

**PENGARUH VARIASI GAS ASETILENA DAN GAS *LPG* PADA
PENGELASAN *OXY ACETYLENE WELDING (OAW)* TERHADAP
SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN BAJA ST 37**

(Skripsi)

Oleh

**Rama Kurniadi
NPM 2115021071**



**PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2026

**PENGARUH VARIASI GAS ASETILENA DAN GAS *LPG* PADA
PENGELASAN *OXYACETYLENE WELDING (OAW)* TERHADAP
SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN BAJA ST 37**

Oleh

Rama Kurniadi

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI GAS ASETILENA DAN GAS *LPG* PADA PENGELASAN *OXY ACETYLENE WELDING (OAW)* TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN BAJA ST 37

Oleh

Rama Kurniadi

Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan logam yang banyak digunakan dalam bidang manufaktur, konstruksi, dan perbaikan komponen logam. Metode pengelasan yang masih banyak digunakan adalah *Oxy Acetylene Welding (OAW)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi gas bahan bakar pada proses *Oxy-Acetylene Welding (OAW)* terhadap sifat mekanik sambungan pada baja karbon rendah ST37. Variasi gas yang digunakan dalam penelitian ini adalah gas asetilena dan gas *LPG* sebagai bahan bakar serta menggunakan logam pengisi kuningan. Pengujian sifat mekanik dilakukan melalui uji tarik dan uji impak. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan ketangguhan sambungan las yang dihasilkan dari kedua variasi gas bahan bakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan gas asetilena menghasilkan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan gas *LPG*. Nilai ultimate tensile strength tertinggi pada gas asetilena mencapai 356,25 MPa, sedangkan pada pengelasan menggunakan gas *LPG* diperoleh nilai tertinggi sebesar 275,05 MPa. Selain itu, hasil pengujian impak menunjukkan bahwa sambungan las menggunakan gas asetilena memiliki energi serapan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sambungan las menggunakan gas *LPG*. Disimpulkan bahwa jenis gas bahan bakar berpengaruh terhadap kualitas sambungan las, penggunaan gas asetilena memberikan kekuatan tarik serta ketangguhan impak yang lebih tinggi dibandingkan gas *LPG* pada pengelasan baja karbon rendah.

Kata Kunci: *Oxy-Acetylene Welding (OAW)*, Baja ST37, Kuningan, Gas *LPG*, Uji Tarik, Uji Impak

ABSTRACT

THE EFFECT OF VARIATIONS OF ACETYLENE GAS AND LPG GAS IN OXY ACETYLENE WELDING (OAW) ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF ST 37 STEEL JOINTS

By

Rama Kurniadi

Welding is one of the metal joining methods widely used in manufacturing, construction, and the repair of metal components. One welding method that is still widely used is Oxy-Acetylene Welding (OAW). This study aims to determine the effect of fuel gas variation in the Oxy-Acetylene Welding (OAW) process on the mechanical properties of welded joints in low carbon ST37 Steel. The variations of gas used in this study were acetylene gas and LPG gas as fuel gases, with brass used as the filler metal. Mechanical property testing was conducted through tensile testing and impact testing. These tests were carried out to determine the tensile strength and toughness of the welded joints produced from the two variations of fuel gases. The results showed that the use of acetylene gas produced higher tensile strength values compared to LPG gas. The highest ultimate tensile strength obtained using acetylene gas reached 356.25 MPa, while welding using LPG gas resulted in the highest value of 275.05 MPa. In addition, the results of the impact test showed that welded joints using acetylene gas had higher absorbed energy compared to welded joints using LPG gas. It can be concluded that the type of fuel gas affects the quality of the welded joint, where the use of acetylene gas provides higher tensile strength and impact toughness compared to LPG gas in the welding of low carbon steel.

Keywords: Oxy-Acetylene Welding (OAW), ST37 Steel, Brass, LPG Gas, Tensile Test, Impact Test

Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI GAS ASETILENA DAN GAS LPG PADA PENGELASAN OXY ACETYLENE WELDING (OAW) TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN BAJA ST37**

Nama Mahasiswa : **Rama Kurniadi**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2115021071**
Program Studi : **S1 Teknik Mesin**
Jurusan : **Teknik Mesin**
Fakultas : **Teknik**



Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Tafkono, S.T., M.T., IPP.
NIP. 197004151998021001

Prof. Ir. Irza Sukmana, S.T., M.T. Ph.D., IPU.
NIP. 197008122001121001

MENGETAHUI

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Prodi 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

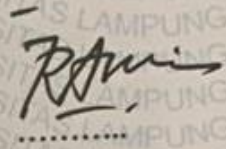
Ketua Penguji

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



Anggota Penguji

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



Penguji Utama

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

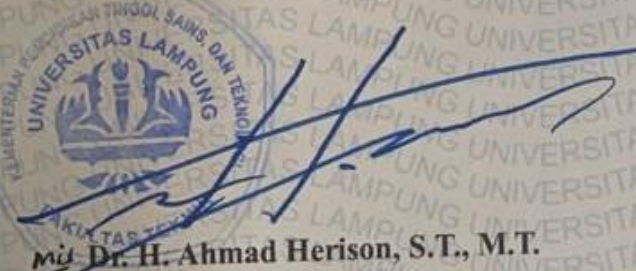


2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP. 196910302000031001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 19 Februari 2026

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rama Kurniadi

NPM : 2115021071

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujur-jujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul : **“Pengaruh Variasi Gas Asetilena Dan Gas Lpg Pada Pengelasan Oxy Acetylene Welding (Oaw) Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Baja St37”**

Merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang di skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang saya terima.

Bandar Lampung, 19 Februari 2026
Pembuat Pernyataan



Rama Kurniadi
NPM. 2115021071

RIWAYAT HIDUP



Lahir di Kota Bandar Lampung pada hari Rabu, 02 Mei 2001. Anak kelima dari enam bersaudara, dari Bapak Usman Yusuf dan Ibu Yang Rona. Menyelesaikan Pendidikan di SDN 1 Rajabasa Raya pada tahun 2013, kemudian menyelesaikan Pendidikan menengah pertama di SMP N 20 Bandar Lampung pada tahun 2016 dan lulus dari Pendidikan sekolah menengah kejuruan di SMKS 2 MEI Bandar Lampung pada tahun 2019.

Pada tahun 2021, terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan selama menjadi mahasiswa yaitu sebagai berikut :

1. Menjadi anggota Bidang Humas Kominfo Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin periode 2022/2023.
2. Melaksanakan Kerja Praktik Pada Bulan Agustus – Desember 2024 di Desa Maja Kalinda Lampung Selatan
3. Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di Desa Maja Kalianda Lampung Selatan Pada Tahun 2024.

MOTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan dengan kesanggupannya”

[QS. Al-Baqarah, 2 : 286]

“Mustahil unuk memaksimalkan semuanya secara bersamaan, Moto seorang insinyur adalah : HIDUP”

“I've always been true, I've waited so long just to come hold you I'm making it through It's been far too long, we've proven our love over time's so strong, in all that we do The stars in the night, they lend me their light to bring me closer to heaven with you”

-Avenged Sevenfold, Gunslinger

“Everything will come to an end”

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin

Puja dan puji Syukur tercurahkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya ini kepada :

Ayah & Emak Tercinta

Skripsi ini saya persembahkan sepenuhnya kepada dua orang hebat dalam hidup saya, Ayah dan Emak. Keduanya lah yang membuat segalanya menjadi mungkin sehingga saya bisa sampai pada tahap di mana skripsi ini akhirnya selesai. Terima kasih atas segala pengorbanan, nasihat dan doa baik yang tidak pernah berhenti kalian berikan kepada saya, saya selamanya bersyukur dengan keberadaan kalian sebagai orangtua. Tanpa kalian, semua ini tidak akan terwujud. Setiap langkah yang telah diambil adalah hasil dari cinta dan kerja keras kalian.

Bapak dan Ibu Dosen

Terima kasih Bapak dan Ibu Dosen yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat dan membimbingku dengan penuh kesabaran dan keikhlasannya.

Seluruh Keluarga Teknik Mesin 2021

Yang selalu memberikan motivasi dan dukungan.

Almamater Tercinta, Universitas lampung dan Jurusan Teknik Mesin

Tempat menimba ilmu, untuk menjadi bekal hidup dunia dan akhirat.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Variasi Gas Asetilena Dan Gas LPG Pada Pengelasan Oxy Acetylene Welding (OAW) Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Baja ST37”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Skripsi ini dibuat sebagai sebuah karya tulis yang merupakan hasil dari pengerjaan tugas akhir dimana setiap langkah selalu disertai keyakinan bahwa usaha yang tulus tidak akan sia-sia. Di balik halaman- halaman ini, tersimpan banyak pelajaran, pengorbanan, serta doa yang senantiasa menyertai. yang telah dilakukan. Selama penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan, dukungan, motivasi dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih khususnya kepada:

1. Kedua orang tua, Ayah kebanggaan ku Usman Yusuf dan Emak ku tercinta Yang Rona, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral maupun materi, serta semangat yang tidak pernah putus kepada penulis.
2. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Dr. Hi. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

4. Ir. Tarkono, S.T., M.T., IPP sebagai Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis untuk dapat menyelesaikan penelitian ini.
5. Prof. Ir. Irza Sukmana, S.T., M.T. Ph.D., IPU sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan dan koreksi pada penulis
6. Harnowo Supriadi, S.T., M.T. sebagai dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritik, serta saran yang sangat berharga.
7. Bapak Ahmad Suudi S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
8. Dr. Ir. Martinus S.T., M.Sc sebagai ketua program studi S1 Teknik Mesin.
9. Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., ASEAN. Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik
10. Bapak, ibu dosen dan seluruh staf jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah mengajarkan banyak pengetahuan kepada penulis.
11. Saudara Kandung ku, Nurlina Wati, Riana Sari, Barian Thoni, Efriadi Dan Nadia Tri Lestari yang selalu memberikan dukungan, doa dan semangat
12. Paman dan Kakak sepupu bagian dari keluarga Universitas Lampung Jasman, S.H., Ahmad Sukri, Amd dan Aliansyah yang telah banyak memberi dukungan serta arahan di lingkungan Kampus
13. Teman masa kecil, Ilham, Rendy, Rifki dan Akbar yang telah memberikan dukungan, dan kebersamaan selama proses penyusunan skripsi ini.
14. Saudari Syabilla Reskianing Pasha, S,E. yang selalu sabar dan setia mendampingi penulis dalam berbagai proses selama penyusunan skripsi.
15. Keluarga Besar Teknik Mesin angkatan 2021 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang setimpal.

Bandar Lampung, 19 Februari 2026

Rama Kurniadi
NPM. 2115021071

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Las Oxy Acetylene Welding	7
2.1.1 Teori dasar Las Oksi Gas	8
2.2 Oksigen.....	13
2.3 Nyala Api Las Oksi Asetilena	15
2.4 Perlengkapan Alat Las Oksi Asetilena	19
2.5 Bahan Tambahan	25
2.5.1 Logam Pengisi (Filler)	26
2.5.2 Boraks	27
2.6 Baja Karbon Rendah	28
2.6.1 Baja ST 37.....	31
2.7 Cacat Pada Las <i>Oxy Acetylene</i>	32
2.8 Pengujian Tarik	36
2.9 Pengujian Impak.....	38

2.10 Inspeksi Las Tanpa Merusak	40
III METODE PENELITIAN	42
3.1 Diagram Penelitian	42
3.2 Waktu Dan Tempat	43
3.2.1 Waktu Penelitian	43
3.2.2 Tempat Penelitian.....	43
3.3 Alat Dan Bahan	44
3.3.1 Alat pengelasan <i>Oxy Acetylene Welding (OAW)</i>	44
3.3.2 Bahan pengelasan <i>Oxy Acetylene Welding (OAW)</i>	47
3.3.3 Peralatan Pengujian.....	49
3.3.4 Bahan Pengujian	52
3.4 Metode Penelitian.....	52
3.4.1 Studi Literatur dan Survey Lapangan	52
3.4.2 Persiapan Material	53
3.4.3 Pembuatan Kampuh	53
3.4.4 Prosedur Pengelasan	54
3.4.5 Pembuatan Spesimen Pengujian	55
3.4.6 Prosedur Pengujian	56
3.5 Pengambilan Data	58
IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	59
4.1 Pembuatan dan Proses Pengelasan Spesimen	59
4.2 Proses dan Hasil Pengelasan	60
4.3 Pengamatan Visual Cacat Las	64
4.3 Hasil Uji Impak	66
4.4 Hasil Uji Tarik	74
V SIMPULAN DAN SARAN.....	83
5.1 Simpulan	83
5.2 Saran.....	84

DAFTAR PUSTAKA.....	85
LAMPIRAN.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Simbol Las.....	8
2. Komponen Las Oxy Gas	9
3. Nyala oksi-asetilena pada setiap temperatur yang dicapai	15
4. Nyala Karburasi	17
5. Nyala Oksidasi.....	18
6. Nyala Netral.....	19
7. Tabung Gas Asetilena	20
8. Tabung Gas Oksigen	21
9. Gas LPG	22
10. Regulator Gas	22
11. Selang gas oksigen dan gas asetilena	23
12. Brender / Torch.....	24
13. Tip / Nozzle	25
14. Logam Pengisi (Filler Rod).....	26
15. Boraks	28
16. Penetrasi yang kurang sempurna	33
17. Kurangnya pelaburan / fusi	33
18. Undercutting	34
19. Porositas	34

20. Keretakan panas	35
21. Keretakan dingin.....	35
22. Dimensi spesimen uji tarik	36
23. Dimensi spesimen uji impak (Charpy).....	39
24. Dimensi spesimen uji impak (Izod)	40
25. Cairan uji penetran	41
26. Diagram alur penelitian	42
27. Tabung oxygen & acetylene	44
28. LPG 3 kg	44
29. Regulator gas asetilena & LPG.....	45
30. Selang Gas	45
31. Brender Las / Welding Torch.....	46
32. Tip / Nozzle tipe Injector.....	46
33. Manometer tekanan kerja	47
34. Spesimen flat bar dan square bar	48
35. Logam Pengisi (Kuningan).....	48
36. Boraks	49
37. Alat Uji Impak merode Charpy	49
38. Alat uji Tarik	51
39. Sketsa pembuatan kampuh	53
40. Proses Pengelasan	54

41. Dimensi spesimen uji impak	55
42. Dimensi spesimen uji tarik standar	56
43. Kampuh V pada Baja ST37 spesimen uji impak	60
44. Kampuh V pada Baja St37 spesimen uji Tarik.....	60
45. Proses pengelasan pada spesimen uji impak	61
46. Proses pengelasan pada spesimen uji Tarik	61
47. Spesimen Hasil Pengelasan	62
48. Proses pemotongan spesimen uji	63
49. Spesimen Uji Tarik	63
50. Spesimen Uji Impak.....	64
51. Grafik harga impact raw material, gas asetilena dan gas LPG.....	67
52. Spesimen raw material setelah diuji impact.....	67
53. Grafik energi yang diserap variasi gas asetilena.....	68
54. Spesimen 1 variasi gas asetilena setelah diuji impact.....	68
55. Spesimen 2 variasi gas asetilena setelah diuji impact.....	69
56. Spesimen 3 variasi gas asetilena setelah diuji impact.....	69
57. Grafik energi yang diserap variasi gas LPG.....	70
58. Spesimen 1 variasi gas LPG setelah diuji impact.....	70
59. Spesimen 2 variasi gas LPG setelah diuji impact.....	71
60. Spesimen 3 variasi gas LPG setelah diuji impact.....	71
61. Grafik hasil tensile strength raw material, variasi gas asetilena dan gas LPG .	75

62. Spesimen raw material setelah diuji Tarik	76
63. Grafik stress-strain raw material.....	76
64. Spesimen 1,2 dan 3 variasi gas asetilena setelah diuji Tarik.....	78
65. Grafik stress-strain spesimen 1,2 dan 3 variasi gas asetilena	78
66. Spesimen 1,2 dan 3 variasi gas LPG setelah diuji Tarik.....	79
67. Grafik stress-strain spesimen 1,2 dan 3 variasi gas LPG	79
68. Grafik stress-strain gabungan setiap variasi	80

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai campuran gas bakar dan oksigen.....	12
2. Kandungan uap air	13
3. Penggunaan ukuran tip	25
4. Komposisi kimia logam pengisi kuningan	26
5. Komposisi kimia boraks sebagai fluks.....	27
6. Logam Fero dan Non-Fero yang dapat di las dengan oksi asetilen	30
7. Komposisi kimia Baja ST 37	31
8. Karakteristik Baja ST 37	32
9. Jadwal urutan waktu pelaksanaan penelitian	43
10. Spesifikasi alat uji impak metode Charppy	50
11. Spesifikasi alat uji Tarik	51
12. Karakteristik Baja ST 37	52
13. Data hasil uji impak.....	58
14. Data hasil uji Tarik	58

15. Data hasil pengamatan visual tanpa red dye penetrant.....	64
16. Data hasil uji impak.....	66
17. Data hasil uji Tarik	74

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan merupakan salah satu proses penting dalam penyambungan material logam, yang berperan besar dalam industri manufaktur, konstruksi, dan reparasi. Salah satu metode pengelasan yang masih banyak digunakan hingga saat ini adalah *Oxy Acetylene Welding (OAW)*. Metode ini menggunakan nyala api hasil pembakaran campuran gas asetilena dan oksigen untuk mencairkan logam dasar serta logam pengisi, sehingga memungkinkan terjadinya fusi antara dua permukaan logam. Walaupun perkembangan teknologi telah menghadirkan berbagai jenis las listrik yang lebih modern dan cepat, las *OAW* masih memiliki keunggulan tersendiri, terutama dalam pengelasan material tipis dan baja karbon rendah.

Baja karbon rendah, seperti baja ST 37, memiliki sifat mekanik yang baik dan mudah dilas karena kandungan karbonnya yang rendah. Pengelasan material tipis seperti ini seringkali menghadapi kendala deformasi atau distorsi akibat panas tinggi yang tidak terkontrol, terutama saat menggunakan metode las listrik. Las *OAW*, dengan kontrol panas yang lebih bertahap, menjadi alternatif yang lebih aman dan ekonomis untuk menghindari deformasi termal berlebih pada material. Selain itu, nyala api dari las gas dapat dengan mudah disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifik tanpa menyebabkan kerusakan struktural pada material.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas metode *OAW* pada baja karbon rendah. Penelitian oleh Syarief (2004) menunjukkan bahwa sambungan las *OAW* pada baja ST 37 mampu menghasilkan kekuatan tarik yang memadai untuk aplikasi struktural ringan, terutama bila pengaturan nyala api dilakukan secara tepat. Sementara itu, penelitian oleh Dipangga dan Tjahjanti (2021) membahas hasil uji kekuatan tarik pengelasan *OAW* pada baja ST 37 dengan menggunakan logam pengisi kuningan serta penambahan boraks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan boraks dapat mengurangi cacat las seperti porositas dan retakan, bahkan pada beberapa spesimen tidak ditemukan cacat sama sekali. Selain itu, nilai kekuatan tarik sambungan meningkat signifikan, dengan kekuatan tarik tertinggi mencapai 21,92 kgf/mm², lebih besar dibandingkan spesimen tanpa boraks. Hal ini membuktikan bahwa boraks berperan penting dalam meningkatkan sifat mekanik sambungan las serta menurunkan risiko cacat.

Dalam penelitian ini, *Oxy Acetylene Welding* akan diterapkan pada baja ST 37, dengan penilaian kualitas hasil las dilakukan melalui pengujian tarik dan uji dampak. Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarik maksimum yang mampu ditahan oleh sambungan las, sementara uji dampak memberikan gambaran tentang ketangguhan sambungan terhadap beban kejut atau benturan. Kedua uji ini penting untuk mengevaluasi performa mekanik dari hasil pengelasan, terutama pada aplikasi yang memerlukan ketahanan beban statis maupun dinamis. Selain menghindari deformasi, keunggulan lain dari las *OAW* adalah peralatannya yang sederhana, tidak bergantung pada listrik, cocok untuk lingkungan kerja di lapangan, dan memungkinkan pengelasan di berbagai posisi. Dengan biaya operasional yang relatif rendah dan teknik yang tidak terlalu kompleks.

Melalui penelitian ini, diharapkan diperoleh pemahaman lebih mendalam mengenai kualitas sambungan hasil las *OAW* pada baja ST 37, ditinjau dari kekuatan mekaniknya serta potensi cacat las yang terjadi, sehingga dapat dijadikan dasar dalam menentukan metode pengelasan yang tepat untuk

material serupa di masa mendatang. Untuk menilai hasil pengelasan secara menyeluruh, akan dilakukan pengujian mekanik berupa uji tarik untuk mengukur kekuatan sambungan dan uji impak untuk menilai ketangguhan sambungan terhadap beban kejut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan gas asetilena dan *LPG* terhadap kualitas hasil pengelasan *OAW* pada material ST37 dengan filler kuning, serta memberikan rekomendasi penggunaan gas bahan bakar yang lebih efisien namun tetap menghasilkan sambungan yang baik.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kekuatan tarik dan ketangguhan sambungan las *OAW* pada baja ST 37 dengan menggunakan variasi gas asetilena dan gas *LPG*, serta menganalisis pengaruh jenis gas pembakar terhadap sifat mekanik sambungan las pada baja karbon rendah

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis material dasar yang digunakan adalah baja ST 37 dalam bentuk plat datar dengan ketebalan 10mm, yang termasuk baja karbon rendah.
2. Metode pengelasan yang digunakan adalah las *Oxy Acetylene Welding (OAW)* dengan dua variasi bahan bakar, yaitu Gas *Acetylene* (C_2H_2) dan Gas *LPG (Liquefied Petroleum Gas)*
3. Evaluasi hasil pengelasan dalam penelitian ini hanya dibatasi pada pengujian sifat mekanis berupa uji tarik untuk mengetahui kekuatan tarik

maksimum sambungan, dan uji impak metode *charppy* untuk mengukur ketangguhan sambungan terhadap beban kejut

1.4 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan gas asetilena dibandingkan dengan gas *LPG* sebagai bahan bakar pada *Oxy Acetylene Welding* terhadap kekuatan tarik sambungan las pada baja ST 37?
2. Bagaimana pengaruh masing-masing jenis gas terhadap ketangguhan (*toughness*) sambungan hasil pengelasan berdasarkan uji impak?
3. Apakah terdapat perbedaan yang signifikan terhadap sifat mekanis (tarik dan impak) antara hasil las *OAW* dengan gas asetilena dan *LPG*.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai isi laporan penelitian ini, sistematika penulisan skripsi disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang memuat latar belakang penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah, dan rumusan masalah. Dengan tujuan penelitian untuk membandingkan kekuatan tarik dan ketangguhan sambungan las *Oxy-Acetylene Welding (OAW)* pada baja ST 37 menggunakan gas asetilena dan gas *LPG*, serta menganalisis pengaruh jenis gas pembakar terhadap sifat mekanik sambungan las baja karbon rendah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi dasar pengelasan *Oxy-Acetylene Welding (OAW)*, karakteristik gas dan nyala api, peralatan serta

bahan tambahan pengelasan. Selain itu, dibahas pula karakteristik baja karbon rendah ST 37, cacat pada pengelasan *OAW*, serta metode pengujian mekanik berupa uji tarik dan uji impak sebagai dasar evaluasi kualitas hasil pengelasan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode pelaksanaan penelitian yang meliputi persiapan material, pembuatan kampuh, prosedur pengelasan *Oxy-Acetylene Welding (OAW)*, serta pembuatan spesimen pengujian. Selain itu, dijelaskan pula prosedur pengujian yang meliputi pengujian tarik dan pengujian impak sesuai standar *ASTM*, serta tahapan pengambilan data sebagai dasar analisis hasil penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang meliputi pembuatan dan proses pengelasan spesimen, proses serta hasil pengelasan *Oxy-Acetylene Welding (OAW)*, hasil pengujian impak, dan hasil pengujian tarik. Hasil-hasil tersebut digunakan untuk mengevaluasi kualitas sambungan las serta menganalisis pengaruh proses pengelasan terhadap sifat mekanik sambungan las.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dan saran yang diperoleh dari hasil pengujian dari kualitas hasil sambungan *Oxy-Acetylene Welding (OAW)* pada baja ST 37 dengan menggunakan gas asetilena dan gas *LPG*. Kualitas sambungan las dievaluasi dengan pengujian tarik dan pengujian impak serta dapat dibandingkan pengaruh jenis gas pembakar terhadap sifat mekanik hasil pengelasan.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan tentang seluruh sumber pustaka yang digunakan sebagai acuan dalam penyusunan penelitian, berupa buku, jurnal ilmiah, standar, maupun sumber lain

yang relevan dengan topik pengelasan *OAW*, pengujian material, dan analisis sifat mekanik

LAMPIRAN

Bagian ini berisi data pendukung penelitian yang meliputi data hasil pengujian, perhitungan, gambar spesimen, dokumentasi proses pengelasan dan pengujian.

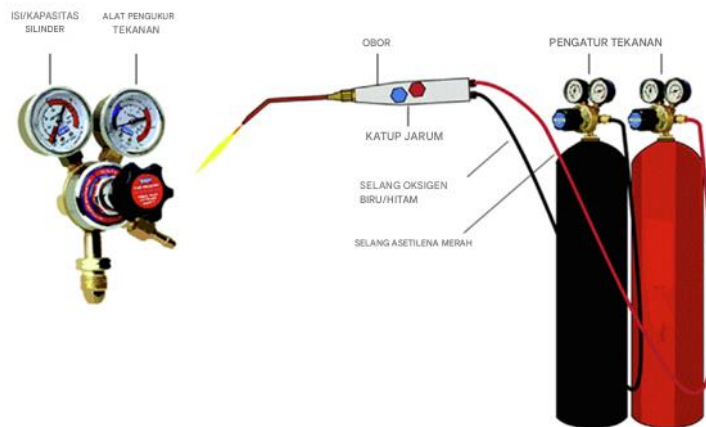
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Oxy Acetylene Welding

Oxy-Acetylene Welding (OAW) adalah suatu metode pengelasan yang memanfaatkan campuran gas oksigen dan asetilena untuk menciptakan panas yang tinggi yang diperlukan untuk melelehkan logam yang akan disambungkan. Proses ini juga dikenal sebagai *welding gas* atau *oxy-fuel welding*. Las oksidasi asetilena umumnya digunakan untuk logam-logam yang relatif tipis atau untuk pengelasan yang memerlukan presisi tinggi, seperti pengelasan pipa, perbaikan logam, atau dalam proses manufaktur yang spesifik (Andre, 2017).

Parameter pengelasan *Oxy-Acetylene Welding (OAW)* mencakup pengaturan tekanan gas oksigen dan asetilin yang tepat, aliran gas sesuai, pemilihan *nozzle* yang tepat, posisi *nozzle* yang optimal terhadap permukaan material, kecepatan pengelasan, kebocoran gas, bahan tertentu, pembersihan permukaan yang baik, perlindungan gas, dan kontrol suhu yang teliti. Memahami dan mengendalikan parameter-parameter ini penting untuk mencapai hasil pengelasan *OAW* yang kuat dan berkualitas tinggi.

Simbol pengelasan berfungsi sebagai panduan dalam proses pengelasan, agar hasil pengelasan sesuai dengan instruksi yang diberikan. Berikut ini adalah penjelasan mengenai berbagai jenis simbol pengelasan.



Gambar 2. Komponen Las *Oxy Gas*
(Singh et al, 2020).

Keuntungan dari penggunaan las gas dibandingkan metode pengelasan lain adalah kemudahan dalam mengatur suhu yang diterapkan pada objek yang dilas, konsistensi logam cair, dimensi kawah yang terbentuk, serta jumlah bahan las yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan material las terpisah dari sumber panas. Metode las *oxy-gas* sangat cocok untuk mengelas objek yang memiliki ketebalan kecil serta untuk pekerjaan perbaikan. Dari sisi biaya awal dan operasional, teknik ini lebih ekonomis. Di samping itu, peralatan dengan biaya rendah ini bisa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan lain, seperti proses *brasing*, *soldering*, pemanasan awal (*pre-heat*), pemanasan akhir (PWHT), pemanasan pipa yang bengkok, serta aplikasi lainnya. Ukuran alat yang relatif kecil dan mudah dibawa ini membuatnya praktis untuk digunakan di lapangan, tanpa memerlukan sumber energi tambahan.

Keterbatasan metode ini adalah tidak ekonomis untuk benda kerja yang tebal dan besar, serta kurang cocok untuk bahan yang mudah bereaksi dengan gas sebagai bahan bakar atau hasil dari proses pembakaran. Bahan bakar gas yang digunakan dalam las oksidasi asetilena meliputi *acetylene*, *methylacetylene-propadiene*, *proylene*, *propane*, gas alam (*methane*), dan *hydrogen*.

1. Gas Asetilena

Asetilena adalah gas yang tidak memiliki warna, terdiri dari unsur hidrogen (7,7%) dan karbon (92,3%). Gas ini termasuk dalam kategori zat yang hanya terdiri dari hidrogen dan karbon. Asetilena perlu ditangani dengan hati-hati karena merupakan gas yang sangat mudah meledak bila terkena udara atau disimpan dalam tabung dengan tekanan di atas 15 psi (1,05 kg/cm²). Pada tekanan 28 psi (1,97 kg/cm²), Asetilen akan terurai menjadi karbon dan hidrogen. Dalam kondisi tersebut, gas ini sangat peka terhadap guncangan atau benturan ringan yang bisa mengenai tabung, terlebih lagi jika ada percikan api. Oleh karena itu, Asetilen tidak boleh disimpan dengan tekanan melebihi 1,05 kg/cm².(Johan & Bethony, 2021).

Gas ini akan memiliki bau yang sangat tajam ketika terpapar dengan udara. Aroma yang tajam ini dapat menunjukkan bahwa terdapat gas Asetilena di lingkungan sekitar kita. Oleh karena itu, kita perlu lebih berhati-hati dan peka terhadap indikator-indikator yang menunjukkan adanya gas yang mudah terbakar. Api yang dihasilkan dari Asetilena dapat menciptakan suhu yang sangat tinggi. Gas Asetilena memiliki nilai kalor sebesar 1433 Btu/ft³ (Ferrero et al., 2010).

Dalam kondisi tertentu, *acetylene* bisa meledak jika membentuk ikatan dengan logam tembaga, perak, dan mercury. Karena itu, *acetylene* sebaiknya dipisahkan dari keberadaan unsur-unsur tersebut.

2. *Methlacetylene propdiene Gas (Mapp)*

Dilihat dari sifatnya yang mudah terbakar, *MAPP* mirip dengan *acetylene* meskipun tidak terlalu peka terhadap getaran tabung. Karena gas ini tidak perlu menggunakan acetone sebagai pelarut, maka berat tabung bisa lebih ringan atau dengan berat yang sama,

volume tabung bisa lebih besar. Dengan kata lain, gas ini lebih mudah dalam penggunaannya.

Methylacetylene Propadiene memiliki angka kalor sebesar 2450 Btu/ft (21,8kcal/liter). Apabila digunakan untuk proses las, gas ini tidak mudah menimbulkan ledakan balik, meskipun api yang dihasilkan kurang padat. Api dari gas ini cenderung lebih panjang, lebih lebar, dan lebih mudah menyebar, serta memiliki lidah api yang lebih luas dibandingkan api acetylene yang memiliki inti api yang kecil dan padat. Jika digunakan untuk pemotongan, gas ini lebih murah dan mampu menghasilkan potongan yang lebih halus.

3. *Propylene Gas*

Propylene adalah salah satu senyawa yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari proses penggalan minyak, sehingga sering disebut sebagai gas minyak (petroleum gas). Gas ini biasanya disimpan dalam bentuk cair. Meskipun *propylene* tidak cocok digunakan sebagai bahan bakar untuk las, namun sangat baik digunakan sebagai bahan bakar untuk pemotongan, *brassing*, maupun *soldering*. Selain itu, gas ini juga sering digunakan dalam proses *flame spraying*.

4. Gas Propana (*LPG*)

Propana adalah hasil sampingan dari kegiatan ekstraksi minyak dan gas alam. Gas ini disimpan dalam silinder baja yang memiliki kapasitas 45 kg dalam keadaan cair. Oleh karena itu, gas ini juga disebut dengan istilah *LPG (Liquifier Petroleum Gas)*. Gas ini tidak digunakan untuk las, melainkan lebih untuk pemanasan awal atau kebutuhan serupa.

5. Gas Alam

Gas ini sebenarnya hampir serupa dengan *LPG*, hanya saja sudah terpisah dari bahan minyak sejak awal. Gas ini memiliki angka kalor relatif tinggi yaitu 1200 btu/ft³ (302 kcal/liter), hampir sama dengan gas *acetylene* (361 kcal/liter). Meski gas ini dapat digunakan untuk keperluan pengelasan, penggunaannya tidak terlalu umum karena menghasilkan gas karbon monoksida yang beracun dan berdampak negatif terhadap kesehatan. Jika digunakan untuk pengelasan, katup harus segera ditutup tepat setelah proses pengelasan selesai

6. Hidrogen

Hidrogen adalah suatu gas yang memiliki berat sangat ringan, tidak memiliki rasa, tidak beraroma, dan tidak memiliki warna. Apabila dicampurkan dengan oksigen, maka akan terbentuk api yang dapat dimanfaatkan untuk pemanasan dasar. Kandungan hidrogen di udara terbuka berada antara 4 hingga 75%, dan gas ini sangat mudah terbakar. Oleh karena itu, tabung hidrogen harus dipastikan tidak memiliki kebocoran, karena kebocoran hidrogen tidak dapat dideteksi kecuali saat sudah terbakar. Tabung gas ini umumnya diletakkan di area terbuka atau di tempat yang memiliki sirkulasi udara yang baik, agar jika terjadi kebocoran, konsentrasi hidrogen tidak akan melebihi 4%.

Tabel 1. Nilai campuran gas bakar dan oksigen (Widodo & Santoso, 2013)

Gas Bahan Bakar	Suhu (°C)
Asetilena	3150
Hidrogen	2660
Propana (<i>LPG</i>)	2526
<i>MAPP</i>	2927
<i>Propilena</i>	2900
Gas Alam	2358

2.2 Oksigen

Oksigen diperlukan untuk setiap proses pembakaran, termasuk juga las gas. Untuk las gas dipakai oksigen murni supaya pembakaran berlangsung cepat, sempurna dan gas yang dihasilkan lebih terkontrol sehingga tidak mempengaruhi kualitas lasan. Pembakaran yang cepat dan sempurna akan menghasilkan suhu maksimum sehingga pengelasan berlangsung cepat, oksigen murni diperoleh dengan mendestilasi udara bebas

Disamping unsur tersebut, masih ada unsur lain yaitu uap air. Kandungan uap air diudara bebas bervariasi tergantung suhu udara dan *humidity* relatif namun tidak lebih dari satu persen (*speight*). Data tersebut berasal dari analisis udara kering di permukaan air laut. Ditinjau dari beratnya udara bebas terdiri dari beberapa kandungan uap air serta gas-gas lainnya turut memengaruhi kondisi atmosfer. Berdasarkan Kirono dan Amri (2013), beberapa gas utama yang berperan dalam kandungan uap air ditunjukkan pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Kandungan uap air (Kirono and Amri 2013)

No	Gas	Persentase (%)
1	Nitrogen	75,5%
2	Oksigen	33,2%
3	Argon	1,3%

Kandungan yang terdapat dalam udara dipisahkan dengan cara melihat perbedaan titik didihnya. Contohnya, gas mulai mendidih pada suhu – 182,770°C. Udara yang telah disortir disimpan pada suhu -195,550°C (Kirono & Amri, 2013).

Pemecahan udara tidak hanya menghasilkan oksigen, tetapi juga sejumlah gas lain yang penting dalam proses pemanasan lainnya, yaitu karbon dioksida, argon, dan helium. Gas-gas tersebut dimanfaatkan sebagai gas pelindung dalam proses pengelasan busur listrik yang tidak terbungkus. Prinsip dasar dari pemisahan oksigen dari udara dapat dilihat pada diagram kerja yang berikut ini. Prinsip kerja tersebut telah tetap sama dari dulu hingga sekarang, meskipun

mesin dan unit kontrolnya kini telah ditingkatkan dan menggunakan sistem yang lebih modern dengan teknologi elektronik (Siswanto, 2018).

Produksi oksigen dimulai dengan memasukkan udara yang sudah dihilangkan kotorannya hingga mencapai tekanan sekitar 20 Mpa (3000 psig). Pada tekanan tersebut, karbon dioksida serta kotoran lainnya dipisahkan. Selanjutnya, udara dialirkan melalui saluran dan dibiarkan mengembang hingga tekanannya berkurang. Proses pemuaian ini akan menurunkan suhu udara. Saat suhunya turun, udara mulai mengembun dan membeku. Udara yang telah mengembun tersebut kemudian dialirkan ke papan penguapan. Nitrogen dan gas-gas lain yang memiliki titik didih lebih rendah dari oksigen akan menguap lebih dulu, sehingga pada tahap ini hanya tersisa oksigen (Hafid dkk, 2022).

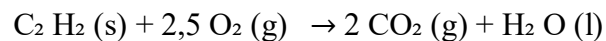
Oksigen murni adalah gas tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Oksigen bukan zat berbahaya bagi manusia dan kehidupan lainnya tetapi justru dibutuhkan, namun oksigen murni ini biasanya disimpan dalam tabung bertekanan relatif tinggi sehingga perlu juga diperlakukan dengan hati-hati. Tabungan bertekanan tinggi harus selalu dijauhkan dari sumber panas, tumbukkan dan kemungkinan jatuh terguling.

Oksigen adalah zat pembakaran, oleh karena itu harus juga dijauhkan dari bahan-bahan mudah terbakar. Bertemunya oksigen, apalagi oksigen murni, dengan bahan mudah terbakar merupakan sumber potensial kebakaran.

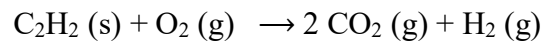
Oksigen murni didistribusikan dalam botol bertekanan tinggi untuk meningkatkan efisiensi transportasi dan pemakaian. Pengelasan tidak perlu memproduksi sendiri oksigen yang diperlukan karena biasanya tidak sulit mendapatkan oksigen dalam botol. Hampir di setiap kota besar terdapat agen penjualan oksigen murni yang tidak saja mensuplai kebutuhan industri tetapi juga rumah sakit (Tyagita dkk., 2016).

2.3 Nyala Api Las Oksi Asetilena

Faktor yang paling penting dalam proses pengelasan oxy-acetylene adalah nyala api oksidasi asetilena, sehingga teknik pengelasan ini sering disebut sebagai pengelasan dengan api. Kualitas api tersebut memainkan peran penting dalam menentukan hasil pengelasan. Secara teoritis, proses pembakaran yang sempurna dari gas asetilena berlangsung melalui reaksi kimia di bawah ini:



Dari persamaan reaksi tersebut dapat diketahui bahwa satu volume asetilena membutuhkan 2,5 volume oksigen untuk menghasilkan dua volume karbon dioksida dan satu volume air (uap air). Dalam kenyataannya, reaksi tersebut tidak terjadi hanya dalam satu tahap, melainkan dalam dua tahap. Tahap pertama, yang disebut reaksi primer, terjadi dengan adanya nyala inti dan dijelaskan oleh persamaan reaksi.:



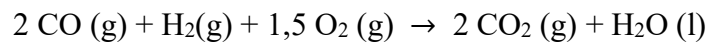
Dari persamaan itu, dapat dipahami bahwa satu volume asetilen memerlukan satu volume oksigen. Oksigen ini diambil dari tabung oksigen. Hasil dari reaksi utama adalah dua bagian karbon monoksida dan satu bagian hidrogen.

Dua tahap pembakaran dapat diamati dari nyala api oksigen-asetilen yang muncul dari ujung pemancar. Apabila campuran oksigen dan asetilena memiliki rasio 1:1, sebagaimana dijelaskan dalam reaksi kimia di atas, api yang dihasilkan disebut sebagai api netral (Siswanto, 2018).



Gambar 3. Nyala oksidasi-asetilena pada setiap temperatur yang dicapai (Siswanto, 2018)

Reaksi pada tahap kedua berlangsung di luar kelompok nyala inti. Pada tahap ini, gas karbon monoksida dan hidrogen yang dihasilkan dari reaksi sebelumnya terbakar bersamaan dengan oksigen dari udara, yang menghasilkan karbon dioksida dan uap air, seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut :



Panas yang dihasilkan dari reaksi kedua ini sebenarnya lebih besar dibandingkan tahap pertama, namun karena pembakaran terjadi dengan kecepatan yang lambat dan volume yang besar, sehingga suhu yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan suhu pada tahap sebelumnya yang jauh lebih tinggi. Hal ini terjadi karena oksigen yang digunakan berasal dari botol bertekanan yang mengandung oksigen murni, sehingga suhu menjadi lebih tinggi.

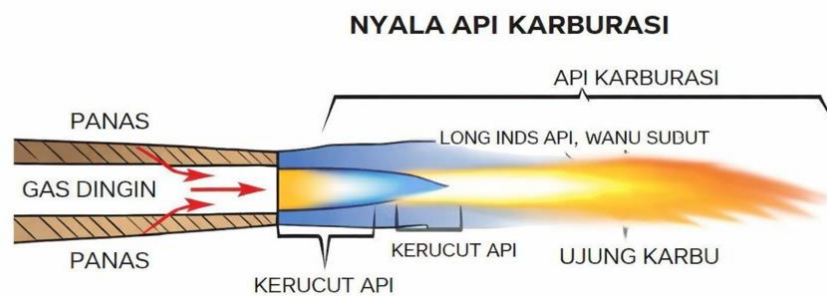
Api dari las oksidasi asetilena dapat dengan mudah diatur menggunakan katup yang terdapat pada pembakar. Perubahan jumlah campuran oksigen dan asetilena yang diteruskan ke ujung pembakar akan memengaruhi karakteristik kimia dari nyala inti, yang pada gilirannya akan berdampak pada proses peleburan dan komposisi objek yang dikerjakan. Kualitas nyala api yang beragam dapat dicapai dengan mengatur ukuran bukaan katup pada pembakar.

Api yang dihasilkan dari berbagai penggunaan campuran bahan bakar oksidasi asetilena umumnya dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu api karburasi, api oksidasi, dan api netral (Severianus Wunda dkk, 2019).

1. Nyala Api Karburasi

Api karburasi muncul akibat campuran yang mengandung terlalu banyak asetilena atau kurang oksigen, yang menyebabkan karbon yang mulai terurai pada tahap awal reaksi tidak terbakar secara sempurna. Akibatnya, karbon tersebut memasuki benda kerja yang berada dalam keadaan cair. Setelah benda kerja itu dingin, ia menjadi lebih kuat daripada sebelumnya. Ada juga kemungkinan lasan akan retak saat membeku karena terlalu banyak karbon, atau lasan bisa menjadi rapuh. Namun, api *carburizing* tidak selalu membawa

efek yang buruk. Sebaliknya, api ini bisa digunakan dengan baik untuk mengelas baja lunak yang memiliki kandungan karbon rendah, membuat permukaan lebih keras, memperbaiki retakan, menyolder, dan mengelas aluminium. Gambar 4 berikut memperlihatkan bentuk dan karakteristik dari api *carburizing* yang digunakan dalam proses pengelasan (Wisnujati & Nurhuda, 2017).



Gambar 4. Nyala Karburasi

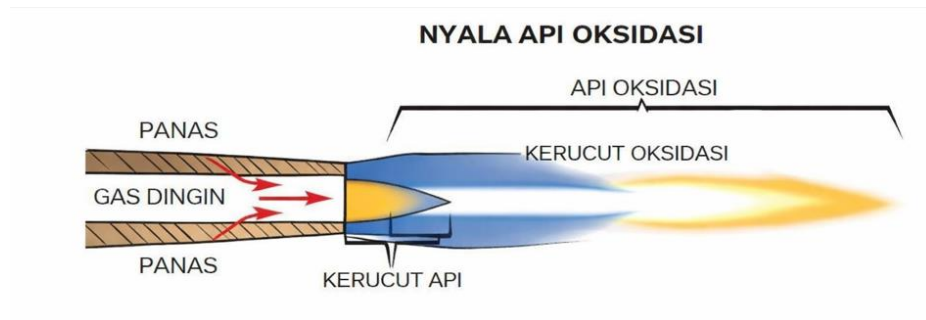
(Grill J, 2024)

Ciri-ciri api karburasi dapat diidentifikasi melalui bentuk, ukuran, serta warnanya. Pada api *carburizing*, ujung api pusat tampak tidak runcing. Api ini memanfaatkan bahan bakar asetilena dan memiliki lidah api (api luar) yang akan semakin panjang seiring dengan peningkatan kadar asetilena. Apabila panjang api pada inti adalah x , maka panjang api asetilena pun akan menjadi x . Apabila konsentrasi asetilena ditingkatkan, panjang inti api akan tetap sama, namun panjang api asetilena menjadi tiga kali lipat dari x . Seperti halnya nyala api, semakin panjang dan semakin bercahaya (Grill J, 2024).

2. Nyala Api Oksidasi

Api ini adalah kebalikan dari api karburasi. Api oksidasi muncul ketika ada banyak oksigen atau kurangnya asetilena dalam campurannya. Contohnya, oksigen murni dari tabung tidak terlibat dalam reaksi pada tahap pertama. Oksigen murni yang tetap bebas ini bisa bereaksi dengan benda yang sedang dikerjakan, seperti membakar unsur karbon (C) dalam benda tersebut, yang

membuat baja lunak yang digunakan untuk pengelasan menjadi lebih lembut. Oksigen yang tidak terikat ini bisa masuk ke dalam area pengelasan, yang kemudian dapat menyebabkan kerusakan atau oksidasi. Gambar 5 di bawah ini menunjukkan tampilan dan ciri-ciri dari api oksidasi (Grill J, 2024).



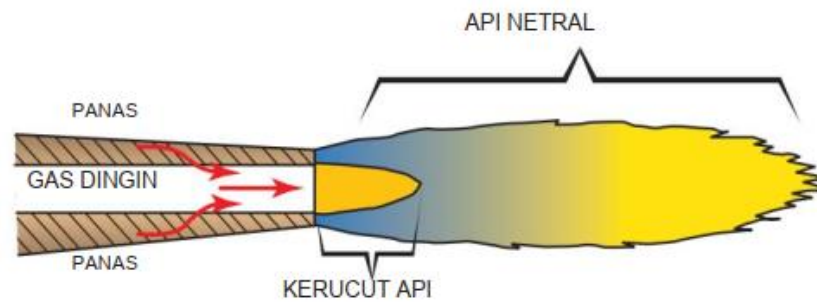
Gambar 5. Nyala Oksidasi

(Grill J, 2024)

Api oksidasi umumnya tidak sering dipakai, kecuali untuk memperbaiki baja galvanis, dalam proses pengelasan, serta untuk memanaskan awal saat mengelas baja tuang. Ciri khas dari api oksidasi adalah berlawanan dengan api karburisasi, di mana api ini memiliki inti yang tajam dan pendek. Api yang dihasilkan oleh alkohol dapat disebut tidak ada, sedangkan bentuk lidah apinya tergolong pendek. Api ini menghasilkan suara desisan atau gemerisik

3. Nyala Api Netral

Api netral dihasilkan dari kombinasi yang seimbang, yaitu satu bagian oksigen dan satu bagian asetilena, sesuai yang diperlukan dalam reaksi tahap pertama. Seluruh unsur karbon yang terurai pada fase pertama sepenuhnya terbakar oleh oksigen pada fase yang sama, namun tidak ada oksigen yang tersisa secara bebas. Api netral ini tidak menghasilkan nyala asetilena, tidak memproduksi gejolak, tidak mengeluarkan suara berdesis, dan inti dari nyala tersebut tidak tajam. Apabila diamati dengan lebih teliti, contohnya dengan menggunakan kaca mata las, akan tampak sejumlah kecil kelopak di sekeliling pusat api. Gambar 6 berikut menunjukkan bentuk dan karakteristik nyala api netral.



Gambar 6. Nyala Netral

(Grill J, 2024)

Api netral ini diharapkan dapat digunakan untuk mengelas berbagai jenis material, kecuali untuk material yang sudah terdaftar dalam kategori api oksidasi atau api karburisasi, serta material tertentu yang sensitif terhadap gas asetilena atau produk reaksi dengan oksigen, seperti titanium. Api netral tidak akan menambahkan elemen karbon atau elemen lainnya ke dalam benda kerja, serta tidak akan menghilangkan elemen karbon atau elemen lainnya dari benda kerja (Grill J, 2024).

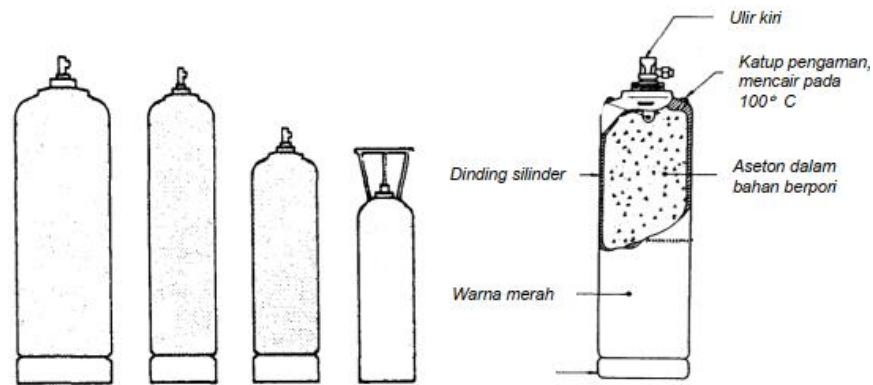
2.4 Perlengkapan Alat Las Oksi Asetilena

Perlengkapan utama untuk proses pengelasan oksidasi asetilena meliputi: tabung asetilena, tabung oksigen, pengatur tekanan, selang asetilena serta oksigen, dan aplikasi api. Fungsi dari setiap alat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Tabung Gas Asetilena

Menggunakan generator untuk memproduksi gas asetilena sendiri biasanya lebih murah dibanding membeli gas asetilena yang sudah siap dipakai dan disimpan dalam tabung. Namun, ada kekurangan dalam memproduksi gas asetilena sendiri, yaitu tekanan gas yang kurang stabil. Oleh karena itu, gas asetilena umumnya diproduksi di pabrik dan dikemas dalam tabung agar lebih mudah dibawa ke berbagai tempat. Gas asetilena disimpan dalam

tekanan tinggi sehingga bisa digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama dengan tekanan kerja yang relatif tetap (Sani R, 2013).

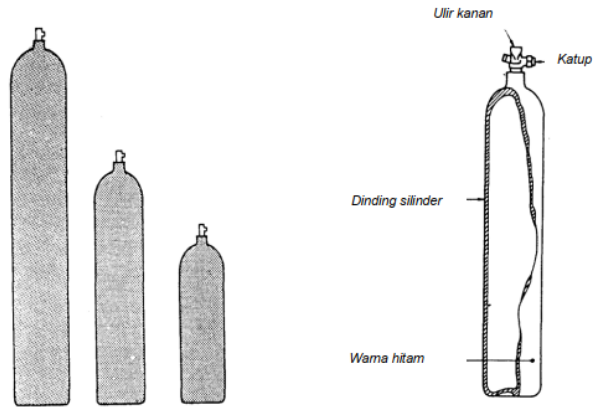


Gambar 7. Tabung Gas Asetilena

(Sani R, 2013)

2. Tabung Oksigen

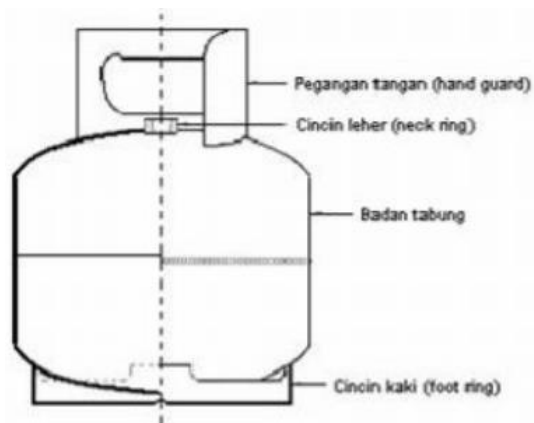
Oksigen secara zat tidak berbahaya, namun karena disimpan dalam tekanan yang tinggi, maka tabung oksigen harus memenuhi berbagai ketentuan tertentu. Sebagai zat pembakar, oksigen bertekanan tinggi mudah bereaksi dengan bahan seperti minyak, oli, atau *grease*. Karena itu, bagian-bagian tabung oksigen, terutama sambungan berulir yang sering dilepas, tidak boleh dilumasi. Bagian tersebut sebaiknya terbuat dari bahan yang tahan karat seperti kuningan, sehingga tidak perlu dilumasi. Tabung yang terisi penuh dengan tekanan 150 kg/cm² harus disimpan di tempat yang aman. Jika tabung jatuh dan menimpa benda lain, sehingga retak atau pecah, maka akan terjadi ledakan yang sangat kuat, seperti bom (Sani R, 2013).



Gambar 8. Tabung Gas Oksigen
(Sani R, 2013)

3. LPG (*Liquefied Petroleum Gas*)

LPG (Liquefied Petroleum Gas) digunakan sebagai bahan bakar dalam sistem pengelasan *OAW* yang terdiri dari tabung *LPG*, regulator, selang distribusi, dan injektor nyala, di mana nyala api hasil pembakarannya mampu digunakan untuk memanaskan pelat logam tipis dengan ketebalan di bawah 1 mm, mirip seperti prinsip pembakaran pada kompor gas rumah tangga (Mulyanti dkk, 2013).



Gambar 9. Gas *LPG*
(Mulyanti dkk, 2013)

4. Regulator

Untuk memperoleh nyala api yang tepat selama proses pengelasan, diperlukan proporsi campuran yang akurat dan konsisten antara oksigen dan asetilena. Tekanan asetilena tidak sama dengan tekanan oksigen, oleh karena itu dalam proses pengelasan oksi asetekina diperlukan dua regulator, yaitu satu untuk asetilena dan satu lagi untuk oksigen. Pada dasarnya, kedua regulator tersebut berfungsi dengan cara yang serupa, tetapi masing-masing memiliki kapasitas yang berbeda. Agar dapat menghindari kesalahan dalam penggunaan, regulator asetilena dirancang dengan ulir kiri, sedangkan regulator oksigen dirancang dengan ulir kanan (Bhatia, 2019).

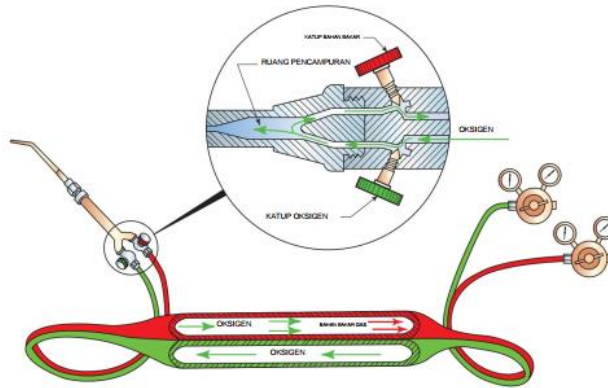


Gambar 10. Regulator Gas

(Bhatia, 2019)

5. Selang Gas Asetilena dan Gas Oksigen

Selang las digunakan untuk mengalirkan gas yang keluar dari generator atau regulator ke pembakar. Selang las harus kedap gas (tidak bocor), mampu menahan tekanan gas, tahan terhadap minyak maupun pelumas, serta tidak kaku. Selang harus mampu menahan tekanan gas dengan angka keamanan minimal lima kali tekanan kerja, sehingga apabila terjadi penyumbatan pada pembakaran atau terjadi nyala balik, selang tetap mampu menahan kenaikan Kondisi tekanan yang terjadi. Di sejumlah negara yang memiliki industri, disarankan agar menggunakan selang dengan kapasitas 28 kg/cm² berdasarkan hasil pengujian dari pabrik pembuat (Bhatia, 2019).



Gambar 11. Selang gas oksigen dan gas asetilena
(Bhatia, 2019)

6. Brender / Torch

Brender digunakan untuk menggabungkan oksigen dengan asetilena, lalu membakar campuran tersebut dan mengarahkan api yang dihasilkan. Brender sering kali dikenali sebagai pembakar, meskipun istilah ini tidak sepenuhnya salah, namun kurang akurat sebab pembakaran hanya merupakan salah satu peran dari brander. Komponen utama dari brander meliputi katup pengatur nyala, pegangan atau tangkai, pencampur gas, serta ujung nozzle brander. Terdapat dua jenis penggunaan pada brander, yaitu:

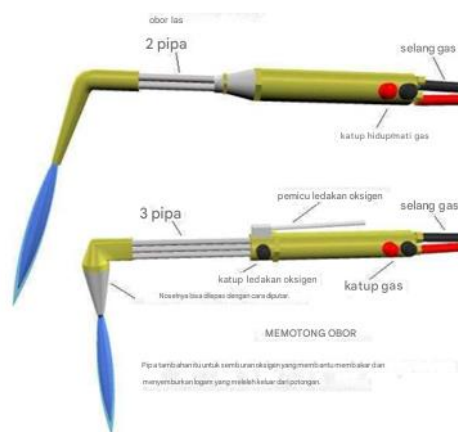
a. Brender Las / *Welding Torch*

Brender pengelas dipakai untuk proses pengelasan logam. Brender ini dapat dikenali melalui ciri-cirinya, yang hanya memiliki satu atau dua pipa yang mengarah ke *nozzle*. Tidak terdapat pemicu untuk keluarnya oksigen, dan juga terdapat dua katup di bagian bawah pegangan yang memungkinkan operator mengatur aliran oksigen serta bahan bakar.

b. Brender Pemotong / *Cutting Torch*

Digunakan untuk memotong bahan. Digunakan untuk memotong bahan, brander ini mirip dengan brander las, namun hal itu dapat diidentifikasi melalui pemicu atau pengatur aliran oksigen. Saat proses pemotongan, logam terlebih dahulu dipanaskan dengan api sampai

warnanya menyerupai merah ceri. Setelah suhu tersebut tercapai, oksigen diberikan ke bagian yang telah dipanaskan dengan cara menekan tombol untuk mengalirkan oksigen. Oksigen itu bereaksi dengan logam, menghasilkan oksida besi serta melepaskan panas. Panas ini yang meneruskan proses pemotongan. Obor pemotong berperan hanya untuk memanaskan logam sehingga proses dapat dimulai; panas tambahan berasal dari pembakaran logam tersebut. Titik leleh oksida besi adalah sekitar 50% dari titik leleh logam yang dipotong. Ketika logam terbakar, logam tersebut langsung berubah menjadi oksida besi cair yang kemudian mengalir menjauh dari area pemotongan. Namun, sebagian oksida besi masih tertinggal di benda kerja, membentuk lapisan "terak" yang kokoh. Terak ini dapat dibersihkan dengan cara diketuk atau digiling perlahan.



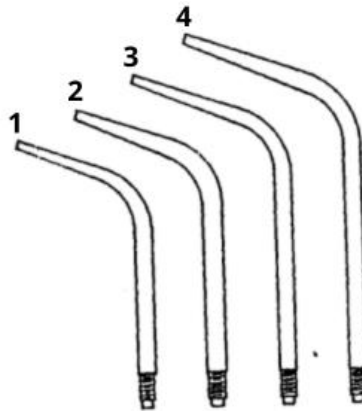
Gambar 12. Brender / Torch

(Appleyard, A, 2004)

7. Tip / Nozzle

Secara umum, sebuah pembakar dilengkapi dengan sejumlah tip atau mulut pembakar. Setiap mulut pembakar digunakan untuk mengelas bahan dengan ketebalan yang berbeda. Seperti pembakar las, mulut pembakar ini juga terdapat dua jenis yaitu mulut pembakar "mixer" dan "injector".

Penggunaan ukuran tip berdasarkan ketebalan bahan hanya berlaku untuk las cair baja lunak.



Gambar 13. Tip / Nozzle

(Widodo & Santoso, 2013)

Tabel 3. Penggunaan ukuran tip (Widodo & Santoso, 2013)

TIPE <i>INJECTOR</i>		TIPE <i>MIXER</i>	
Ukuran Tip	Tebal Bahan (mm)	Ukuran Tip	Tebal Bahan (mm)
1	0,5-1	8	0,5-2,0
2	1-2	10	2-4
3	2-4	12	4-6
4	4-6	15	6-9
5	6-9	20	9 -15
6	14-20		
7	20-30		

2.5 Bahan Tambahan

2.5.1 Logam Pengisi (*Filler*)

Proses pengelasan dapat dilaksanakan dengan menggunakan bahan tambahan atau tanpa bahan tambahan. Ketentuan kualitas bahan tambahan pada dasarnya sejalan dengan kualitas benda kerja. Bahan tambahan yang dapat ditemukan di pasaran memiliki bentuk batangan dengan penampang bulat, menyerupai kawat, dan memiliki panjang sekitar satu meter (Permana, D., & Syahbuddin, S., 2022).



Gambar 14. Logam Pengisi (*Filler Rod*)

(Permana, D., & Syahbuddin, S., 2022).

Dari berbagai jenis paduan tembaga, paduan tembaga-seng yang umumnya dikenal sebagai kuningan, merupakan jenis yang paling umum dan sering digunakan. Keberadaan paduan ini yang luas didorong oleh warnanya yang menarik, kemudahan dalam proses pemrosesan, serta sifat fisik dan kekuatan yang menguntungkan, berikut kandungan kimia pada logam pengisi kuningan pada tabel (Stella S.r.l., 2023).

Tabel 4. Komposisi kimia logam pengisi kuningan (Stella S.r.l., 2023)

Kode Logam Pengisi	Cu (%)	Zn (%)	Sn (%)	Mn (%)	Ni (%)	Ag (%)	Si (%)
Cu60Zn	60	<i>Balance</i>	–	–	–	–	0,3
Cu59ZnSn	59	<i>Balance</i>	0,4– 0,3	–	–	–	–
Cu59ZnMn	60	<i>Balance</i>	–	0,15	–	–	0,3
Cu59ZnSnMn	59	<i>Balance</i>	0,4– 0,3	0,7	–	–	–
Cu59ZnSnMnNi	59	<i>Balance</i>	0,3	1,0	0,8– 0,6	–	–
Cu59ZnAg	59	<i>Balance</i>	0,1	0,1	–	1,0	0,1

Diameter logam pengisi biasanya berkisar antara 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6,5 mm, dan 8 mm. Hingga saat ini, belum ada kesepakatan yang diakui secara luas oleh semua pihak yang terlibat dalam

proses pengelasan. Pengelompokan bahan tambah yang tersedia hanya dilakukan menurut jenis material, seperti baja lunak, besi cor, baja tahan karat, campuran tembaga dan kuningan, aluminium gilas, aluminium ekstrusi, serta aluminium cor. Setiap kelompok tersebut selanjutnya akan dikelompokkan kembali berdasarkan tingkat kekuatan mekanisnya, seperti 300 Mpa, 450 Mpa, dan 750 Mpa. Kode *RG* adalah kependekan dari *Rod Gas*. *Rod* merujuk pada batangan, sementara *Gas* merujuk pada gas las, yang digunakan dalam metode pengelasan dengan gas (Ryan, 2018).

2.5.2 Boraks

Boraks yang paling umum digunakan sebagai bahan tambahan dalam pengelasan *oxy acetylene* adalah boraks dekahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) yang mana boraks ini berfungsi untuk meningkatkan kualitas sambungan las. Dengan mencelupkan kawat las ke dalam boraks sebelum pengelasan, Boraks digunakan untuk membantu menurunkan titik leleh dari logam pengisi agar mempercepat pelelehan pada saat proses induksi dan proses pengelasan. Pemberian boraks dilakukan, karena titik leleh logam pengisi yang begitu tinggi akan menghambat proses pengisian material dengan pemberian boraks maka titik leleh bisa diturunkan, maka proses pelelehan logam pengisi akan lebih mudah dilakukan (W. Xie et al, 2017)

Tabel 5. Komposisi kimia boraks sebagai fluks (W. Xie et al, 2017)

Komponen	Kisaran (%)	Fungsi
Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	50 – 70 %	Fluks utama
Asam borat (H_3BO_3)	10 – 30 %	Menurunkan suhu leleh
Boron oksida (B_2O_3)	5 – 15 %	Meningkatkan aktivitas fluks
Natrium fluorida (NaF) / Kalium fluorida (KF)	0 – 10 %	Untuk baja & kuningan

Hasil dari sambungan las akan menjadi lebih kuat dan tahan retak karena boraks mampu mengurangi cacat seperti porositas dan inklusi. Selain itu, boraks yang telah mencair membentuk lapisan pelindung yang mencegah kontaminasi udara selama proses pengelasan berlangsung. Setelah pengelasan selesai, sisa boraks yang mengering dapat dengan mudah dibersihkan. (Permana, D., & Syahbuddin, S., 2022).



Gambar 15. Boraks

(Permana, D., & Syahbuddin, S., 2022).

2.6 Baja Karbon Rendah

Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya. Menurut pendefinisian ASM *handbook* vol 1:148 (1993), baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah perentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni ada baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja karbon sedang (*medium carbon steel*) dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*).

Adapun baja karbon yang digunakan disini adalah baja karbon rendah (*low carbon steel*) merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur

baja kurang dari 0,025% - 0,25% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil dan lain-lainnya. Baja karbon rendah ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan.

Tabel 6. Logam Fero dan Non-Fero yang dapat di las dengan oksasi asetilen (ASTM E 23-12c, 2012)

No	Base Metal	Filler-metal type	Flame type	Flux type
1	Alumuniums	(a)	Slightly reducing	Alumunium
2	Brasses	Navy brass	Slightly axidizing	Borax
3	Bronzes	Copper tin	Slightly oxidizing	Borax
4	Copper	Copper	Neutral	(b)
5	Copper nickel	Copper nickel	Reducing	(b)
6	Inconel	(a)	Slightly reducing	Flouride
7	Iron, cast	Cast iron	Neutral	Borex
8	Iron, wrought	Steel	Neutral	(b)
9	Lead	Lead	Slightly reducing	(b)
10	Monel	(a)	Slightly reducing	Monel
11	Nickel	Nickel	Slightly reducing	(b)
12	Nickel silver	Nickel silver	Reducing	(b)
13	Low-alloy steel	Steel	Slightly reducing	(b)
14	Hight-carbon steel	Steel	Reducing	(b)
15	Low-carbon steel	Steel	Neutral	(b)
16	Medium-carbon steel	Steel	Slightly reducing	(b)
17	Stainless steel	(a)	Slightly reducing	Stainless steel

Keterangan :

(a) Jenis logam pengisi (*filler-metal type*) adalah sama dengan logam dasar (*base metal*).

(b) = Tidak perlu fluks.

2.6.1 Baja ST 37

Baja ST 37 merujuk pada standar Jerman *DIN* atau "*Deutsches Institut für Normung*" yang berarti "Institut Standarisasi Jerman. Terdapat pada DIN 17100. Dalam standar ini, ST 37 adalah singkatan dari "*Stahl*" (baja) dengan nomor 37 yang menunjukkan batasan kekuatan Tarik. Baja ST 37 adalah jenis baja karbon rendah yang umum digunakan dalam industri konstruksi dan manufaktur. Karakteristik utama dari baja ini adalah keuletan tinggi, kemampuan deformasi yang baik, dan kemudahan dalam proses pengelasan. Dengan kandungan karbon yang rendah, baja ST 37 memiliki struktur mikro yang didominasi oleh ferit dan sedikit perlit, yang menjadikannya mudah dilas tanpa risiko signifikan pembentukan struktur getas akibat pemanasan lokal. Baja ini juga memiliki kekuatan tarik minimum sekitar 370 MPa, cukup untuk berbagai aplikasi struktural seperti rangka bangunan, kendaraan, dan komponen mesin (Callister & Rethwisch, 2014).

Tabel 7. Komposisi kimia Baja ST 37 (Callister & Rethwisch, 2014).

Kandungan Unsur	Berat
Karbon	0,13 – 0,17%
Silikon	0,35 %
Mangan	0.35–0.65%
Fosfor	0,05 %

Tabel 8. Karakteristik Baja ST 37(Callister & Rethwisch, 2014).

<i>Density (g/cc)</i>	8,05
<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	460 Mpa
<i>Tensile Strength, Yield</i>	325 Mpa
<i>Elongation at Break</i>	25%
<i>Reduction of Area</i>	50%
<i>Modulus Elastisitas</i>	200Gpa
<i>Bulk Modulus</i>	160 Gpa
<i>Machinability and Poissons Ratio</i>	60% dan 0,3

2.7 Cacat Pada Las Oksi-Asetilena

Jika pengelasan dilakukan dengan cara yang tepat, menggunakan teknik dan bahan yang terstandarisasi, maka hasil las bisa sangat bagus. Namun, seperti proses pengelasan lainnya, ada kemungkinan terjadinya cacat las. Beberapa cacat yang biasa muncul dalam pengelasan oksi asetilena adalah:

a. Penetrasi yang kurang sempurna

Hal yang biasanya terjadi diakibatkan oleh faktor sebagai berikut:

- Selama pengelasan, tidak semua lapisan logam dasar ditembus dengan baik.
- Ketika ada dua butir las yang saling berhadapan, keduanya tidak bersentuhan dengan baik.
- Butir las tidak menyatu ke ujung las pengisi, tapi hanya melewatinya.



Gambar 16. Penetrasi yang kurang sempurna

(Sameeruddin, 2018)

Gas memiliki peran yang sangat krusial dalam proses penyebaran. Penyebaran yang tidak efektif umumnya disebabkan oleh tekanan gas yang rendah, dan masalah ini bisa diatasi dengan meningkatkan tekanan di manometer yang ada di tangki gas. Di samping itu, masalah ini juga bisa muncul karena kecepatan pengelasan yang lambat serta penggunaan *torch* yang tidak tepat.

b. Pelaburan/fusi yang kurang

Cacat las ini terjadi karena peleburan antara logam yang dilas dengan permukaan logam dasar tidak cukup atau tidak terjadi sama sekali. Hal ini biasanya disebabkan oleh kecepatan pengelasan yang terlalu lambat. Terkadang, masalah ini juga bisa terjadi karena tekanan gas yang digunakan terlalu rendah.

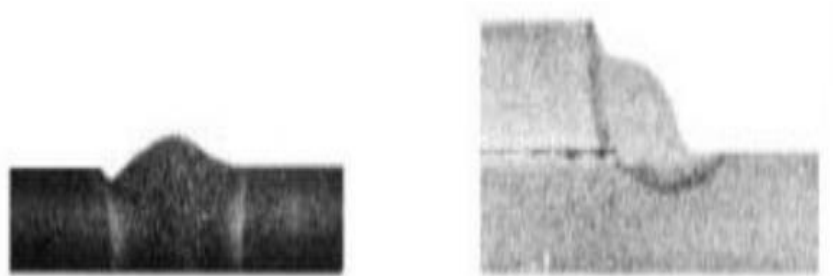


Gambar 17. Kurangnya pelaburan / fusi

(Sameeruddin, 2018)

c. *Undercutting*

Undercutting muncul disebabkan oleh pemilihan parameter tekanan gas yang tidak tepat, terutama terkait dengan kecepatan pengelasan dan tekanan gas yang kurang sesuai. Kecepatan pengelasan yang sangat tinggi dapat mengakibatkan terjadinya *undercutting*. Dengan menurunkan kecepatan pengelasan, ukuran *undercutting* bisa berkurang atau bahkan menghilang sama sekali. Apabila terdapat sedikit *undercutting*, maka tekanan gas dapat ditingkatkan. Namun, jika tekanan gas terlalu besar, terjadinya *undercutting* dapat kembali muncul.

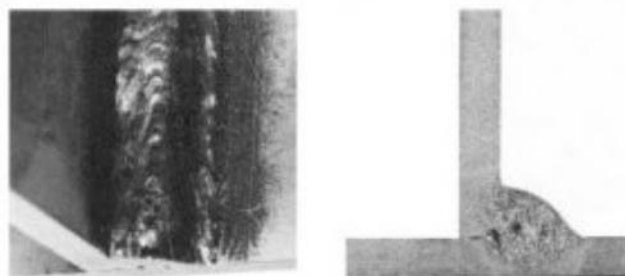


Gambar 18. *Undercutting*

(Sameeruddin, 2018)

d. Porositas

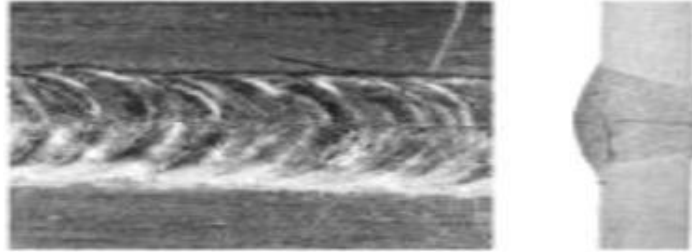
Porositas adalah lubang yang terbentuk karena gelembung gas yang mengalami pembekuan. Penyebab utama dari porositi adalah adanya kontaminasi dari atmosfer, yang menyebabkan terjadinya oksidasi yang berlebihan pada permukaan benda kerja.



Gambar 19. Porositas

(Sameeruddin, 2018)

e. Keretakan Memanjang



Gambar 20. Keretakan panas

(Sameeruddin, 2018)

Keretakan dapat dikategorikan ke dalam dua jenis, yaitu keretakan yang disebabkan oleh suhu tinggi dan keretakan yang disebabkan oleh suhu rendah. Keretakan panas terjadi ketika butir las berada dalam keadaan antara suhu pencairan dan pembekuan.

Di sisi lain, keretakan dingin umumnya terjadi ketika butir las mulai mengalami pembekuan. Selain kedua jenis ini, retak juga dapat terjadi disebabkan oleh kesalahan dalam penerapan teknik pengelasan. Pecahan yang muncul di bagian akhir hasil pengelasan umumnya disebabkan oleh kesalahan yang terjadi pada tahap terakhir proses pengelasan. Masalah ini dapat diatasi dengan membalik arah pengelasan setelah proses pengelasan selesai.



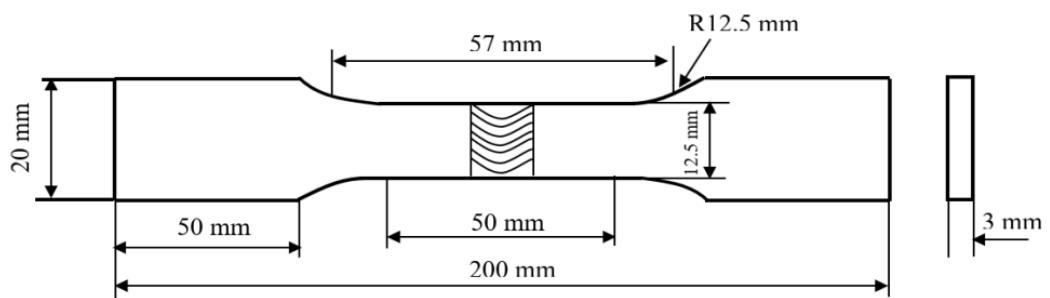
Gambar 21. Keretakan dingin

(Sameeruddin, 2018)

2.8 Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las.

Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda. Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva teganga-regangan (Syarief, 2004).



Gambar 22. Dimensi spesimen uji tarik
(ASTM E 23-12c, 2012)

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan. Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana :

σ = Tegangan nominal (N/mm²)

F = Beban maksimal (N)

A = Luas penampang mula dari penampang batang (mm²)

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

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana :

ε = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

L₀ = Panjang awal (mm)

Modulus elastisitas (E) adalah angka yang digunakan untuk mengukur kemampuan suatu benda atau material untuk mengalami deformasi elastis ketika suatu gaya diterapkan. Nilai modulus elastisitas suatu bahan didefinisikan sebagai kemiringan kurva hubungan antara tegangan dan regangan pada daerah deformasi elastis.

$$E = \frac{\sigma_{max}}{\varepsilon}$$

Dimana :

E = modulus elastis

σ_{max} = tegangan maksimum

ε = regangan

2.9 Pengujian Impak

Pengujian impak adalah suatu pengujian yang digunakan untuk menentukan sifat-sifat suatu material yang mendapatkan beban dinamis, sehingga dari pengujian ini dapat diketahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. Tujuan dari pengujian impak adalah untuk mengetahui nilai energi impak rata-rata suatu material (Maylano dkk, 2022).

Pengujian Izod dilakukan untuk menentukan energi impak yang sering kali disebut sebagai ketangguhan yang disebabkan oleh takikan. Pengujian Izod umumnya diterapkan di Eropa, khususnya di Inggris, dengan cara meletakkan spesimen secara vertikal pada tumpuan, sedangkan salah satu ujungnya dicengkeram dengan arah takikan sejajar dengan arah gaya tumbukan. Tumbukan pada spesimen dilakukan di area takikan, sedangkan metode *Charpy* lebih umum dipakai di Amerika Serikat. Dalam metode ini, spesimen dipasang secara horizontal dengan kedua ujungnya berada dalam keadaan tumpuan, sementara tumbukan dilakukan tepat di tengah spesimen dengan arah pembebanan yang tepat berada di atas takikan.

Ada dua metode yang menjadi standar untuk uji impak ini yaitu metode *Charpy* dan metode Izod dengan penjelasan sebagai berikut :

a. Pengujian impak metode *charpy*

Uji impak *charpy* adalah uji tumbuk dengan menempatkan benda uji dengan posisi mendatar/horizontal dan arah beban berlawanan dengan arah lintasan Untuk menghitung energi yang diserap dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

$$E = m \cdot g (h_0 - h_1)$$

$$h_0 = l (1 - \cos \alpha)$$

$$h_1 = l (1 - \cos \beta)$$

Keterangan:

E = Energi yang diserap (Joule)

m = Massa pendulum (kg)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

h₀ = Jarak awal pendulum dan material uji (m)

h₁ = Jarak akhir pendulum setelah diayunkan (m)

cos β = Sudut setelah pendulum menabrak benda kerja

cos α = Sudut awal sebelum pendulum diayunkan

Untuk menghitung harga impact atau HI pada dihitung dengan rumus :

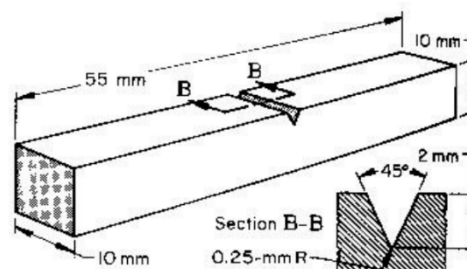
$$HI = \frac{E}{A}$$

Keterangan:

HI = Harga impact

E = Energi yang diserap dalam satuan (Joule)

A = Luas penampang takik dalam satuan mm²



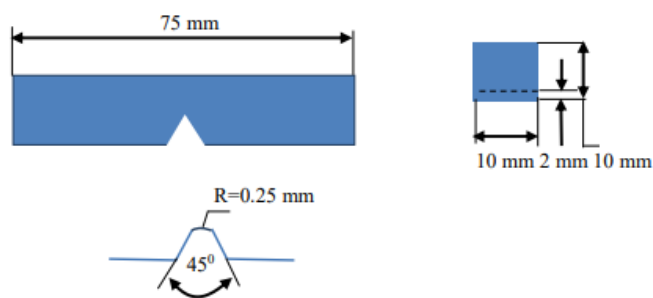
Gambar 23. Dimensi spesimen uji impact (*Charpy*)

(ASTM E 23-12c, 2012)

b. Pengujian Impak metode Izod

Perbedaan utama terletak pada cara penempatan spesimen uji. Dalam pengujian impak *Charpy*, spesimen dikenai beban dari arah atas, sedangkan dalam pengujian impak Izod, beban diberikan dari arah depan. Pengujian impak Izod juga memungkinkan penggunaan spesimen yang berupa bahan selain logam, seperti plastik atau bahan lainnya (Porawati, 2018).

Bentuk spesimen sesuai Standar ASTM E23, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21. Berdasarkan Standar ASTM E23, ukuran spesimen standar untuk pengujian impak Izod pada bahan logam harus memiliki luas penampang melintang sebesar 10×10 mm, dengan bentuk takik-V, sudut takik 45 derajat, jari-jari dasar 0,25 mm, dan kedalaman takik 2 mm.



Gambar 24. Dimensi spesimen uji impak (Izod)

(Porawati, 2018)

2.10 Inspeksi Las Tanpa Merusak

Inspeksi las tanpa merusak atau *Non Destructive Test (NDT)* adalah cara menguji kualitas suatu produk tanpa merusak atau mengambil sampel dari bahan yang diuji. Uji ini bisa dilakukan langsung pada produk tanpa mengganggu fungsinya. Salah satu metode *NDT* adalah *Dye Penetrant Test (PT)*, yang digunakan untuk mendeteksi kecacatan permukaan seperti retak, lubang, atau kebocoran. Prinsip kerja *PT* berdasarkan daya kapilaritas, yaitu

kemampuan air atau cairan lain untuk masuk ke dalam celah atau kecacatan pada permukaan bahan, seperti retakan atau lubang yang terjadi selama proses pembuatan (Dika dkk, 2025).

Penetrant test adalah cara untuk mendeteksi kecacatan yang terlihat di permukaan bahan padat dan tidak berpori dengan memanfaatkan daya tarik gaya kapiler. *Penetrant test* mampu mendeteksi kecacatan permukaan dengan ukuran kecil hingga 0,01 mm, tetapi tidak bisa mendeteksi kecacatan yang tertutup, kecacatan di dalam bahan, serta bahan yang berpori tes sangat cocok digunakan pada logam seperti titanium, tembaga, aluminium, dan baja tahan karat. Kotoran atau kontaminasi yang terbentuk selama proses tidak akan memberikan pengaruh signifikan terhadap benda uji (Wicaksono dkk, 2022).



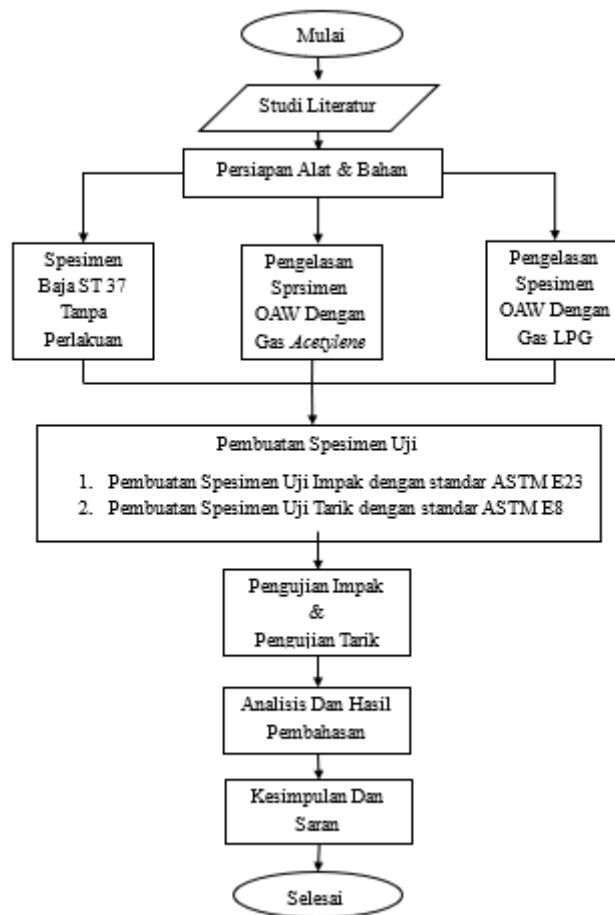
Gambar 25. Cairan uji penetrant
(Wicaksono dkk, 2022)

Uji penetrant dibagi menjadi dua jenis yaitu *penetrant visible* dan *penetrant fluorescent*. Berdasarkan teknik penggunaannya, uji penetrant dibagi menjadi tiga metode, yaitu *water washable*, *solvent removable*, dan *post-emulsifying*. Prinsip kerja uji penetrant adalah ketika cairan penetrant diberikan pada material yang memiliki cacat, maka cairan tersebut akan masuk ke dalam cacat. Selanjutnya, *developer* digunakan untuk mengangkat cairan penetrant tersebut agar terlihat secara visual. Pada jenis *penetrant fluorescent*, hasil pembacaannya dilakukan dengan menggunakan sinar ultra violet dalam ruangan gelap (Wicaksono dkk, 2022).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Penelitian

Berikut diagram alur penelitian pada gambar 26 yang menggambarkan keseluruhan proses penelitian.



Gambar 26. Diagram alur penelitian

3.2 Waktu Dan Tempat

Adapun waktu dan tempat pelaksanaan penelitian Tugas Akhir adalah sebagai berikut :

3.2.1 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada Mei s.d. Desember 2025. Adapun waktu penelitian terbagi dan diurutkan dalam jadwal urutan waktu pelaksanaan penelitian dibawah ini:

Tabel 9. Jadwal urutan waktu pelaksanaan penelitian

Aktivitas	Bulan									
	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des	Jan	
Studi Literatur	■	■								
Seminar Proposal			■							
Persiapan Spesimen			■	■	■	■				
Pengujian						■	■			
Analisa Hasil							■	■		
Seminar Hasil								■		
Seminar Akhir									■	

3.2.2 Tempat Penelitian

1. Pengelasan dan pembuatan spesimen dilakukan di SMKN 2 Bandar Lampung.
2. Pengujian impak dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Pengujian Tarik dilakukan di Laboratorium Material Rekayasa Teknologi Manufaktur (RTM) Politeknik ATMI Surakarta.

3.3 Alat Dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Alat pengelasan *Oxy Acetylene Welding (OAW)*

1. Tabung *Oxygen & Acetylene*



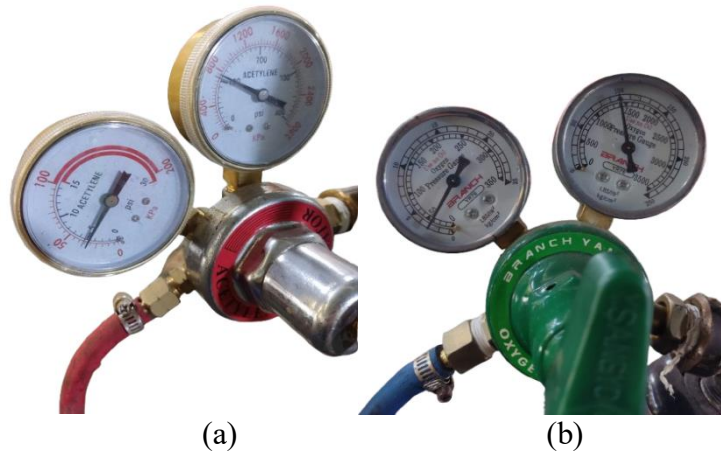
Gambar 27. Tabung *oxygen & acetylene*

2. *LPG 3 kg*



Gambar 28. *LPG 3 kg*

3. Regulator Gas Asetilena & LPG



Gambar 29. Regulator gas asetilena (a) & LPG (b)

4. Selang Gas



Gambar 30. Selang Gas

5. Brender / *Torch*

Brender/*Torch* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Brender/*Torch* tipe *Welding (Welding Torch)*. yang terdapat dua pipa yang menuju ke *nozzle*



Gambar 31. Brender Las / *Welding Torch*

6. Tip / *Nozzle*

Dalam penelitian ini menggunakan Tip/*Nozzle* tipe *injector* Dengan ukuran 6 mm untuk standar pengelasan material dengan tebal material 10 mm.



Gambar 32. Tip / *Nozzle* tipe *Injector*

7. Manometer Tekanan Kerja

Penelitian ini menggunakan nyala api netral, yaitu kondisi nyala api ketika oksigen dan asetilena seimbang. Untuk mencapainya, regulator asetilena dan oksigen masing-masing diatur pada tekanan kerja 5 bar, dapat dilihat pada gambar 33 dibawah ini.

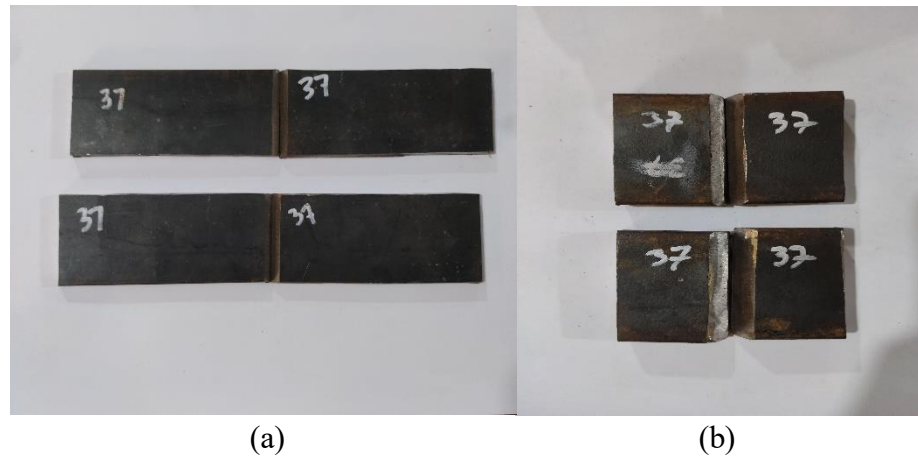


Gambar 33. Manometer tekanan kerja

3.3.2 Bahan pengelasan *Oxy Acetylene Welding (OAW)*

1. Material Baja ST37

Pengambilan data penelitian ini dilakukan memakai dua bentuk spesimen baja, yaitu spesimen berbentuk batang baja tipis dengan penampang persegi panjang (*flat bar*) dan spesimen berbentuk batang baja dengan penampang persegi (*square bar*) Spesimen kemudian dipersiapkan sesuai standar pengujian, dimana *flat bar* digunakan terutama untuk uji tarik, sedangkan *square bar* digunakan untuk uji impact, bentuk sepsimen terletak pada gambar 34.



Gambar 34. Spesimen *flat bar* (a) dan *square bar* (b)

2. Logam pengisi (Kuningan)

Pada penelitian ini digunakan logam pengisi berupa kuningan dengan diameter batang sebesar 5 mm.



Gambar 35. Logam Pengisi (Kuningan)

3. Boraks



Gambar 36. Boraks

3.3.3 Peralatan Pengujian

1. Alat Uji Impak

Alat uji impact bekerja dengan cara memukul benda yang akan diuji kekuatannya menggunakan sebuah pendulum yang bergerak. Berikut ini adalah gambar alat uji impact yang dapat dilihat di bawah ini (ASTM E 23-12c, 2012).



Gambar 37. Alat Uji Impak merode *Charpy*

Tabel 10. Spesifikasi alat uji impak metode *Charppy*

Fitur	Spesifikasi
Model	<i>RMU Testing Equipment</i>
Energi Pendulum	<i>300 J Charpy - Division 1 J</i> <i>150 J Charpy - Division 0.5 J</i> <i>165 J Charpy - Division 2.5 J</i>
<i>Rising Angle</i>	160°
<i>Distance Between Centers of Pendulum and Specimen</i>	380 mm
<i>Pendulum 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>	<i>0 – 0.5 J, minimum scale 0.005 J</i>
<i>Corner Dimension of Striking Edge</i>	<i>30 degrees</i>
<i>Round Angle Radius of Striking Edge</i>	R = 2 mm
<i>Specimen</i>	<i>Conform to ISO 180</i>

2. Alat Uji Tarik



Gambar 38. Alat uji tarik

Tabel 11. Spesifikasi alat uji tarik

Merek	MTS Landmark
Kapasitas	100 KN
Tipe	U PD 10
Tahun	2015
Skala Pengukuran Beban	A : 0 - 20 Kn A + B : 0 - 50 Kn A + B + C : 0 - 100 Kn

3.3.4 Bahan Pengujian

Adapun karakteristik baja ST 37 sebagai berikut :

Tabel 12. Karakteristik Baja ST 37

<i>Density (g/cc)</i>	8,05
<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	460 Mpa
<i>Tensile Strength, Yield</i>	325 Mpa
<i>Elongation at Break</i>	25%
<i>Reduction of Area</i>	50%
<i>Modulus Elastisitas</i>	200Gpa
<i>Bulk Modulus</i>	160 Gpa
<i>Machinability and Poissons Ratio</i>	60% dan 0,3

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini dibagi menjadi beberapa langkah, diantaranya yaitu :

3.4.1 Studi Literatur dan Survey Lapangan

Dalam penelitian tugas akhir ini, langkah awal yang diambil adalah mengumpulkan sumber-sumber dasar sebagai bagian dari kajian literatur. Kajian pustaka bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang ada serta merencanakan langkah-langkah yang akan dilaksanakan. Selanjutnya, pada tahap penelitian di lapangan, dilakukan pencarian untuk menemukan

lokasi pengujian tarik bahan. Setelah itu, akan dilakukan uji impact yang kemudian diikuti dengan uji kualitas hasil pengelasan dalam penelitian ini.

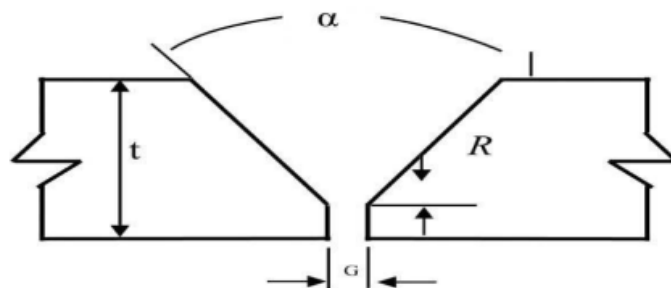
3.4.2 Persiapan Material

Untuk persiapan spesimen pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Material yang digunakan yaitu Baja Karbon Rendah ST37 berbentuk *flat bar* dengan diameter Panjang 200 mm, tebal 3 mm dan lebar 20 mm, untuk material *square bar* dengan diameter panjang 55 mm tebal 10 mm dan lebar 10 mm.
- b. Mengukur material baja ST37 berbentuk *flat bar* dengan ukuran 95 mm dan material baja ST 37 berbentuk *square bar* dengan ukuran 27,5 mm, dengan toleransi pemotongan sebesar 5 mm.
- c. Setelah diukur spesimen dapat dipotong dengan gergaji besi, lalu
- d. Diampelas untuk meratakan dan menghilangkan karat pada permukaan Baja ST37.

3.4.3 Pembuatan Kampuh

Sebelum dilakukannya proses pengelasan dilakukan pembuatan kampuh terlebih dahulu dimana pada penelitian ini menggunakan kampuh *single v* tunggal dengan kemiringan sudut 60° . Dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 39. Sketsa pembuatan kampuh

(Ahmad, 2018)

Keterangan gambar :

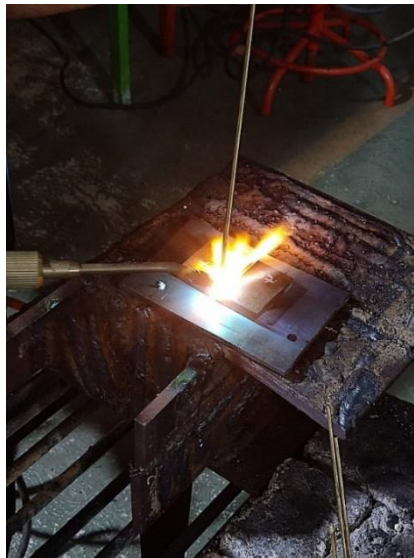
R = Kaki Akar = 2 mm

G = Celah Akar = 2 mm

α = Sudut Alur = 60°

t = Tebal = 10 mm

3.4.4 Prosedur Pengelasan



Gambar 40. Proses Pengelasan

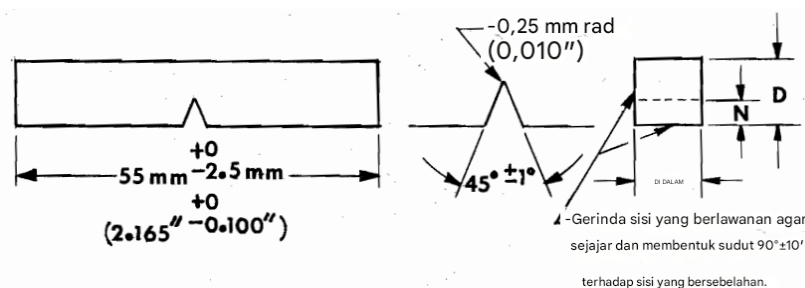
1. Memeriksa gas oksigen cukup untuk melakukan proses pengelasan.
2. Memastikan asetilena cukup untuk melakukan proses pengelasan.
3. Memastikan *LPG* cukup untuk melakukan proses pengelasan
4. Menyiapkan benda kerja yang akan dilas pada meja las
5. Memeriksa ukuran amplas yang akan digunakan benar dan cukup.
6. Memeriksa penggaris siku benar-benar siku agar waktu pengelasan tidak miring.
7. Memastikan bahwa alat las *OAW* yang digunakan dalam kondisi baik dan siap untuk proses pembuatan spesimen uji.
8. Kampuh yang digunakan adalah kampuh v tunggal, dengan sudut 60° dengan lebar celah 2 mm
9. Mempersiapkan logam pengisi (*filler rod*) ukuran 5 mm dengan bahan kuningan

10. Menyiapkan boraks pada wadah kaleng
11. Mengatur campuran gas oksigen dengan variasi gas asetilena dan gas LPG untuk untuk setiap variasi dengan bukaan pada tekanan kerja sebesar 5 bar oksigen dan 5 bar setiap variasi gas untuk mencapai nyala api netral.
12. Memanaskan spesimen baja ST 37 dengan api dari brender (*torch*)
13. Memanaskan logam pengisi kuningan (*brass filler metal*)
14. Masukkan logam pengisi kuningan ke dalam kaleng berisi boraks
15. Sebelum mencairkan logam pengisi, terlebih dahulu memanaskan material yang akan dilas
16. Dan lakukan pengelasan dengan nyala api netral
17. Lakukan pemberian boraks setiap logam pengisi kuningan yang mencair yang tidak terbungkus oleh boraks
18. Setelah pengelasan selesai, matikan gas dengan menutup katup bahan bakar terlebih dahulu, lalu oksigen
19. Biarkan sambungan dingin secara alami.
20. Periksa hasil las

3.4.5 Pembuatan Spesimen Pengujian

Standar yang dipakai mengikuti standarisasi dimensi pengujian ASTM E23 untuk pengujian impact.

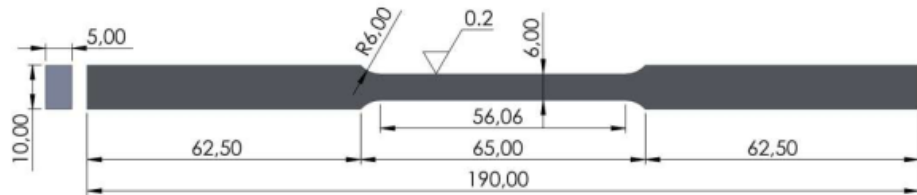
1. Spesimen Uji Impak Metode *Charppy*
 Spesimen uji impact pada pengujian ini menggunakan spesimen 55 mm x 10 mm



Gambar 41. Dimensi spesimen uji impact
(ASTM E23)

2. Spesimen Uji Tarik

Spesimen uji tarik pada pengujian ini menggunakan spesimen dengan berdasarkan standar ASTM E8. Berikut ukuran dan bentuk seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 42. Dimensi spesimen uji tarik standar
(ASTM E8)

3.4.6 Prosedur Pengujian

- a. Pengujian impact merupakan sebuah metode pengujian yang dimanfaatkan untuk menilai sifat-sifat material yang terkena beban dinamis. Melalui pengujian ini, dapat diukur sejauh mana kekuatan material tersebut, baik dalam keadaan liat, ulet, maupun getas.
 1. Spesimen uji dibuat sesuai dengan standar yang berlaku ASTM E23
 2. Spesimen harus memiliki takik (notch) yang berukuran dan bentuk dengan metode uji impact yang digunakan yaitu *Charpy*
 3. Spesimen dapat dipersiapkan pada suhu tertentu, misalnya suhu kamar, suhu rendah, atau suhu tinggi, sesuai dengan kebutuhan pengujian.
 4. Peralatan uji impact (pendulum *impact tester*) harus disetel dengan benar.
 5. Posisikan ketinggian pendulum sesuai dengan metode uji impact *charpy*
 6. Pastikan alat uji impact dalam kondisi terkalibrasi dengan baik.

7. Spesimen uji diletakkan pada kedudukan yang sesuai dengan metode uji *charpy* yaitu secara horizontal.
8. Pendulum impact tester diayunkan untuk memberikan beban kejut pada spesimen.
9. Energi impak yang diserap oleh spesimen selama benturan diukur
10. Data hasil pengukuran energi impak dicatat.
11. Hasil pengujian dapat digunakan untuk menghitung nilai energi impak per satuan luas.
12. Analisis hasil pengujian impak dapat memberikan informasi tentang ketangguhan, kekuatan impak, dan perilaku material pada beban kejut.

b. Prosedur Uji Tarik

Uji tarik dilakukan terhadap spesimen untuk mengetahui nilai tegangan luluh (σ_y) pada material. Berikut merupakan langkah yang dilakukan untuk melakukan pengujian tarik :

1. Menyiapkan spesimen hasil pengelasan, standar yang digunakan adalah ASTM E8.
2. Menghidupkan *chiller* dan *Hydraulic Power Unit* atau HPU.
3. Menghidupkan mesin MTS Landmark 100 kN
4. Memilih program *controller 793B* lalu pilih manual *command*,
5. klik *displacement mode*, dan naikkan *actuator* pada posisi nol.
6. Memasang spesimen uji pada *cross head grip* atas kemudian cekam spesimen.
7. Selanjutnya turunkan *cross head grip* sampai ujung bawah spesimen masuk ke dalam grip bawah
8. Menekan manual *command* dan tekan *control mood* ke *force*.
9. Memilih *auto offset* untuk *force*, kemudian cekam *grip* bawah sehingga ujung spesimen bagian bawah tidak mengalami perubahan.

10. Memasang *extensometer* pada spesimen dengan posisi *zero* pin kemudian tekan manual *offset* untuk *extensometer* dan *zero* pin dilepas dari *extensometer*.
11. Memilih program MTS *Test Suite* (MPE), pilih template untuk uji tarik statis.
12. Masukkan data spesimen meliputi panjang, lebar dan tebal.
13. Masukkan *initial speed* dan *secondary speed* (mm/s).
14. Setelah semua data sudah di input kemudian klik *RUN*

3.5 Pengambilan Data

Hasil data yang didapatkan dari penelitian ini dilampirkan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 13. Data hasil uji impact

Variasi	Spesimen	Luas A (mm ²)	Energi E (Joule)	Rata-rata Energi (Joule)	Harga Impact (Joule/mm ²)
Gas <i>Acetylene</i>					
Gas <i>LPG</i>					

Tabel 14. Data hasil uji tarik

Pengelasan	Variasi Gas	<i>Yield strength</i>	<i>Ultimate strength</i>	Regangan
<i>OAW</i>	<i>Acetylene</i>			
	<i>Acetylene</i>			
	<i>Acetylene</i>			
<i>OAW</i>	<i>LPG</i>			
	<i>LPG</i>			
	<i>LPG</i>			

V. SIMPULAN & SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian, pengambilan data, dan analisis yang telah dilakukan sesuai prosedur yang ditetapkan, dapat disimpulkan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Hasil uji menunjukkan adanya perbedaan kekuatan tarik yang signifikan antara pengelasan dengan gas asetilena dan gas *LPG*. Pengelasan menggunakan gas asetilena menghasilkan sambungan dengan kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan gas *LPG*, karena nyala api asetilena mampu mencapai suhu yang lebih tinggi dan stabil, sehingga fusi antar logam terjadi lebih sempurna. Sementara itu, nyala api *LPG* yang bersifat lebih oksidatif cenderung menurunkan kekuatan sambungan akibat terbentuknya oksida pada permukaan logam las.
2. Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa ketangguhan sambungan las dengan gas asetilena lebih baik dibandingkan dengan gas *LPG*. Energi serapan rata-rata pada pengelasan menggunakan gas asetilena mencapai 1,66 Joule, sedangkan dengan gas *LPG* hanya 0,10 Joule. Perbedaan ini menunjukkan bahwa sambungan las asetilena lebih ulet dan mampu menyerap energi benturan lebih besar dibandingkan *LPG* yang menghasilkan sambungan cenderung getas.
3. Pengaruh jenis gas pembakar sangat menentukan sifat mekanik sambungan las baja ST37. Jenis gas dengan karakteristik nyala netral (asetilena) memberikan hasil lasan yang lebih padat, homogen, dan memiliki ketangguhan lebih tinggi dibandingkan gas dengan karakteristik oksidatif.

(LPG). Dengan demikian, penggunaan gas asetilena pada pengelasan OAW lebih direkomendasikan untuk baja karbon rendah seperti ST37.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian ini maupun penelitian yang mengambil variasi lainnya yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian tambahan yaitu uji kekerasan (*Hardness Test*) dan pengamatan struktur mikro. Penelitian lanjutan disarankan menambahkan uji kekerasan di daerah logam las, HAZ, dan base metal, serta melakukan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik. Hal ini penting untuk mengetahui pengaruh jenis gas terhadap perubahan struktur butir dan fasa logam yang memengaruhi kekuatan serta ketangguhan sambungan.
2. Melakukan optimasi parameter pengelasan. Disarankan untuk mengatur dan membandingkan variasi tekanan gas, jarak nyala api, serta kecepatan pengelasan pada masing-masing jenis gas. Pengendalian parameter ini akan membantu menemukan kondisi paling efisien untuk memperoleh hasil las dengan sifat mekanik terbaik.
3. Menambahkan perlakuan panas pasca pengelasan (*Post Weld Heat Treatment*), Untuk meningkatkan homogenitas lasan dan mengurangi tegangan sisa. Langkah ini dapat memperbaiki struktur mikro di daerah HAZ serta meningkatkan ketangguhan hasil las, terutama pada spesimen yang menggunakan gas LPG

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Tauhid, Nely Ana Mufarida, A. F. (2018). *Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Flux Core ARC Welding (FCAW) Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Sambungan Las Baja SS 400*. 10(2), 17–26.
- Andre, S. (2017). Karakteristik Hasil Pengelasan Pipa Dengan Beberapa Variasi Arus Las Busur Listrik. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 4(2), 75–80. <https://doi.org/10.21009/jkem.4.2.4>
- ASTM E8/E8M-13a. (2013). Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. ASTM International.
- ASTM E 23-12c. (2012). Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials. *Standards*, 552(1), 1–25.
- Alip, M., 1989, Teori dan Praktik Las, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Appleyard, A. (2004). *Types of gas torch head* [Gambar]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Types_of_gas_torch_head.jpg
- Bhatia, A. (2019). *Fundamentals of gas welding and cutting* (Course No: D06-002). Continuing Education and Development, Inc. <https://www.cedengineering.com>
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (9th ed.). John Wiley & Sons
- Degarmo, E. P., Black, J. T., & Kohser, R. A. (2012). *Materials and Processes in Manufacturing* (11th ed.). Wiley.
- Dika, B. A., Sofana, I., Rizaly, A., & Ponidi. (2025). Analisa pengujian ketebalan plat lambung menggunakan metode ultrasonic thickness (ploting replat) dan leakage test menggunakan dye penetrant (welding after re-plating). *JPNM (Jurnal Pustaka Nusantara Multidisiplin)*, 3(3), Oktober. e-ISSN 2987-2731
- Dipangga, B. A., & Tjahjanti, P. H. (2021). *Study of tensile strength test of oxiacetylene welding with the addition of borax to St 37 steel*. *Procedia of Engineering and Life Science*, 1(1). Seminar Nasional & Call Paper Fakultas Sains dan Teknologi (SENASAINS 1st), Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
- Ferrero, F., Beckmann-Kluge, M., Schmidtchen, U., & Holtappels, K. (2010). Modeling the heat transfer in acetylene cylinders during and after the exposure to fire. *Journal of Loss Prevention in The Process Industries*. <https://doi.org/10.1016/J.JLP.2010.06.012>
- Grill, J. (2024). *Welding Flames: Neutral, Carburizing & Oxidizing*. WeldGuru.com. <https://weldguru.com/welding-flames>
- Hadzihafizovic, D. (2024). Welding Joint Design and Welding Symbols. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4740448>
- Hafid, H., Balfas, M., Habib, F., & Fitrah, M. A. (2022). Analisis Perbandingan

- Kekuatan Tarik Pada Baja St. 37 Dengan Proses Pengelasan Smaw, Gmaw Dan Gtaw. *J-Move. Jurnal Teknik Mesin FT-UMI.*, 4(1), 8–13. <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jmove/article/download/408/271/>
- Kirono, S., & Amri, A. (2013). Pengaruh Tempering Pada Baja ST 37 Yang Mengalami Karburasi Dengan Bahan Padat Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. *Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta, C*, 1–10.
- Maylano, G. D., Budiarto, U., & Budi Santosa, A. W. (2022). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Double V Pada Sambungan Las SMAW (Shield Metal Arc Welding) Baja St 37 Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Impact. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 10(1), 17-23.
- Mulyanti, J., Susanto, E., & Putra, T. A. (2013). *Karakterisasi kekuatan material tabung gas elpiji 3 kg standar SNI dan non-SNI*. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra.
- Permana, D., & Syahbuddin, S. (2022, Februari). *Penanaman mata pahat carbide pada baja high speed steel*. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(1), 34. ISSN 2549-2888
- Porawati, H. (2018). Analisis Alat Uji Impak Metode Izod pada Bengkel Politeknik Jambi. *Jurnal Inovator*, 1(1), 1–5. www.ojs.politeknikjambi.ac.id/index/inovator
- Ryan, E. (2018). On wire and arc additive manufacture of aluminium. - Files and links. <https://Openresearch.Surrey.Ac.Uk/Esploro/Outputs/Doctoral/On-Wire-and-Arc-Additive-Manufacture/99516745202346/FilesAndLinks?Index=0>, September.
- Sameeruddin, S. (2018, Maret 31). Welding defects and how to find it. Shaik Sameeruddin Blog. <https://shaiksameeruddinblog.wordpress.com/2018/03/31/welding-defects-and-how-to-find-it/>
- Sani, R. (2013). *Teknik penyambungan logam*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Severianus Wunda, Albert Zicko Johannes, Redi K. Pingak, & Atika S. Ahab. (2019). Analisis Tegangan, Regangan dan Deformasi Crane Hook dari Material Baja AISI 1045 dan Baja ST 37 Menggunakan Software ELMER. *Jurnal Fisika: Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 4(2), 131–139. <https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/FISA/article/view/1885>
- Singh, R. P., Kumar, S., Dubey, S., & Singh, A. (2020). A review on working and applications of oxy-acetylene gas welding. *Materials Today: Proceedings*, 38(xxxx), 34–39. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.521>
- Siswanto, R. (2018). Teknologi Pengelasan. *Teknik Mesin Univeristas Lambung Mangkurat*, 1–20.
- Stella S.r.l. (2023). *Brazing & soldering: Filler metals and fluxes catalog*. Italia: STELLA S.r.l

- Syarief, A. (2004). Kekuatan tarik baja ST 37 pada proses las oksasi-asetilen. *Info Teknik*, 5(1), 26–37
- Tyagita, D. A., Irawan, A., Tyagita, D. A., Irawan, A., Studi, P., Otomotif, M., Teknik, J., Negeri, P., & Coolant, R. (2016). Kekuatan tarik hasil pengelasan smaw plat baja st 37 dengan pendingin liquid the tensile strength of smaw steel plate welded st 37 with liquid coolers. *Jurnal Ilmiah INOVASI*, Vol. 1 (ISSN 1411-5549), 180–186.
- Widodo, U., & Santoso, D. (2013). *Teknik Pengelasan oksasi asetila (OAW)*. 1–145.
- Wisnujati, A., & Nurhuda, A. (2017). Analisis sifat fisik dan mekanik sambungan las oxy-acetylene pada pelat baja karbon rendah dengan variabel nyala torch karburasi. *Jurnal ENGINE: Energi, Manufaktur, dan Material*, 1(2), 1–7. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v1i2.253>
- Wicaksono, Y. G., Rahmatullah, H. F., Artika, R., Ismarwanti, S., & Sigit, R. (2022). Simulasi uji tak merusak pelat elemen bakar pasca iradiasi menggunakan metode penetrant test. *Urania: Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, 28(3), 143–152. <https://doi.org/10.17146/urania.2022.28.3.6760>
- Witjaksono, B. (1991). *Praktikum uji mekanik logam*. Unit Pengabdian Masyarakat, Jurusan Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Xie, W., Zou, C., Tang, Z., Fu, H., Zhu, X., Kuang, J., & Deng, Y. (2017). Well-crystallized borax prepared from boron-bearing tailings by sodium roasting and pressure leaching. *RSC Advances*, 7(49), 31042–31048. <https://doi.org/10.1039/C7RA03359A>