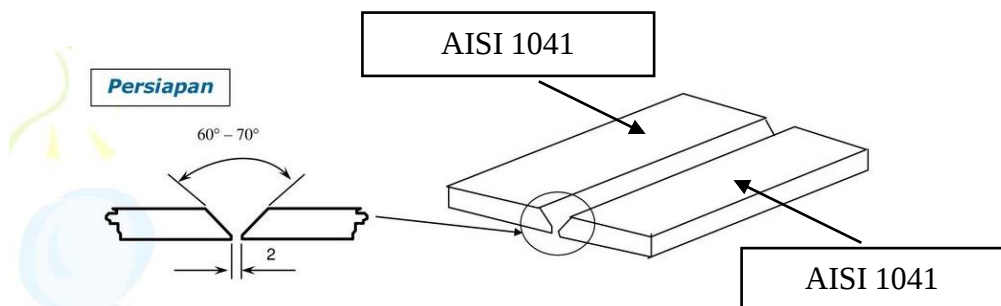
c. Pengaturan masa tunggu

Waktu pembersihan terak pada penelitian ini menggunakan empat rentang masa tunggu yang digunakan adalah 0 menit, 1 menit, 2 menit, dan 3 menit, serta menggunakan arus sebesar 80 ampere.

3.3.2 Prosedur Pelaksanaan Pengelasan

Penelitian ini menggunakan metode pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Prosedur pengelasan yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan material yang akan dilas yang terlebih dahulu dibersihkan permukaannya dari kotoran yang menempel.
2. Menyiapkan mesin las SMAW dengan arus bolak-balik (AC) dan alat-alat lainnya serta elektroda yang digunakan.
3. Mengatur arus las sebesar 80A pada mesin las SMAW sesuai dengan diameter elektroda dan tebal platbaja yang digunakan.
4. Kemudian, kaitkan salah satu penjepitnya pada material (benda kerja) dan kaitkan penjepit lainnya pada ujung elektroda. Hidupkan mesin las dan goreskan elektroda pada material (benda kerja) hingga ujung elektroda menyala.
5. Selanjutnya, mulai melakukan pengelasan pada spesimen.
6. Memantau pelaksanaan pengelasan untuk memastikan hasil las memiliki kualitas yang baik.
7. Setelah proses pengelasan selesai, matikan mesin las dan biarkan spesimen mendingin hingga mencapai suhu ruang.
8. Melakukan pemeriksaan terhadap hasil las.
9. Mengulangi langkah 3-8 sesuai dengan banyaknya spesimen yang di las.



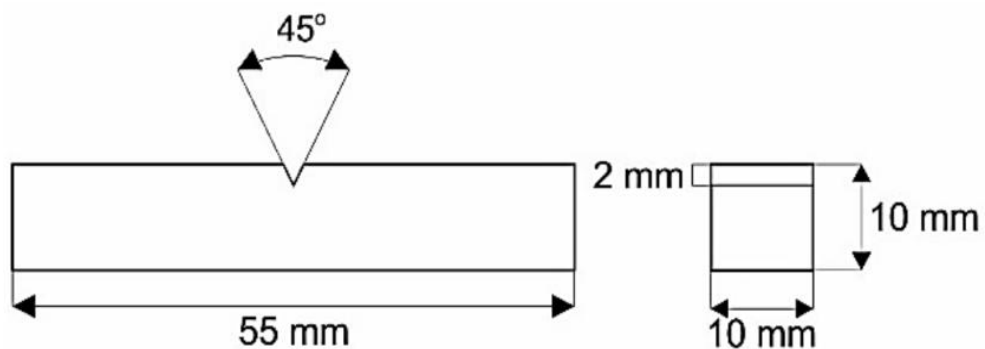
Gambar 14. Persiapan material

3.3.3 Pembuatan Spesimen Uji

Proses pembuatan spesimen uji dalam penelitian ini dilakukan sebagai berikut.

1. Spesimen Uji Impak

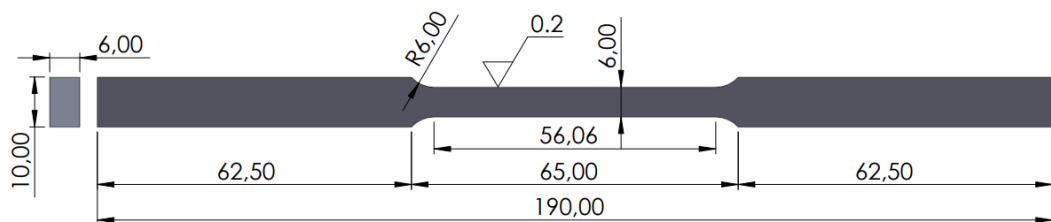
Spesimen uji impact dibuat berdasarkan standar ASTM E-23, memiliki ukuran panjang 55 mm, lebar 10 mm, dan tebal 10 mm. Jumlah spesimen sama seperti pada uji tarik, yaitu 6 spesimen. Ukuran dimensi spesimen dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Ukuran Dimensi Spesimen Uji Impak ASTM E-23

2. Spesimen Uji Tarik

Spesimen yang digunakan untuk pengujian tarik mengacu pada standar ASTM E-8, dengan jumlah sebanyak 4 spesimen. Dimensi spesimen dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Ukuran Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM E-8

3.3.4 Prosedur Pengujian

1. Prosedur Pengujian Impak

Dalam penelitian ini, pengujian impact dilaksanakan melalui metode *Charpy*, menggunakan universal impact tester sebagai alat uji. Adapun prosedur pengujian impact adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan spesimen yang akan di uji, yang mana spesimen tersebut sebelumnya sudah dibuat takikan sesuai dengan standar.
- b. Melakukan kalibrasi pada alat uji impact untuk meminimalkan kesalahan pengukuran.
- c. Menyiapkan spesimen dengan menempatkannya pada meja uji.
- d. Mengangkat pendulum ke posisi tinggi yang telah ditetapkan.
- e. Mendorong tuas pada alat uji impact.
- f. Setelah pendulum mencapai ketinggian maksimum, maka lakukan pengereman.
- g. Mengecek indikator jarum untuk melihat nilai energi impact yang dihasilkan.
- h. Melakukan analisis jenis patahan dari spesimen.
- i. Mengulangi langkah ke 2-9 sesuai dengan banyaknya spesimen yang diuji dan selesai.

2. Prosedur Pengujian Tarik

Pengujian tarik pada spesimen dilakukan sesuai standar ASTM E-8. Prosedur pelaksanaan pengujian tarik adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan mesin uji tarik beserta spesimen uji yang telah dilas dan dibentuk sesuai spesifikasi standar ASTM E-8.
- b. Memasang spesimen pada pencekam dengan posisi tegak lurus.
- c. Selanjutnya memulai pengujian.
- d. Mengamati perubahan beban atau tanda visual yang menunjukkan bahwa spesimen telah mengalami putus selama pengujian.
- e. Melepaskan spesimen dari pencekam.

- f. Mengulangi langkah 2-5 sesuai dengan banyaknya spesimen yang diuji dan selesai.

3.4 Pengambilan Data

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan data-data berupa data uji impak dan data uji tarik. Data uji impak yang didapatkan berupa nilai energi yang diserap yang kemudian diolah untuk mendapatkan nilai harga impak dan juga nilai rata-rata. Selanjutnya akan dianalisis untuk mengetahui perbandingan hasil uji pada setiap variasi yang digunakan. Yang mana data-data tersebut akan dimasukkan pada tabel seperti pada contoh tabel 11 dan 12, uji tarik akan diperoleh data berupa nilai *stress* dan *strain* yang selanjutnya akan di olah sehingga didapatkan nilai *ultimate tensile strength*, *yield strength*, *young modulus* dan juga *elongation*. Kemudian data tersebut akan dimasukkan pada tabel seperti contoh tabel 10 dan 11 berikut.

Tabel 11. Contoh Hasil Uji Tarik

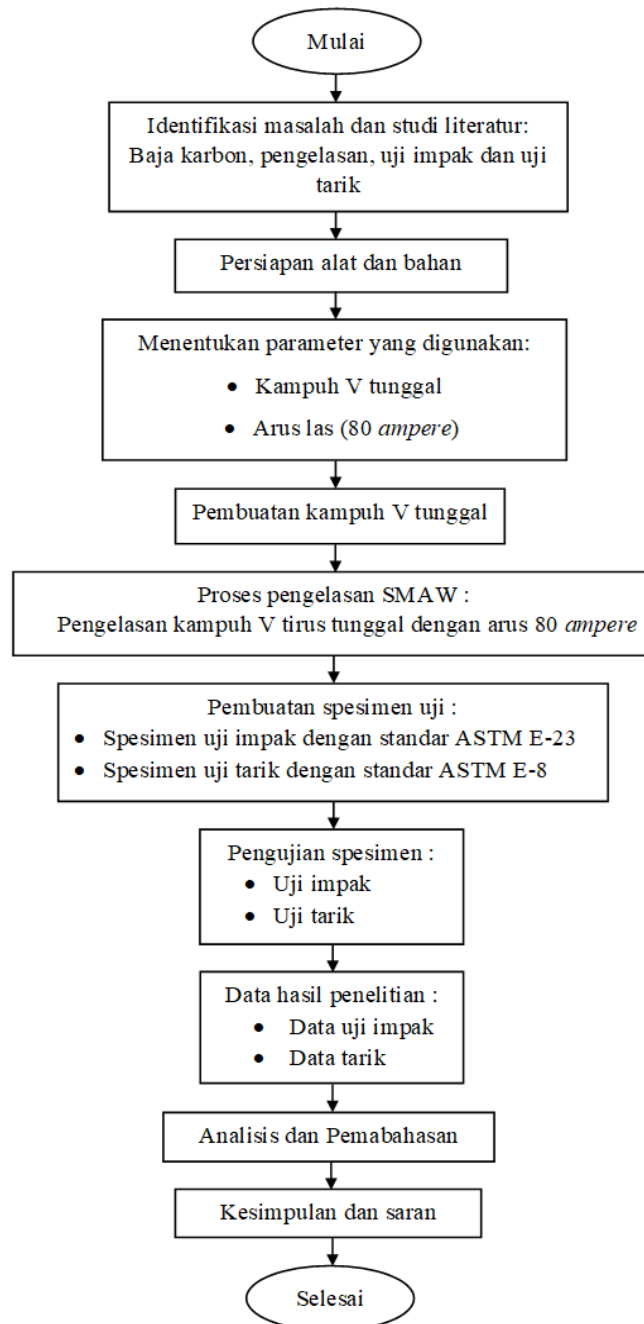
Spesimen	<i>Ultimate Tensile Strength</i> (MPa)	<i>Yield Strength</i> (MPa)	<i>Young Modulus</i> (GPa)	<i>Elongation</i> (%)
0 Menit				
1 Menit				
2 Menit				
3 Menit				

Tabel 12. Contoh Hasil Uji Impak

Masa tunggu	Energi Yang Diserap (<i>Joule</i>)	Harga Impak (J/mm^2)
0 menit		
1 menit		
2 menit		
3 menit		

3.5 Diagram Alir

Diagram alir merupakan suatu perencanaan yang dibuat dengan simbol-simbol untuk mempermudah langkah-langkah pada pengujian yang dilakukan. Berikut adalah bentuk diagram alir yang diilustrasikan pada tugas akhir ini ditunjukkan pada gambar 17 berikut ini.



Gambar 17.Diagram Alir

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan:

1. Hasil uji masa tunggu terhadap pembersihan terak hasil pengelasan pada penelitian ini berpengaruh terhadap kekuatan las yang dihasilkan cukup signifikan yaitu dengan nilai rata-rata 20,14%. Yang mana rata-rata waktu setiap variasi pembersihan terak mulai dari 0 menit mendapatkan nilai sebesar 0,5818 J /mm², kemudian 1 menit 0,8845J/ mm², variasi 2 menit 1,2295J/ mm², sampai 3 menit mengalami perubahan kekuatan 1,4087J/ mm². sedangkan masa tunggu 3 menit keatas tidak mengalami kenaikan angka yang signifikan atau tidak terjadi peningkatan, selain masa tunggu hasil pengelasan juga sangat dipengaruhi oleh teknik pengelasan yang digunakan penggunaan jenis baja dan jenis elektroda yang berbeda akan menghasilkan nilai ketangguhan yang berbeda pula.
2. Hasil pengelasan baja AISI 1041 menggunakan metode SMAW dengan masa tunggu pembersihan terak 0 menit, 1 menit, 2 menit, dan 3 menit menunjukkan perbedaan pada kekuatan tarik. Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada spesimen dengan masa tunggu 3 menit, yaitu sebesar 419,423 MPa. Sedangkan pada variasi 2 menit, kekuatan tarik tercatat 416,503 MPa, variasi 1 menit sebesar 386,051 MPa, dan variasi 0 menit sebesar 413,650 MPa. Data ini menunjukkan bahwa pengelasan SMAW pada baja memberikan hasil optimal pada rentang waktu pembersihan terak sekitar 3 menit, di mana ketangguhan sambungan las juga mencapai nilai paling baik dibandingkan masa tunggu lainnya.

5.2 Saran

Penelitian ini memberikan beberapa saran untuk meningkatkan kualitas penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Pada penelitian berikutnya, selama proses pengelasan perlu diperhatikan berbagai faktor yang memengaruhi kualitas sambungan, termasuk menjaga ketepatan waktu pembersihan terak hasil las serta penggunaan parameter pengelasan yang sesuai agar cacat las dapat diminimalkan.
2. Dalam pembuatan spesimen, sebaiknya menggunakan mesin CNC *milling* atau CNC *laser cutting* agar dimensi potongan yang dihasilkan lebih akurat dan presisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, J., Purwanto, H., dan Syafaa, I. (2017). Pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanik hasil pengelasan smaw baja ASTM A36. *Majalah Ilmiah Momentum* , 13(1), 27-31.
- Asiri, M. H., (2021). Analisis Kekuatan Tarik dan Bending Dari Beberapa Jenis Kampuh V, X, I pada Pengelasan SMAW terhadap Baja Karbon Medium. *Journal of Technology Process* , 1(2), 22-32.
- Bakhori, A. (2017). Perbaikan metode pengelasan smaw (shield metal arc welding) pada industri kecil di kota medan. *Buletin utama teknik* , 13(1), 14-20.
- Husen, A., Fato, A., dan Nursidik, N. (2021). Analisa Sifat Mekanis Baja Pada Bahan Spcc-Hd Dengan Proses Deep Curling Dalam Pembuatan Drum. *Presisi* , 23(1), 60-74.
- Jalil, S. A., Zulkifli, Z., dan Rahayu, T. (2017). Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan. *Jurnal Polimesin* , 15(2), 58-63.
- Laumma, M. A., dan Yunus, K. (2024). pengaruh kuat arus listrik pada pengelasan metal inert Gas (Mig) Terhadap Sambungan Logam Aluminium. *Insta Adpertisi Journal* , 4(2), 12-17.
- Lubis, P. C., Budiarto, U., dan Sisworo, S. J. (2022). Analisa Pengaruh Variasi Waktu Post Weld Heat Treatment Pada Pengelasan SMAW Baja A36 Terhadap Kekuatan Uji Tarik, Uji Impak, Dan Struktur Mikro. *Jurnal Teknik Perkapalan* , 10(3), 48-57.
- Manurung, R. D., Budiarto, U., dan Yudo, H. (2021). Analisa Kekuatan Tarik dan Impak Hasil Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) pada Baja ASTM A36 dengan Variasi Polaritas dan Besar Arus Pengelasan. *Jurnal Teknik Perkapalan* , 9(4), 360-368.
- Moektiwibowo, H. W., Wijayanto, G. S., dan Arianto, B. (2015). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Cacat Pengelasan Pipa Api 5l Gr. B pada Proyek Konstruksi Pipa. *Jurnal Teknik Industri Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma (Unsurya)* , 4(2), 109-122.

- Nugroho, A. (2018). Pengaruh variasi kuat arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las plate carbon steel ASTM 36. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri* , 3(2), 134-142.
- Picanussa, J. S., Nanulaitta, N. J., dan Huka, G. I. (2024). Analisis Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Sambungan Las SMAW dan FCAW Dengan Material Baja Karbon Rendah. *Journal Mechanical Engineering* , 2(3), 229-239.
- Pribadi, A. T., dan Gunawan, E. (2021). Analisa Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan Terhadap Sifat Mekanis Hasil Las SMAW. *Mechanical Engineering Journal* , 4(1), 31-35.
- Purnama, A. (2022). Kajian Eksperimental Perbandingan Hasil Pengelasan Model Smaw Dan Gtaw Terhadap Kekuatan Tarik Material Baja St 37. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik* , 2(5), 340-353.
- Sugeng, S., dan Sulaiman, S. (2019). Analisa Proses Penyambungan Hull Construction Dengan Superstructure Kapal Dari Material Yang Berbeda. *Jurnal Rekayasa Mesin* , 14(2), 63-70.
- Sugiyanto dan Tarkono (2007). Waktu Optimal Pembersihan Terak Pada Multi Pass Welding Baja AISI 1020. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat* . , (PP. 65-70).
- Sulistiyo, B. P., Purwanto, H., dan Syafa'at, I. (2021). Analisis Pengaruh Arus Pengelasan GMAW Terhadap Struktur Makro, Mikro dan Sifat Mekanik Pada Material Baja Karbon ASTM A36. *Momentum* , 17(1), 36-42.
- Tarik, V. (2013). Variasi arus terhadap kekuatan tarik dan bending pada hasil pengelasan sm490. *urnal Mekanikal* , 4(2), 393-402.
- Tarkono. (2012). Studi Penggunaan Jenis Elektroda Las Yang Berbeda Terhadap Sifat Mekanik Pengelasan SMAW Baja AISI 1045. *Mechanical: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* , 3(2), 151319.
- Tyagita, D. A., dan Irawan, A. (2016). Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Smaw Plat Baja St 37 Dengan Pendingin Liquid. *Jurnal Ilmiah Inovasi* , , 16(3), 180-186.
- Widiyono, E. H., Husodo, N., Winarto, W., dan Nurmallasari, S. R. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Perbandingan Campuran Antara Air Dan Garam

Sebagai Media Pendingin Terhadap Kekerasan, Kekuatan Impak Pada Baja Karbon Aisi 1050. *Prosiding SENIATI* , 5(4), 288-292.

Wijaya, A. A., Sukmana, I., and Nazarrudin, R. (2025). The Effect of Welding Current on the Mechanical Properties of AISI 1040 Steel and AISI 1020 Steel in Bimetal Welding Using the Shielded Metal Arc Welding Method with AWS E 7016 Electrodes. *Journal of Innovation and Technology* , , 6(02), 41-47.

Yaqin, M. A. (2025). Rancang bangun alat uji impact kapasitas 100 joule. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)* , Vol. 9, No. 2, 1382-1388.

Zainal F., B., Juhan, N. (2019). Analisa pengaruh kuat arus pengelasan GMAW terhadap ketangguhan sambungan baja AISI 1050. *Journal of Welding Technology* , Volume, 1(1), 5-10.