

**PENGARUH PENGGUNAAN GAS CO₂ DAN TANPA GAS PADA
PENGELASAN GMAW BAJA AISI 1045**

(Skripsi)

Oleh:

Muhammad Decky Apriantomi

1815021028



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

**PENGARUH PENGGUNAAN GAS CO₂ DAN TANPA GAS PADA
PENGELASAN GMAW BAJA AISI 1045**

Oleh:

MUHAMMAD DECKY APRIANTOMI

Skripsi

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



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN GAS CO₂ DAN TANPA GAS PADA PENGELASAN GMAW BAJA AISI 1045

Oleh

Muhammad Decky Apriantomi

Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) merupakan penggabungan beberapa penyusun logam menjadi satu melalui proses pencairan logam gas pelindung dan tanpa gas dengan kawat pengisi sebagai material penyambung atau kawat las tanpa lapisan. Penggunaan gas pelindung digunakan untuk melindungi busur pengelasan dan daerah sekitarnya dari pencemaran oleh oksigen dan nitrogen. Sangat penting untuk mengetahui sifat las dikarenakan akan menentukan karakteristik mekanik dan struktur yang akan di las. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil karakteristik sambungan las dari pengelasan GMAW serta membandingkan sifat mekanik dan kekuatan sambungan las yang dihasilkan pengaruh gas pelindung CO₂ dan tanpa gas pada Baja AISI 1045. Penelitian ini menggunakan variasi gas pelindung CO₂ dan tanpa gas. Pengujian kualitas dilakukan dengan uji visual, uji tarik dan uji *impact* serta bahan yang digunakan yaitu Baja AISI 1045. Berdasarkan data dari hasil pengujian, menunjukkan perbedaan yang signifikan yaitu hasil las dengan gas pelindung CO₂ tampak lebih mengkilap, sedangkan hasil las tanpa gas pelindung terlihat lebih gelap. Hasil dari kekuatan tarik menggunakan gas pelindung CO₂ yaitu sebesar 688,8 Mpa dan tanpa gas pelindung yaitu sebesar 555,7 Mpa. Dan hasil pengujian uji *impact* yang dilakukan dengan perbandingan nilai ketangguhan dengan menggunakan gas pelindung CO₂ adalah 13,3 *joule* dengan nilai ketangguhan sebesar 0,1916 J/mm². Sedangkan nilai yang diperoleh dari hasil pengelasan tanpa gas pelindung adalah 16,33 *joule* dengan nilai ketangguhan sebesar 0.2041 J/mm².

Kata kunci: pengelasan GMAW, gas pelindung, gas CO₂, pengelasan tanpa gas, baja AISI 1045, uji visual, uji tarik, uji *impact*.

ABSTRACT**THE EFFECT OF CO₂ GAS USAGE AND GAS-LESS WELDING ON GMAW
OF AISI 1045 STEEL****By****Muhammad Decky Apriantomi**

Gas Metal Arc Welding (GMAW) is a process of joining metal components through the melting of metal using shielding gas or without gas, with filler wire as the joining material or uncoated welding wire. Shielding gas is used to protect the welding arc and surrounding area from contamination by oxygen and nitrogen. Understanding weld properties is crucial as it determines the mechanical characteristics and structure of the welded material. This research aims to analyze the characteristics of welded joints from GMAW and compare the mechanical properties and strength of welded joints produced with CO₂ shielding gas and without gas on AISI 1045 Steel. This study uses variations of CO₂ shielding gas and gas-less welding. Quality testing was conducted through visual inspection, tensile testing, and impact testing on AISI 1045 Steel. Based on the test results, significant differences were observed: welds with CO₂ shielding gas appeared more-glossy, while gas-less welds appeared darker. The tensile strength results using CO₂ shielding gas were 688.8 MPa, and without shielding gas were 555.7 MPa. Impact test results showed a toughness value of 13.3 joules with a specific toughness of 0.1916 J/mm² for welds with CO₂ shielding gas. In contrast, gas-less welding resulted in 16.33 joules with a specific toughness of 0.2041 J/mm².

Keywords: *GMAW, shielding gas, CO₂ gas, gas-less welding, AISI 1045 steel, visual inspection, tensile test, impact test.*

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : PENGARUH PENGGUNAAN GAS CO₂ DAN
TANPA GAS PADA PENGELASAN GMAW
BAJA AISI 1045

Nama Mahasiswa : **Muhammad Decky Apriantomi**

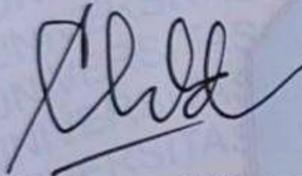
Nomor Pokok Mahasiswa : 1815021028

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

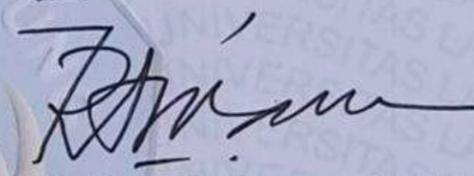
MENYETUJUI

Komisi Pembimbing 1

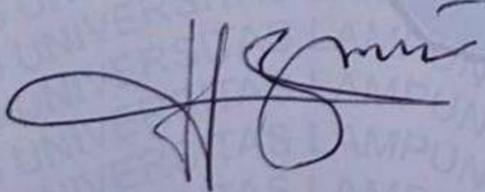


Ir. Tarkono, S.T., M.T., IPP.
NIP. 19700415 199803 1002

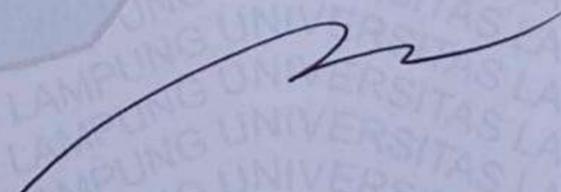
Komisi Pembimbing 2



Prof. Ir. Irza Sukmana, S.T., M.T., Ph.D., IPU.
NIP. 19700812 200112 1001

Ketua Jurusan
Teknik Mesin

Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19710817 199802 1003

Ketua Program Studi
S1 Teknik Mesin

Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.
NIP. 19790821 200312 1003

MENGENAL

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 : Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 19750928 200112 1002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 12 Agustus 2024

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain. Sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebut dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 Agustus 2024

Penulis,



Muhammad Decky Apriantomi

NPM. 1815021028

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Muhammad Decky Apriantomi dilahirkan di Bandar Lampung, Lampung pada tanggal 30 April 1999, Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Tamirin.S dan Ibu Susilawati. Penulis mengawali pendidikan fomal di TK Aisyiyah 1 Labuhan Ratu, Bandar Lampung pada tahun (2004-2005), SD Negeri 3 Gunung Terang (2005-2011), SMP Wiyatama (2011-2014), SMK 2 Mei Bandar Lampung (2014-2017). Pada tahun 2018 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswan penulis mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota kaderisasi periode 2019/2020, dan menjadi kadiv kaderisasi periode 2020/2021. Penulis menjalankan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Mulyosari, Kec. Metro Barat, Kab Metro pada tahun 2021. Penulis melaksanakan kerja Praktik (KP) di PT. Bukit Asam TBK Unit Pelabuhan Tarahan pada 13 Agustus 2021 - 13 September 2021, dengan topik Perawatan *Teeth Segment Pada Primary Crusher* (PCT001). Pada Skripsi ini penulis melaksanakan penelitian dengan mengangkat judul Pengaruh Penggunaan Gas CO₂ Dan Tanpa Gas Pada Pengelasan GMAW Baja Aisi 1045 di bawah bimbingan Bapak Ir. Tarkono, S.T., M.T., IPP. dan Bapak Prof. Ir. Irza Sukmana, S.T., M.T., Ph.D., IPU. Dan sebagai pembahasnya Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.

MOTTO

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”
(Qs. Ar-Rum:60)

“Keberhasilan bukanlah milik orang pintar, keberhasilan adalah milik mereka
yang senantiasa berusaha”
(B.J Habibie)

“Laki-laki itu menyelesaikan apa yang sudah dia mulai”
(Decky)

“Senyum Orangtua adalah pemandangan paling indah di dunia dan seisinya”

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kemudahan untuk segala urusan serta memberikan rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat mempersembahkan tulisan ini sebagai tanda terimakasih dan kasih sayang.

Saya persembahkan skripsi ini kepada kedua orang tua saya yaitu Bapak Tamirin.S dan Mama Susilawati, yang sangat saya sayangi dan cintai atas segala keikhlasan disetiap pengorbanan, dukungan dan doa untuk anak mu ini sehingga mendapatkan gelar sarjana.

Kakak Andra Wirawan dan Ayuk Fera Yulfa. yang selalu memberikan semangat, dukungan motivasi dan doa yang tiada henti-hentinya kepada Allah SWT dalam proses penyelesaian skripsi ini.

Untuk Sil yang selalu memberikan semangat serta menemani penulis dalam penyelesaian skripsi ini serta sahabat-sahabat saya yang selalu memberikan semangat, dukungan, bantuan dan doa untuk saya selama proses penyelesaian skripsi ini.

Dan yang terakhir, saya berterima kasih kepada diri saya sendiri yang telah menyelesaikan segala pencapaian sampai memiliki gelar sarjana serta selalu bertahan sampai saat ini.

Almamaterku, UNIVERSITAS LAMPUNG

SANWACANA

Puji Syukur saya ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Gas CO₂ dan Tanpa Gas Pada Pengelasan GMAW Baja AISI 1045” dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Penulis sejatinya menyadari akan kekurangan atau keterbatasan, pengetahuan, pengalaman dan kemampuan yang Penulis miliki. namun terlepas dari itu, Penulis memiliki harapan agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi berbagai macam pihak dan dapat memberi sumbangan pemikiran bagi bidang akademis dan bidang lainnya, melalui kesempatan ini pula Penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih atas kritikan, saran, bimbingan, serta petunjuk-petunjuk dari semua pihak yang sangat Penulis harapkan guna kelengkapan dan penyempurnaan Skripsi ini.

Penulis tidak akan berhasil dengan baik tanpa ada bantuan dan dukungan dari berbagai pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

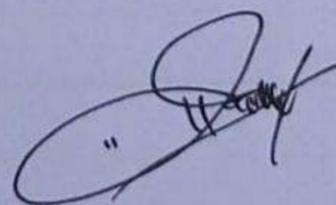
1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T, M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Ir. Martinus, S.T, M. Sc. sebagai Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Ir. Tarkono, S.T., M.T., IPP. selaku dosen pembimbing utama atas kesediaannya dalam membimbing serta memberikan masukan dan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Prof. Ir. Irza Sukmana. S.T., M.T., Ph.D., IPU. selaku dosen pembimbing pendamping Tugas Akhir atas kesediaan dan keikhlasannya untuk berbagi ilmu,

membimbing, memberi kritik sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya.

6. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin., M.T. selaku dosen pembahas dalam Tugas Akhir ini telah memberi kritik dan masukan yang bermanfaat bagi penulis.
7. Kedua Orang tua tersayang Bapak Tamirin.S dan Ibu Susilawati yang selalu memberikan nasehat, motivasi dan doa yang tak terbatas serta selalu mendukung penulis dari awal hingga akhir masa perkuliahan.
8. Kakak Andra Wirawan dan Ayuk Fera Yulfa yang telah mensupport selama perkuliahan.
9. Frizilla.S yang telah memberikan motivasi kepada saya untuk terus berproses sampai hari ini.
10. Para staf admin Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung terutama Mas Marta yang selalu bersedia membantu penyelesaian segala berkas yang diperlukan.
11. Guru SMK 2 Mei Bandar Lampung dan guru SMK N 2 Bandar Lampung yang telah memberikan saran dan nasihat.
12. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Universitas Lampung Angkatan 2018.

Penulis sangat bersyukur karena telah diberikan orang-orang yang membantu dalam menyelesaikan skripsi ini dan berdoa semoga Allah SWT membalas kebaikannya serta selalu diberkati dan dilindungi oleh-Nya. Penulis juga menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, dan sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Bandar Lampung, 20 Agustus 2024



Muhammad Decky Apriantomi
NPM. 1815021028

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Pengelasan	5
2.2 Klasifikasi Las	5
2.2.1 Pengelasan Cair (<i>Fusion Welding</i>).....	6
2.2.2 Pengelasan Tekan (<i>Pressure Welding</i>)	6
2.2.3 Pematrian.....	7
2.3 GMAW (<i>Gas Metal Arc Welding</i>)	7
2.3.1 Standar Parameter Pengelasan GMAW.....	9
2.3.2 Aplikasi Penggunaan Las MIG (<i>Metal Inert Gas</i>)	10
2.3.3 Kelebihan dan Kelemahan Las MIG (<i>Metal Inert Gas</i>).....	11
2.4 Baja AISI 1045	11
2.5 Sifat Mekanis Baja	13
2.6 Uji Tarik	14
2.7 Pengujian <i>Impact</i>	16
2.8 Pengujian Visual.....	17
2.9 <i>Welding Procedur Specification (WPS)</i>	18
III. METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Diagram Alir.....	22
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.3 Alat dan Bahan	23
3.4 Prosedur Penelitian	28

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 <i>Welding Procedur Specification (WPS)</i>	35
4.2 Pengamatan Visual	36
4.3 Uji Tarik	39
4.4 Uji <i>Impact</i>	45
V. KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mesin Las MIG.	7
Gambar 2. Pemindahan Sembur pada las MIG.	8
Gambar 3. Aplikasi las MIG (<i>metal inert gas</i>).	10
Gambar 4. Spesimen sebelum dan sesudah pengujian tarik.	14
Gambar 5. Kurva tegangan dan regangan uji tarik.	15
Gambar 6. Pembebanan <i>Metode Charpy</i> dan <i>Metode Izod</i>	17
Gambar 7. Diagram alir.	22
Gambar 8. Mesin Las GMAW.	24
Gambar 9. Mesin Uji Tarik (<i>Universal Testing Machine</i>).	24
Gambar 10. Mesin Uji <i>Impact</i> (<i>Impact testing machine</i>).	25
Gambar 11. Gerinda Pemootong.	26
Gambar 12. Jangkasorong.	26
Gambar 13. Kawat Las.	27
Gambar 14. Gas CO ₂	28
Gambar 15. Sketsa pembuatan bevel.	28
Gambar 16. Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E-8.	30
Gambar 17. Spesimen Uji <i>Impact</i> Standar ASTM E-23.	31
Gambar 18. Skema pengelasan enam layer.	31
Gambar 19. Pengambilan Uji Visual.	34
Gambar 20. Spesimen benda uji tarik setelah di las dengan gas CO ₂	36
Gambar 21. Hasil pengelasan GMAW tanpa campuran gas CO ₂	36
Gambar 22. Perbandingan spesimen uji <i>Impact</i> gas CO ₂ dan tanpa gas baja AISI 1045.	38
Gambar 23. Spesimen 1 baja AISI 1045 campuran gas CO ₂ setelah uji tarik.	40
Gambar 24. Grafik uji tarik CO ₂ spesimen 1.	41
Gambar 25. Spesimen 2 baja AISI 1045 campuran gas CO ₂ setelah uji tarik.	41
Gambar 26. Grafik uji tarik CO ₂ spesimen 2.	41
Gambar 27. Spesimen 3 baja AISI 1045 campuran gas CO ₂ setelah uji tarik.	42
Gambar 28. Grafik uji tarik CO ₂ spesimen 3.	42
Gambar 29. Spesimen 1 baja AISI 1045 tanpa gas setelah uji tarik.	42

Gambar 30. Grafik uji tarik non gas 1.....	43
Gambar 31. Spesimen 2 baja AISI 1045 tanpa gas setelah uji tarik.	43
Gambar 32. Grafik uji tarik non gas 2.....	43
Gambar 33. Spesimen 3 baja AISI 1045 tanpa gas setelah uji tarik.	44
Gambar 34. Grafik uji tarik non gas 3.....	44
Gambar 35. Diagram hasil rata-rata kekuatan tarik gas CO ₂ dengan tanpa gas.....	44
Gambar 36. Spesimen 1 dengan gas CO ₂ dan tanpa gas uji <i>impact</i>	46
Gambar 37. Spesimen 2 dengan gas CO ₂ dan tanpa gas uji <i>impact</i>	46
Gambar 38. Spesimen 3 dengan gas CO ₂ dan tanpa gas uji <i>impact</i>	46
Gambar 39. Diagram Rata-rata Energi <i>Impact</i> Dengan Gas CO ₂ dan Tanpa Gas.	47
Gambar 40. Diagram Harga <i>Impact</i> Dengan Gas CO ₂ dan Tanpa Gas.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ketentuan umum besaran arus dan tegangan.....	9
Tabel 2. Komposisi Kimia Baja AISI 1045.	12
Tabel 3. Spesifikasi Las GMAW.	23
Tabel 4. Spesifikasi Mesin Uji Tarik.	24
Tabel 5. Spesifikasi Mesin Uji <i>Impact</i>	25
Tabel 6. Komposisi kimia baja AISI 1045 (<i>SeAH Besteel Corp</i> , 2018).	26
Tabel 7. Sifat mekanis baja AISI 1045 (<i>SeAH Besteel Corp</i> , 2018).....	27
Tabel 8. Spesifikasi kawat las AWS ER70S-6.....	27
Tabel 9. Contoh Tabel Data Hasil Kekuatan Pengujian Tarik.....	33
Tabel 10. Contoh Tabel Data Hasil Kekuatan Pengujian <i>Impact</i>	33
Tabel 11. Contoh tabel data hasil visual spesimen tarik.	34
Tabel 12. Contoh tabel data hasil uji visual spesimen <i>impact</i>	34
Tabel 13. <i>Welding Procedur Specification</i> (WPS)	35
Tabel 14. Data hasil uji visual spesimen tarik.....	37
Tabel 15. Data hasil uji visual spesimen <i>impact</i>	38
Tabel 16. Hasil Pengujian Tarik pada Baja AISI 1045 gas CO2 dan tanpa gas. ...	40
Tabel 17. Hasil Pengujian <i>Impact</i> pada Baja AISI 1045 gas CO2 dan tanpa gas..	46

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada awalnya, pengelasan hanya melakukan reparasi dan perawatan seluruh alat logam, seperti menyambungkan dua benda kerja menjadi satu, pemotongan, dan penambalan retak. Karena pengelasan sering digunakan di perusahaan teknik dan perbaikan logam, pengelasan memainkan peran penting dalam bidang konstruksi dan industri. Salah satu jenis las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) merupakan jenis las yang sering digunakan untuk mengelas baja.

Pengelasan GMAW adalah salah satu metode pengelasan dengan kawat las pengisi, yang berfungsi sebagai elektroda, diberikan secara konsisten. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk (Parekke dkk, 2014). Pengelasan kawat yang dipadukan dengan elektroda dikenal sebagai pengelasan busur gas, atau pengelasan GMAW. Motor listrik mengontrol pergerakan elektroda yang berupa gulungan kawat (*roller*). Gas mulia dan gas CO₂ digunakan dalam proses pengelasan ini untuk menjaga busur dan logam tetap aman dari dampak atmosfer. Gas pelindung digunakan untuk melindungi busur pengelasan dan daerah sekitarnya dari pencemaran oleh oksigen dan nitrogen. Sangat penting untuk mengetahui sifat las dikarenakan akan menentukan karakteristik mekanik dan struktur yang akan di las. Salah satu baja yang biasanya di las menggunakan pengelasan GMAW adalah baja AISI 1045.

Salah satu bahan yang paling sering dimanfaatkan pada ruang lingkup industri adalah baja. Karena kekuatan dan ketangguhannya yang sangat baik, Baja AISI 1045 adalah salah satu jenis baja karbon sedang yang paling banyak diterapkan dalam industri, dan dapat dibentuk sesuai kebutuhan dengan berbagai peralatan pemesian dan perkakas, Baja karbon menengah kadar karbonnya 0,25%-0,65%. Baja karbon menengah memiliki karakteristik yang ideal untuk

digunakan sebagai bahan baku untuk komponen mesin karena kandungan karbonnya yang sedang (Yusup, 2020). Namun, meskipun baja AISI 1045 memiliki kekuatan dan ketangguhan yang baik, pengelasan masih menjadi tantangan dalam produksi baja.

Spesimen baja AISI 1045, teknik pengelasan GMAW dapat dilakukan dengan gas CO₂ dan tanpa gas CO₂. Proses Pengelasan GMAW tanpa gas memungkinkan sambungan las yang lebih cepat dan efisien daripada pengelasan campuran gas pelindung. Akan tetapi, penggunaan campuran gas pelindung dalam proses pengelasan GMAW dapat menghasilkan sambungan lasan yang berkualitas tinggi dan juga lebih kuat.

Pada penelitian terdahulu dari (Pratama, 2023) yang berjudul pengaruh penggunaan CO₂ + Argon dan tanpa gas pada pengelasan GMAW baja aisi 1045 menyatakan bahwa untuk hasil pengamatan visualnya dengan menggunakan gas pelindung lebih mengkilap dibandingkan pengelasan tanpa gas pelindung. Hal itu disebabkan karena ketiadaan gas pelindung pada proses pengelasan yang menyebabkan logam las terpapar dan bereaksi dengan udara luar, sehingga tidak ada perlindungan dari lingkungan yang dapat memengaruhi kualitas sambungan las. Selain itu, hasil pengujian tarik dan uji *impact* dengan tanpa gas pelindung hasilnya cukup stabil dibandingkan menggunakan gas pelindung.

Pengaruh sifat mekanik dan juga hasil kekuatan sambungan las GMAW pada baja AISI 1045 dengan menggunakan gas pelindung CO₂ dan tanpa gas dilakukan uji *impact* dan uji tarik pada sambungan las baja AISI 1045 menggunakan las GMAW. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan dalam memilih metode yang tepat untuk pengelasan baja AISI 1045, serta meningkatkan pemahaman tentang karakteristik mekanik dan kekuatan sambungan las yang dihasilkan dari proses pengelasan GMAW, baik dengan gas pelindung maupun tanpa gas pada baja AISI 1045. Temuan penelitian ini dapat menjadi panduan bagi industri dalam memilih teknik pengelasan terbaik untuk mengelas baja AISI 1045 dengan hasil optimal dan efektif terbaik.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis hasil karakteristik sambungan las yang dihasilkan dari ke dua metode pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW).
2. Membandingkan sifat mekanik dan kekuatan sambungan las yang dihasilkan pengaruh gas pelindung CO₂ dan tanpa gas pada Baja AISI 1045 dengan pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW).

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja AISI 1045.
2. Proses pengelasan yang digunakan adalah *Gas Metal Arc Welding* (GMAW).
3. Variasi gas yang digunakan adalah Karbon Dioksida (CO₂) dan tanpa gas pelindung.
4. Pengujian kualitas yang dilakukan adalah uji visual, uji tarik, dan uji *impact*.

1.4 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri atas beberapa bab dengan garis besar sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini terdapat dasar teori yang mencakup topik seperti pengelasan, *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), Baja, Baja AISI 1045, karakteristik mekanis dari Baja AISI 1045, pengujian visual, pengujian tarik (*tensile*), dan pengujian *impact* (*impact*).

BAB III: METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan urutan dan tata cara penelitian dimulai dari tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, prosedur penelitian, serta diagram alur penelitian.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan penyajian data-data hasil dari penelitian serta hasil spesimen pengelasan CO₂ dan tanpa gas dan hasil spesimen sesudah uji tarik dan uji *impact*.

BAB V: SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil yang didapatkan pada penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian yang lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini berisikan literatur yang digunakan dalam penelitian dan penyusunan laporan.

LAMPIRAN

Pada bagian ini berisikan lampiran-lampiran dan data-data sebagai referensi dari laporan, termasuk lampiran-lampiran dan data-data pendukung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pengelasan

Pengertian pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) merupakan bagian metalurgi yang proses penyambungan logam atau paduan logam yang dilakukan saat material dalam kondisi mencair atau meleleh. Dengan kata lain, las adalah cara untuk menyatukan beberapa batangan logam secara lokal menggunakan sumber energi panas (Wiryosumarto,1996). Pengelasan merupakan metode menyatukan bahan dengan memanfaatkan energi panas. Pemanasan setempat pada lembaran logam hingga mencapai titik leleh, diikuti dengan pendinginan cepat, dapat menyebabkan terbentuknya tegangan sisa akibat persebaran panas yang tidak rata (Safrisal, 2016).

Untuk menyederhanakan prosesnya, pengelasan dapat didefinisikan sebagai menyatukan dua logam hingga titik rekristalisasi logam tercapai, seperti ditambahkan material tambahan atau tidak, dan menggunakan sumber energi panas untuk melelehkan material yang dilas. Proses pengelasan melibatkan lebih dari sekedar memanaskan dua potong logam sampai meleleh dan kemudian didiamkan hingga dingin. Untuk menjaga agar lasan tetap utuh, bahan atau elektroda tambahan harus ditambahkan dan dipanaskan hingga kekuatan yang sesuai. Kualitas hasil pengelasan atau kekuatan sambungan las ditentukan oleh beberapa faktor, di antaranya adalah metode atau prosedur pengelasan yang digunakan, jenis material atau bahan yang dilas, elektroda yang dipakai sebagai sumber panas, dan bentuk kampuh atau permukaan yang akan dilas.

2.2 Klasifikasi Las

Kekuatan sambungan las dapat dibagi dalam beberapa jenis las yaitu berdasarkan panas tenaga listrik, panas kombinasi busur nyala listrik, panas

dari campuran pembakaran gas, panas dari ledakan dan jenis-jenis lainnya. Berdasarkan metode pengelasannya dapat diklasifikasikan menjadi pengelasan cair (*fusion welding*), pengelasan tekan (*pressure welding*), dan pematrian (Siswanto, 2018).

2.2.1 Pengelasan Cair (*Fusion Welding*)

Pengelasan cair (*Fusion Welding*) merupakan metode di mana logam yang terhubung dilebur dengan dipanaskan hingga menjadi cair. Jenis pengelasan cair termasuk pengelasan dengan oksigen asetilin, pengelasan dengan arus listrik, pengelasan dengan arus *Gas Tungsten Inert Gas*, *Metal Inert Gas*, *Metal Aktive Gas*, dan pengelasan di dalam udara, pengelasan resistance atau *spot weld*, *seam weld*, *upset weld*, *flash weld*, pengelasan dengan elektroda, pengelasan dengan sinar laser, dan pengelasan dengan plasma.

2.2.2 Pengelasan Tekan (*Pressure Welding*)

Pengelasan tekan (*Pressure Welding*) merupakan pengelasan dua logam yang dipanaskan hingga meleleh, lalu ditekan untuk penyambungan.

1. Pengelasan Tempa

Pengelasan tempa adalah prosedur pengelasan yang dimulai dengan memanaskan logam dan berlanjut menempa logam untuk membuat ikatan logam.

2. Pengelasan Tahanan

Las tahanan tersedia dalam tiga jenis yaitu las kampuh tumpang sederhana, las kampuh sudut dan las kampuh penyelesaian.

a. Dalam proses pengelasan proyeksi, hasil pengelasan sangat dipengaruhi oleh distribusi arus dan tekanan yang tepat. Metodenya terdiri dari elektroda yang terbuat dari campuran tembaga yang dipasang pada plat dan kemudian di aliri arus yang besar.

b. Prosedur pengelasan titik hampir sama dengan pengelasan proyeksi, elektroda paduan yang terbuat dari tembaga digunakan untuk menyambung dan menjepit plat, dan menggunakan arus tinggi dan dapat di atur diubah berdasarkan ketebalan pelat yang harus dilas.

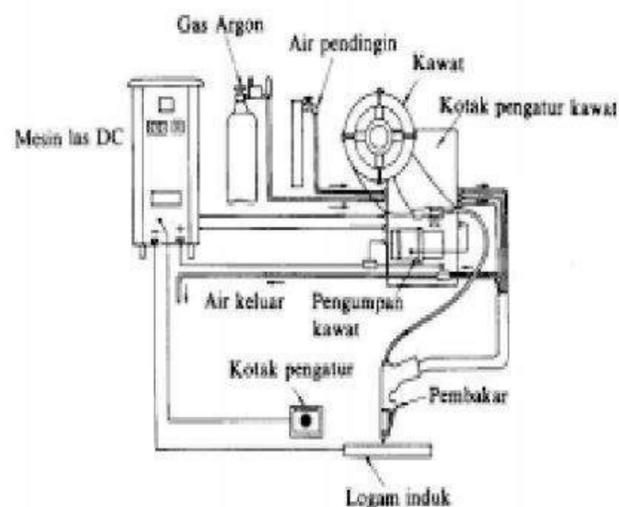
2.2.3 Pematrian

Pematrian mirip dengan pengelasan cair, tetapi perbedaannya terletak pada Pengaplikasian bahan tambahan atau penambahan material. *filler* yang memiliki titik leleh yang lebih rendah dari titik leleh logam induk:

- a. Pengelasan dengan menggunakan laser adalah suatu metode yang berlangsung dengan kecepatan lambat dan umumnya hanya berlaku untuk sambungan yang sangat kecil, terutama di bidang elektronika.
- b. Pengelasan dengan menggunakan listrik berkas elektron adalah metode pengelasan yang dipakai untuk mengelas logam konvensional, logam yang tahan terhadap panas, logam yang mudah teroksidasi dan beberapa logam paduan lainnya yang tidak dapat digabungkan.

2.3 GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)

Dengan memanfaatkan gas pelindung (*inert metal*) dan kumparan elektroda (*filter metal*) atau logam dasar (*base metal*), pengelasan GMAW menggabungkan beberapa penyusun logam menjadi satu melalui proses pencairan logam gas pelindung dan tanpa gas. Dapat dikatakan las GMAW merupakan bentuk pengelasan yang melibatkan penggunaan kawat pengisi sebagai material penyambung atau kawat las tanpa lapisan. Antara logam induk dan kawat pengisi, timbul busur listrik. Gas pelindung yang digunakan yaitu gas CO₂, helium atau campuran keduanya. Berikut Skema pengelasan GMAW dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:

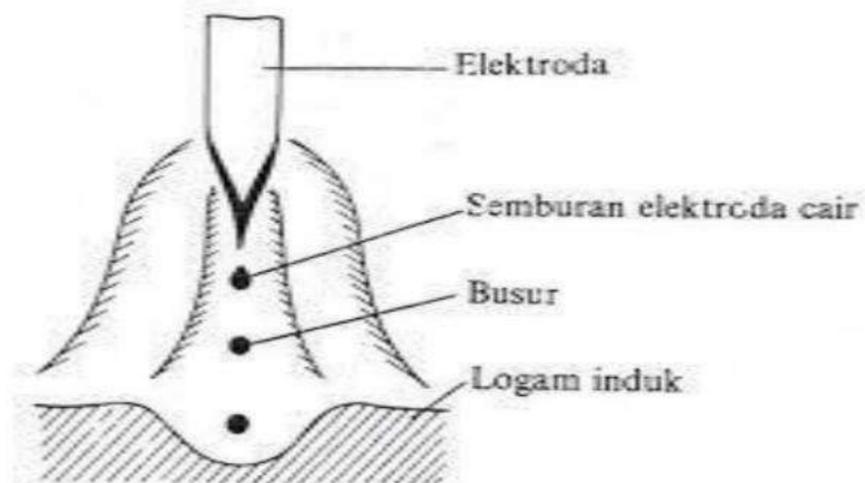


Gambar 1. Mesin Las MIG.

Sumber: (Wiryosumarto, H., dan Okumura, T.,2000: 22).

Untuk memaksimalkan sambungan pengelasan dengan mencampurkan gas O₂ antara 2 sampai 5%, atau CO, antara 5 sampai 20%. Dalam setiap aspek pemakaian las MIG sangat berdampak baik. Hal tersebut dikarenakan karakteristiknya yang baik, di antaranya dapat menggunakan arus yang tinggi sehingga kecepatannya juga sangat tinggi, Karena konsentrasi busur yang tinggi, busur yang stabil, percikan yang rendah, dan kemampuan untuk membentuk terak dalam jumlah besar, proses pengelasan ini sangat efisien dan menghasilkan sifat-sifat seperti ketangguhan, elastisitas, kedap udara, dan ketidakpekaan terhadap retak yang lebih unggul dari pada yang diperoleh melalui Teknik pengelasan yang lain.

Pengelasan MIG juga cukup populer, khususnya untuk pengelasan logam dan baja yang berkualitas tinggi seperti baja tahan karat dan baja kuat, serta logam non-baja yang tidak dapat di las dengan cara pengelasan konvensional. Dan biasanya sifat-sifat tersebut dipengaruhi oleh karakteristik dari busur yang dihasilkan menunjukkan keadaan busur dalam las MIG yang mana terlihat ujung elektroda runcing. Hal tersebut menyebabkan butiran logam cair menjadi halus dan berpindah secara cepat seperti menyemburkan. Dalam dunia industri, teknik pengelasan ini lebih disukai dikarenakan aluminium dapat digunakan sebagai bahan utama dibandingkan baja karena dampak negatifnya terhadap lingkungan sekitar lebih rendah, kapasitasnya lebih ringan, dan penghematan bahan bakar. Berikut contoh pemindahan sembur pada las MIG dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Pemindahan Sembur pada las MIG.

Sumber: (Wiryosumarto dkk, 2000).

Pengelasan MIG umumnya digunakan dengan cara otomatis atau semi otomatis arus searah polaritas balik yang diameter kawat elektrodanya antara 1,2 sampai 2,4 mm. Sekarang ini, las MIG dengan arus tinggi telah banyak digunakan dan begitu kuga dengan kawat elektroda yang berdiameter antara 3,2 mm dan 6,4 mm untuk plat-plat alumunium tebal seperti yang digunakan pada tangki penyimpanan gas alam cair (Wirjosumarto dkk, 2000). Diameter elektroda yang digunakan dalam pengelasan harus dipertimbangkan ketika menentukan arus, seperti ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Ketentuan umum besaran arus dan tegangan.

Diameter kawat	Arus (<i>ampere</i>)	Tegangan (<i>volt</i>)	Tebal bahan
0,6 mm	50-80	13-14	0,5-1,0 mm
0,8 mm	60-150	14-22	0,8-2,0 mm
0,9 mm	70-220	15-22	1,0-10 mm
1,0 mm	100-290	16-29	3,0-12 mm
1,2 mm	120-350	18-32	6,0-25 mm
1,6 mm	160-390	18-34	12,0-50 mm

2.3.1 Standar Parameter Pengelasan GMAW

Metode *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) memiliki beberapa aplikasi yang melibatkan masukan panas, sehingga penting untuk menyesuaikan dan mengoptimalkan parameter-parameternya sesuai dengan penggunaan yang dibutuhkan (Daryanto, 2012). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pengelasan GMAW adalah sebagai berikut:

1. Arus listrik

Dalam proses pengelasan busur listrik, arus memainkan peran krusial. Intensitas arus secara langsung memengaruhi karakteristik hasil pengelasan, di mana peningkatan arus cenderung menghasilkan penetrasi yang lebih dalam namun area lasan yang lebih terfokus.

2. Kecepatan las

Diameter inti elektroda sambungan presisi, geometri sambungan, dan material las. Kecepatan pengelasan berbanding lurus dengan kuat arus

dan tidak bergantung pada tegangan. Peningkatan kecepatan pengelasan menghasilkan lebih sedikit masukan panas satuan panjang dan pendinginan lebih cepat.

3. Gas pelindung

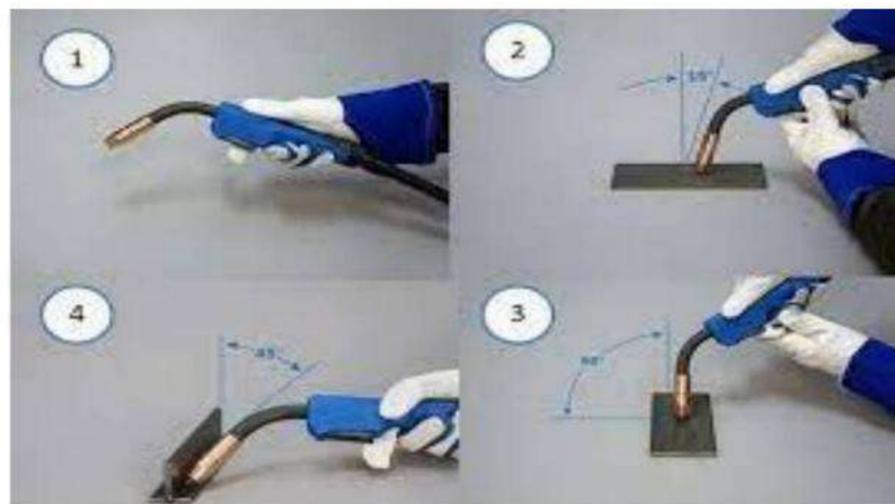
Gas pelindung adalah gas yang tidak mudah bereaksi dengan unsur lain dan stabil, sehingga ideal untuk digunakan dalam pengelasan MIG. Meskipun gas CO₂ menawarkan perlindungan yang unggul, penetrasinya tidak terlalu besar. Untuk meningkatkan kedalaman penetrasi, naikkan kecepatan volume aliran gas dan tekanan yang sesuai. Peningkatan tekanan yang diterapkan pada manik las dapat meningkatkan penguatannya dan mengurangi kemungkinan terbentuknya rongga kecil pada lasan.

4. Elektroda.

Umpan elektroda, yang berfungsi sebagai logam pengisi dan generator busur api, digunakan dalam pengelasan MIG. Ketebalan dan jenis bahan yang digunakan akan menentukan ukuran elektroda.

2.3.2 Aplikasi Penggunaan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) memiliki aplikasi luas dalam sektor industri yang dapat digunakan untuk menyambung berbagai komponen dan struktur. Penggunaannya mencakup pembuatan rangka kendaraan, konstruksi teralis besi, fabrikasi komponen pesawat, serta berbagai produk manufaktur lainnya. Berikut contoh visual penerapan teknik las MIG dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Aplikasi las MIG (*metal inert gas*).

Sumber: (Wiryosumarto, Teknologi Pengelasan, 2004).

2.3.3 Kelebihan dan Kelemahan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

1. Kelebihan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Adapun beberapa manfaat serta kelebihan dari pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) adalah sebagai berikut:

- a. Digunakan pada semua posisi pengelasan (*welding*) positif.
- b. Tidak menghasilkan slag atau terak, seperti terjadi pada las SMAW.
- c. Proses pengerjaan cepat dan efisien.
- d. Mempunyai angka deposisi (*deposition rates*) laju pengelasan lebih besar dibandingkan pengelasan SMAW.
- e. Untuk pekerjaan bangunan, prosedur pengelasan *metal inert gas* (MIG) sangat tepat.
- f. Membutuhkan kemampuan operator yang baik.
- g. Kualitas daerah lasan sangat baik.
- h. lebih sedikit pembersihan pengelasan yang diperlukan.

2. Kekurangan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Adapun beberapa manfaat serta kelebihan dari pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) adalah sebagai berikut:

- a. *Wire-feeder* yang membutuhkan pengecekan yang *continius*.
- b. Gas pelindung berkualitas buruk merupakan penyebab umum masalah porositas pengelasan.
- c. Seiring berjalannya waktu, *burn back* mungkin terjadi.
- d. *Set-up* pada pengelasan merupakan permulaan sulit.
- e. Busur yang tidak stabil, akibat pengambilan operator yang kurang baik atau belum sesuai.

2.4 Baja AISI 1045

Baja merupakan jenis logam *ferrous* biasanya digunakan dalam ruang lingkup teknik dan industri. Komponen utama baja adalah karbon dan besi. Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C). Sedangkan besi merupakan faktor dasar dan karbon merupakan faktor paduan utama. Pada tahap pembentukan baja, elemen kimia tambahan seperti

belerang (S), fosfor (P), silikon (Si) dan mangan (Mn) terdeteksi bergantung pada karakteristik baja yang diperlukan. (Amanto dkk, 1999).

Baja memiliki beberapa variasi kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, sehingga beberapa jenis baja dapat diproduksi. Baja dapat menjadi lebih rapuh dan kurang ulet jika ditambahkan karbon, namun hal ini juga bisa menaikkan nilai kekerasan dan kekuatan pada tarik baja. Baja mengeras seiring dengan meningkatnya konsentrasi karbon, namun baja juga menjadi rapuh dan sulit dibentuk.

Kandungan karbon besi dari baja karbon antara 0,2% sampai 2,14%, dan kandungan karbon bertindak sebagai faktor pengerasan untuk susunan baja. Kandungan besi (Fe) dalam baja adalah 97% karbon (C), yaitu sekitar 0,2% sampai 2,1% tergantung pada kadarnya. Selanjutnya baja mengandung unsur lain seperti mangan (Mn) dengan kandungan maksimal 1,65%, silikon (Si) dan tembaga (Cu) dengan kandungan maksimal 0,6%. belerang (S), fosfor (P) dan lainnya jumlah kadar yang berbeda-beda (Wulandari, 2011).

Baja AISI 1045 tergolong dalam kategori baja karbon menengah dengan kadar karbon sekitar 0,43 – 0,50%. Baja ini dikenal memiliki kekuatan tarik tinggi dan ketangguhan yang baik serta mudah diproses dan dilas. Klasifikasi AISI 1045 mengikuti standar internasional yaitu seri 10xx berdasarkan nomenklatur AISI dan SAE (*Society of Automotive Engineers*). Komposisi kimia dari baja AISI 1045 dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Komposisi Kimia Baja AISI 1045.

Unsur	Jumlah Kandungan
<i>Carbon (C)</i>	0,42-0,50%
<i>Iron (Fe)</i>	98,51-98,98%
<i>Mangan (Mn)</i>	0,60-0,90%
<i>Phosphor (P)</i>	≤ 0,040%
<i>Sulfur (S)</i>	≤ 0,050%

Dalam kode AISI 1045 angka '10' pertama mengindikasikan *plain carbon*. Sedangkan '45' menunjukkan kandungan karbon sebesar 0,45%. Baja jenis ini sering diaplikasikan pada komponen seperti roda gigi, poros, dan bantalan yang memerlukan ketahanan aus yang baik untuk mengatasi gesekan, misalnya dengan rantai (Anver, 1974).

2.5 Sifat Mekanis Baja

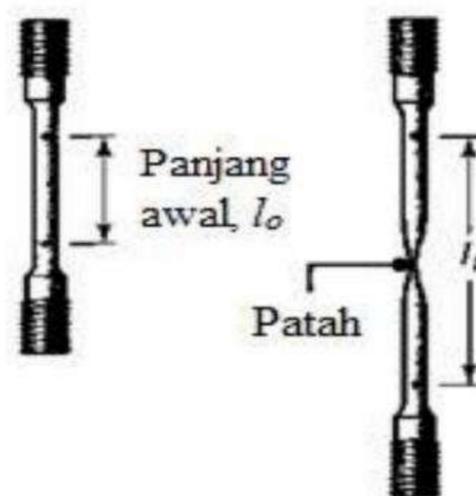
Sifat mekanik baja merujuk pada kemampuannya dalam menahan berbagai jenis tekanan seperti tekan, tekuk, tarik, puntiran, geser atau kombinasinya. Adapun beberapa sifat mekanik utama yaitu sebagai berikut:

1. Kekuatan adalah kemampuan logam untuk menyerap tegangan tanpa mengalami kerusakan. Ini mencakup kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir, dan kekuatan lentur tergantung pada jenis beban yang diterima.
2. Elastisitas adalah kapasitas bahan untuk kembali ke dimensi dan bentuk aslinya setelah mengalami deformasi akibat tegangan.
3. Kekerasan suatu material menentukan seberapa baik material tersebut tahan terhadap abrasi, kerusakan, dan penetrasi. Atribut ini mempunyai korelasi yang kuat dengan kekerasan dan ketahanan aus.
4. Kekakuan suatu material mengacu pada kemampuannya menahan beban dan tegangan tanpa mengalami distorsi atau defleksi. Terkadang kekakuan lebih penting daripada kekuatan.
5. Ketangguhan suatu material mengacu pada kemampuannya menahan penyerapan energi pada tingkat tertentu tanpa mengalami kerusakan. Cara lain untuk memikirkan ketangguhan adalah sebagai ukuran gaya yang diperlukan untuk mematahkan benda kerja dalam keadaan tertentu. Kualitas-kualitas ini sulit diukur dan dipengaruhi oleh berbagai variabel.
6. Plastisitas adalah kemampuan untuk melewati berbagai deformasi plastis yang ireversibel tanpa mengalami kerusakan. Karakteristik ini sangat penting untuk prosedur pembentukan, termasuk ekstrusi, penggulangan, dan penempaan. Karakteristik ini disebut juga keuletan.
7. Kecenderungan logam untuk patah akibat tekanan berulang pada nilai yang jauh lebih rendah dari batas kekuatan elastisnya disebut kelelahan.

Kelelahan merupakan penyebab utama yang sering mengalami kerusakan pada komponen mesin, namun sulit diukur karena dipengaruhi oleh banyak faktor. Maka dari itu, keretakan (*creep*) adalah kecenderungan logam mengalami deformasi plastis yang bergantung pada waktu ketika menerima beban yang relatif konstan (Maulana D, 2017).

2.6 Uji Tarik

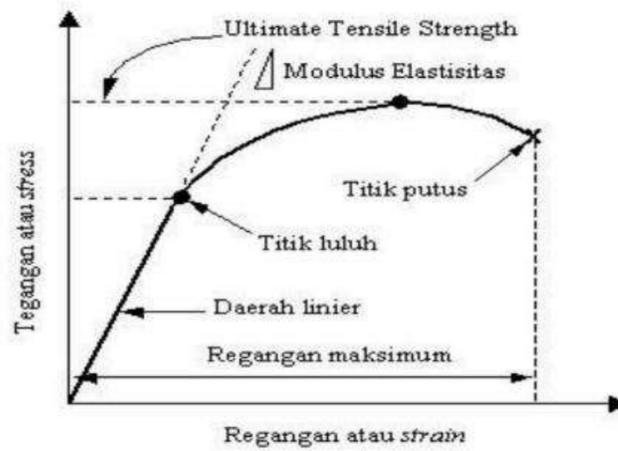
Pengujian tarik merupakan metode umum untuk menganalisa sifat mekanik material, termasuk kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas. Prosesnya melibatkan pemberian gaya tarik secara kontinyu pada bahan sampai terjadi kerusakan. Metode ini juga digunakan untuk mengevaluasi kekuatan sambungan las pada logam. Ilustrasi proses pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Spesimen sebelum dan sesudah pengujian tarik.

Sumber: (Pratiknyo dkk, 2004).

Mesin uji universal digunakan dalam pengujian tarik material. Spesimen uji dijepit pada mesin, kemudian diberi tegangan statis yang ditingkatkan secara bertahap hingga spesimen patah. Data beban dan perubahan panjang direkam oleh Plotter, menghasilkan grafik hubungan tegangan (MPa) dan regangan (%). Grafik ini memberikan informasi tentang tegangan luluh (σ_{ys}), tegangan ultimate (σ_{ult}), Modulus Elastisitas (E), ketangguhan, dan keuletan material yang diuji. Berikut kurva tegangan dan regangan uji tarik dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini:



Gambar 5. Kurva tegangan dan regangan uji tarik.

Sumber: (Pratiknyo dkk, 2004).

Pengujian tarik memungkinkan kita mengamati respons material terhadap gaya tarik dan mengukur deformasinya. Beban maksimum yang dicapai disebut kekuatan tarik maksimum, sementara kekuatan luluh dan modulus elastisitas dapat dikalkulasi. Perubahan panjang dan luas penampang akhir digunakan untuk menghitung persentase elongasi dan reduksi area setelah patah. *Universal Testing Machine* memberikan gaya tarik pada spesimen hingga terjadi pemuluran dan akhirnya patah. Selama pengujian, beban ditingkatkan secara gradual sampai spesimen patah. Selanjutnya, karakteristik tarik material dapat dihitung menggunakan rumus-rumus sebagai berikut (Saputra, 2017).

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (N/mm²).

σ =Tegangan maksimum (N/mm²).

ϵ = Regangan.

Regangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\epsilon = \frac{L_i - L_o}{L_o} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

ϵ = Regangan.

L = Panjang awal batang uji (mm).

L_o = Panjang batang uji yang dibebani (mm).

Tegangan dapat dihitung dengan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

σ = Tegangan (N/mm²).

F = Beban (N).

A_0 = Luas Penampang batang uji (mm²).

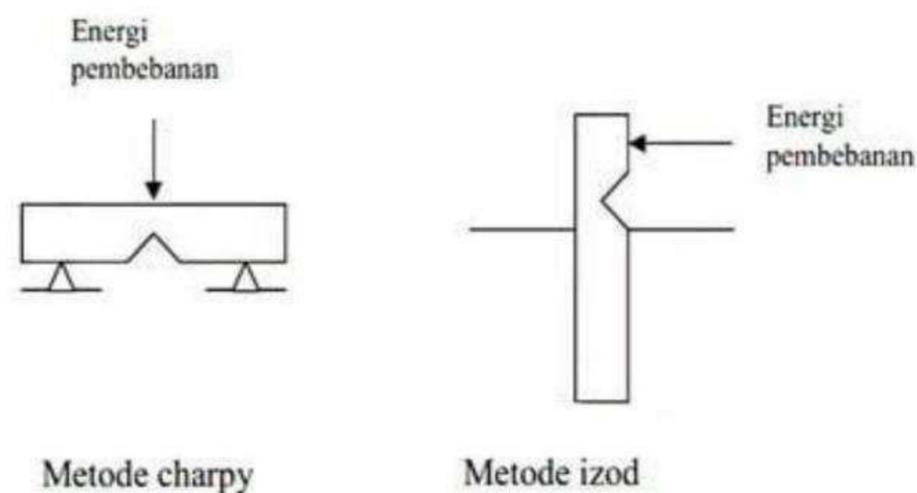
2.7 Pengujian *Impact*

Pengujian *impact* merupakan metode evaluasi material menggunakan pembebanan cepat. Proses ini melibatkan penyerapan energi besar saat beban menghantam spesimen. Perhitungan energi yang diserap menggunakan prinsip perbedaan energi potensial. Inti dari pengujian ini adalah mengukur energi yang diserap spesimen. Beban yang dinaikkan ke ketinggian tertentu memiliki energi potensial maksimum, yang berubah menjadi energi kinetik maksimum saat menumbuk spesimen. Sebagian energi ini diserap oleh spesimen hingga terjadi patah (Yunus M, 2015).

Menurut Dieter (1988) menyatakan bahwa uji *impact* digunakan untuk menentukan kecenderungan material bersifat rapuh atau ulet berdasarkan ketangguhannya. Pengujian ini dapat mendeteksi perbedaan yang tidak terlihat pada uji tegangan-regangan. Namun, uji *impact* memiliki keterbatasan dalam menilai komponen gaya tegangan tiga dimensi dan menginterpretasikan kondisi patah spesimen secara langsung. Selain itu, masih terdapat perbedaan pendapat mengenai interpretasi dan penggunaan data hasil uji *impact*.

Berbagai desain uji *impact* dengan spesimen bertakik telah dikembangkan untuk mengevaluasi perpatahan rapuh pada baja. Dua metode standar yang umum digunakan adalah uji *charpy* dan uji izod. Metode *charpy* lebih populer di Amerika Serikat, sementara metode izod lebih sering digunakan di Eropa. Spesimen uji *charpy* memiliki penampang 10 mm x 10 mm dengan takik berbentuk V. Kedua metode menggunakan sudut takik 45°, kedalaman 2 mm,

dan radius pusat 0,25 mm. Dalam uji *charpy*, spesimen diposisikan horizontal pada penumpu dan diberi beban mendadak oleh pendulum berayun (kecepatan ± 5 m/s) di belakang takik. Spesimen menerima energi untuk melengkung hingga patah pada laju regangan tinggi (sekitar 10^3-10^4 s). Sementara itu, spesimen Izod memiliki dimensi berbeda dengan takik V yang lebih dekat ke ujung. Selain perbedaan geometri spesimen, kedua metode ini juga memiliki perbedaan dalam proses pembebanan (Dieter, 1986). Pembebanan metode *charpy* dan izod. Berikut pembebanan metode *charpy* dan metode Izod dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini:



Gambar 6. Pembebanan Metode *Charpy* dan Metode Izod.

Sumber: (Handoyo, 2013).

Kerentanan terhadap patah getas merupakan masalah serius dalam konstruksi baja. Pada baja dengan ketahanan rendah, patah getas dapat menyebar dengan kecepatan hingga 2000 mm/detik, menyebabkan kerusakan dalam waktu sangat singkat. Evaluasi ketahanan material terhadap patah getas memerlukan pengujian yang mempertimbangkan faktor dinamis seperti kecepatan regangan, takik, ketebalan plat, dan tegangan sisa. Ketangguhan, yang merupakan resistensi bahan terhadap beban kejut, membedakan uji *impact* dari uji tarik dan kekerasan yang menggunakan pembebanan bertahap (Handoyo, 2013).

2.8 Pengujian Visual

Pengujian visual adalah metode inspeksi peralatan dan struktur yang mengandalkan indera manusia seperti penglihatan, sentuhan, pendengaran, dan

penciuman. Metode ini merupakan teknik non-destruktif yang paling umum digunakan dalam inspeksi las, dibandingkan dengan metode lain seperti *Magnetic Particle Inspection Testing* (MT), *Liquid Penetrant Test* (PT), *X-Ray Inspection Testing* (RT), dan *Ultrasonic Testing* (UT). Pengujian visual biasanya dilakukan sebagai langkah awal sebelum pengujian lainnya, termasuk pengujian destruktif. Metode ini relatif sederhana, hanya memerlukan alat bantu seperti kaca pembesar dan senter, tanpa peralatan khusus yang rumit.

Pengujian visual efektif dalam mendeteksi cacat mikroskopis atau cacat permukaan yang signifikan, seperti hasil pengelasan yang kurang baik. Keunggulan metode ini terletak pada biayanya yang terjangkau dan prosedur yang tidak rumit karena tidak memerlukan peralatan canggih. Namun, kelemahannya adalah terbatas pada deteksi cacat permukaan dan hanya mampu mengidentifikasi cacat yang dapat dilihat secara langsung atau dengan bantuan alat optik sederhana (Irwansyah, 2019).

2.9 *Welding Procedur Specification (WPS)*

Welding Procedur Specification (WPS) adalah protokol pengelasan terstandar yang telah divalidasi sebagai panduan operasional. Dokumen ini berfungsi sebagai acuan bagi operator las untuk memenuhi standar yang diperlukan dalam pengelolaan mesin-mesin industri terkait pengelasan. WPS dikembangkan dan divalidasi melalui serangkaian uji destruktif dan non destruktif untuk memastikan sifat mekanik hasil las sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dalam kode atau aturan yang berlaku. Proses pembuatan WPS melibatkan *Procedure Qualification Record (PQR)*, yang mencatat seluruh tahapan kualifikasi prosedur dari awal hingga hasil akhir pengujian.

Terdapat beberapa standar kode dalam pembuatan *Welding Procedur Specification (WPS)* adalah sebagai berikut:

- ASME IX yaitu digunakan pada boiler dan *pressure vessel* (bejana tekan).
- AWS D1.1 yaitu digunakan pada struktural pengelasan.
- API 1104 yaitu digunakan pada *pipe line*.
- EN288 (DIN) yaitu digunakan pada *metallic material*.

Adapun variabel *Welding Procedur Specification (WPS)* yang mempengaruhi hasil suatu pengelasan yaitu diantaranya:

a. *Essensial Variable*

Essensial Variable merupakan Variabel yang jika diubah dapat mempengaruhi sifat mekanik hasil pengelasan. Perubahan pada variabel ini mengharuskan dilakukannya kualifikasi ulang.

b. *Suplement Essensial Variable*

Suplement Essensial Variable merupakan suatu variabel yang jika diubah dapat mempengaruhi hasil sambungan las dan nilai *impact*. Variabel ini dianggap essential jika dilakukan uji *impact*, namun menjadi non-essential jika tidak dilakukan uji *impact*.

c. *Non Essensial Variable*

Non Essensial Variable merupakan variabel yang jika diubah tidak mempengaruhi sifat mekanik atau nilai *impact* hasil pengelasan. Perubahan pada variabel ini tidak memerlukan kualifikasi ulang atau pembuatan WPS baru.

2.10 Cacat Las

Cacat las atau *weld defect* adalah hasil pengelasan yang tidak memenuhi standar yang ditetapkan (seperti ASME IX, AWS, API, ASTM). Hal ini dapat terjadi karena adanya prosedur pengelasan yang salah, persiapan yang kurang memadai, serta peralatan dan bahan tambahan (*consumable*) yang tidak sesuai dengan standar. Mendeteksi cacat las pada peralatan industri (seperti sambungan las dan struktur yang dibangun) merupakan aspek penting dalam mengevaluasi kegagalan dalam proses pengelasan. Terdapat dua jenis cacat las, yaitu cacat las internal (yang berada di dalam hasil lasan) dan cacat las visual (yang dapat dilihat secara langsung). Cacat ini dapat menyebabkan kerusakan setelah pemakaian dalam jangka waktu yang lama. Retak dan pengerasan pada sambungan las dapat terjadi karena adanya loncatan busur atau pengelasan pada bagian-bagian yang kecil. Oleh karena itu, hal ini harus mendapat perhatian khusus jika terjadi atau jika harus dilakukan. Jika diperkirakan ada kemungkinan terjadinya korosi atau retak korosi, maka hal yang harus diperhatikan adalah pemilihan logam induk bahan las, bentuk

sambungan, dan kualitas pengelasan. Retak adalah pecahan pada logam las, baik searah maupun transversal terhadap garis las, yang disebabkan oleh tegangan internal. Retak pada logam las dapat mencapai logam dasar, atau retak terjadi seluruhnya pada logam dasar di sekitar las (Bakhori, 2021).

Adapun beberapa jenis cacat las yang umum terjadi yaitu sebagai berikut:

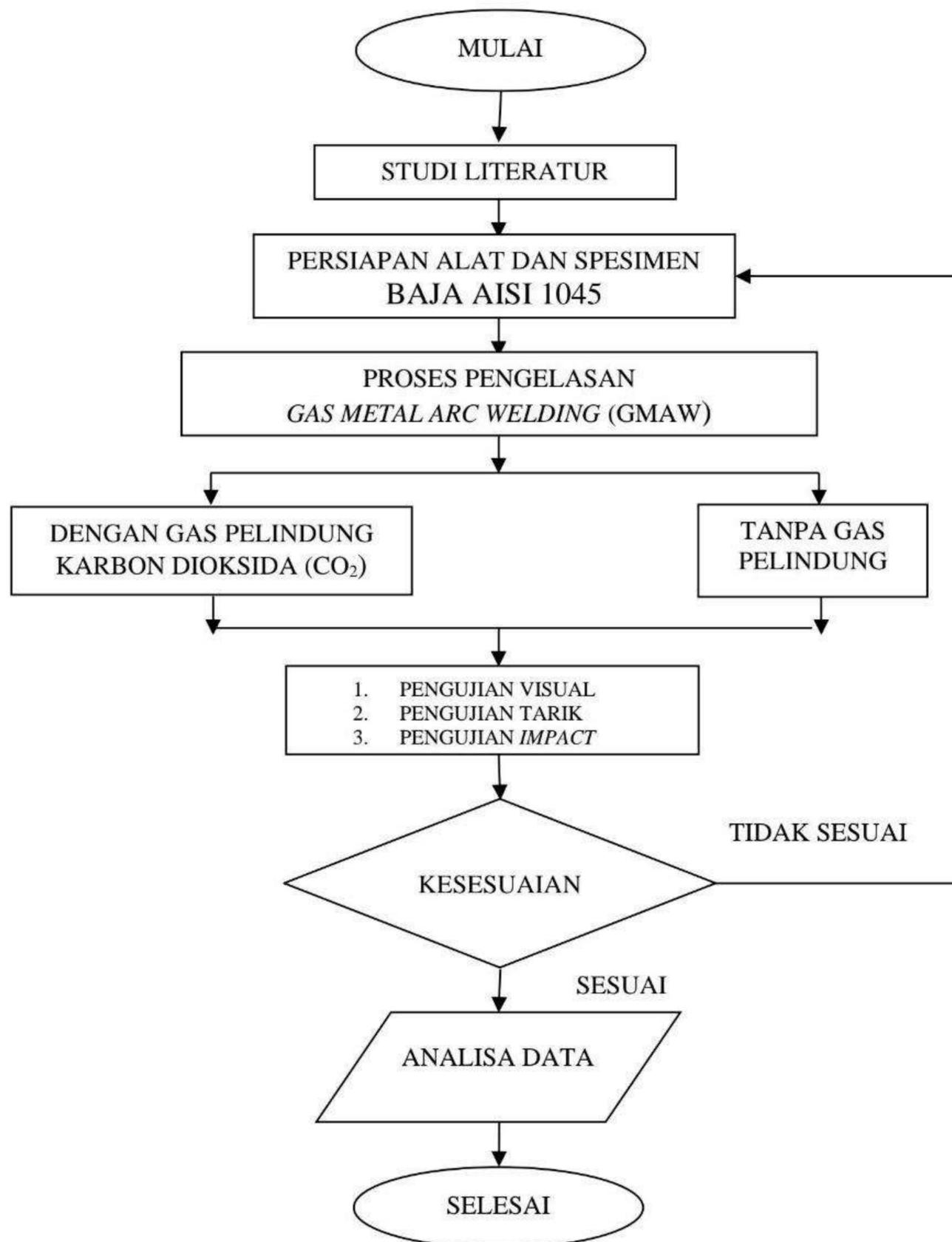
1. *Undercut* adalah cacat las yang terbentuk di bagian permukaan atau akar las, berbentuk seperti cerukan pada logam induk. Cacat ini disebabkan oleh arus pengelasan yang terlalu besar, kecepatan dan panjang busur las yang terlalu tinggi, serta posisi elektroda yang kurang tepat. Jenis cacat ini dapat terjadi pada semua jenis sambungan las, seperti *fillet*, *butt*, *lap*, *corner*, dan *edge joint*.
2. *Underfill* adalah jenis cacat pengelasan yang terjadi akibat kurangnya pengisian logam las pada jalur lasan. Penyebabnya arus pengelasan (*ampere*) yang terlalu rendah, *travel speed* (kecepatan pengelasan) yang terlalu tinggi, *weld bead* (jalur lasan) yang terlalu lebar, sehingga tidak cukup terisi oleh logam las.
3. Porositas adalah cacat las berupa lubang-lubang kecil pada logam las, baik di permukaan maupun di dalam. Penyebabnya antara lain elektroda yang masih lembab, arus pengelasan terlalu rendah, adanya kontaminan pada benda kerja (karat, minyak, air, dll), serta pembentukan gas hidrogen akibat panas pengelasan. Tipe porositas meliputi *Cluster Porosity*, *Blow Hole*, dan *Gas Pore*.
4. *Slag Inclusion* adalah cacat las yang terjadi pada bagian dalam hasil lasan, berupa slag (*flux* yang mencair) yang terperangkap di dalam lasan, sering terjadi pada daerah awal dan akhir pengelasan. Penyebabnya antara lain pembersihan slag yang kurang sempurna, arus terlalu rendah, serta sudut kampuh terlalu kecil.
5. *Incomplete Fusion* adalah cacat las yang disebabkan oleh ketidaksempurnaan penyambungan antara logam las dan logam induk. Penyebabnya antara lain posisi sudut kawat las yang salah, permukaan kampuh kotor, dan sering terjadi pada bagian sisi lasan.

6. *Spatter* adalah percikan las yang terjadi selama proses pengelasan. Pada dasarnya, jika percikan las (*spatter*) dapat dibersihkan dengan mudah, maka hal tersebut tidak dianggap sebagai cacat las. Namun, jika jumlah *spatter* yang terjadi berlebihan dan tidak dapat dibersihkan dengan mudah, maka *spatter* tersebut dikategorikan sebagai cacat visual pada hasil pengelasan. Penyebabnya adalah amper terlalu tinggi, jarak elektroda dengan metal terlalu tinggi, dan untuk elektroda mengalami kelembapan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Diagram alir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram alir.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Waktu Penelitian.

Penelitian ini akan dilaksanakan pada Desember 2023 hingga Maret 2024.

2. Tempat Penelitian.

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat yaitu:

- a. Pembuatan spesimen Baja AISI 1045 dilaksanakan di Laboratorium Produksi Jurusan Teknik Mesin UNILA.
- b. Proses pengelasan dilakukan di SMK N 2 Bandar Lampung.
- c. Pengujian uji tarik dilaksanakan di Laboratorium ITERA dan uji *impact* dilakukan di Laboratorium Material Teknik Jurusan Teknik Mesin UNILA.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan pada proses penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat

Adapun alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah:

a. Mesin Las GMAW.

Mesin las jenis *Metal Inert Gas* (MIG) yang tersedia di SMK N 2 Bandar Lampung akan digunakan untuk proses pengelasan spesimen Baja AISI 1045.

Merk: LAS CALDWELL MIG 200 DF

Tabel 3. Spesifikasi Las GMAW.

Data	Spesifikasi
Tegangan masuk	AC220 V
Frekuensi	50/60 Hz
Arus masuk	4,6 A
Arus keluar	30 A – 200 A
Tegangan keluar	16,5 V – 26 V
Kecepatan pengumpanan kawat	3 – 18 m/menit
Siklus kerja	30%
Jenis pengumpanan kawat	Tertanam
Efisiensi	80%
Daya	0,73 kW
Tingkat isolasi	F
Tingkat pelindung	IP21S
Berat	8,8 kg
Dimensi	425×183×290



Gambar 8. Mesin Las GMAW.

b. Alat Uji Tarik

Universal Testing Machine alat ini digunakan untuk uji tarik material. Spesimen dijepit pada mesin, lalu beban statik ditingkatkan secara bertahap hingga spesimen putus.

Merk: *Universal Testing Machine Zwick Roell All Round Z250SR*

Tabel 4. Spesifikasi Mesin Uji Tarik.

Data	Spesifikasi
Merk	<i>Universal Testing Machine</i>
Brand	<i>Zwick Roell</i>
Type	Z250SR
Kapasitas	250 kN
Material	Metal Alloy
Berat	1400 kg
Dimensi	2340×1420×1032
Kecepatan pengujian	600 mm/menit
Kecepatan balik	1000 mm/menit
Sistem penggerak	6 slot



Gambar 9. Mesin Uji Tarik (*Universal Testing Machine*).

c. Alat Uji *Impact*

Impact Testing Machine alat ini digunakan untuk uji impak dengan metode *charpy* yang dimana dengan pembuatan takikan sesuai ditengah-tengah spesimen uji.



Gambar 10. Mesin Uji *Impact* (*Impact testing machine*).

Tabel 5. Spesifikasi Mesin Uji *Impact*.

Model	RMU <i>Testing Equipment</i>
Pendulum energy	300 J <i>Charpy</i> -Div. 1 J 150 J <i>Charpy</i> -Div. 0.5 J 165 J <i>Izod</i> -Div. 2.5 J
<i>Rising Angle</i>	160°
<i>Distance between centers of Pendulum and specimen</i>	380 mm
<i>Pendulum moment</i>	0.5 J PL = 0.258 Nm 1 J PL = 0.516 Nm 2 J PL = 1.031 Nm 4 J PL = 2.062 Nm 5 J PL = 2.578 Nm
<i>Dial scale</i>	0-0.5 <i>Minimum Scale</i> : 0.005 J 0-1 J <i>Minimum Scale</i> : 0.001 J 0-2 J <i>Minimum Scale</i> : 0.002 J 0-4 J <i>Minimum Scale</i> : 0.004 J 0-5 J <i>Minimum Scale</i> : 0.005 J
<i>Corner dimension of striking edge</i>	30 <i>degree</i>
<i>Round angle radius of striking edge</i>	R = 2 mm
<i>Specimen</i>	<i>Conform to ISO 180</i>

d. Gerinda Pematong

Gerinda pematong digunakan untuk memotong spesimen awal sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan sebelum pengujian kekuatan.



Gambar 11. Gerinda Pemootong.

e. Jangka Sorong

Jangka sorong berfungsi untuk menetapkan keakuratan dimensi ukuran dari spesimen dan kedalaman takikan agar sesuai dengan standar uji *impact* dan ketebalannya agar sesuai standar uji tarik.



Gambar 12. Jangkatorong.

2. Bahan

Bahan material utama yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Baja AISI 1045.

Baja AISI 1045 Baja ini akan digunakan sebagai spesimen untuk pengujian tarik dan *impact*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil eksperimen setelah dilakukan pengelasan GMAW, baik dengan menggunakan gas pelindung maupun tanpa gas pelindung.

Tabel 6. Komposisi kimia baja AISI 1045 (*SeAH Besteel Corp*, 2018).

Unsur	Jumlah Kandungan
Carbon (C)	0,45%
Iron (Fe)	98,65%
Mangan(Mn)	0,80%
Phosphor(P)	0,030%
Sulfur (S)	0,035%

Adapun sifat mekanik dari baja AISI 1045 adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Sifat mekanis baja AISI 1045 (*SeAH Besteel Corp*, 2018).

<i>Tensile Strength</i>	<i>Yield Strength</i>	Modulus Elastisitas	<i>Hardness, Brinell</i>	<i>Hardness, Vickers</i>
585 MPa	569 MPa	200 Gpa	167 BHN	170 VHN

2. Kawat Las

Kawat las digunakan untuk pengisian cela sambungan Baja AISI 1045 yang sudah di kampuh dan takikan, kawat las berdiameter 1mm AWS ER70S-6.

Tabel 8. Spesifikasi kawat las AWS ER70S-6.

Data	Spesifikasi
Model	ER70S-6
Merk	Sanzhong
Negara asal	China
Standar Internasional	ISO, CE, DB
Berat	1 kg/roll
Ukuran	1 mm



Gambar 13. Kawat Las.

3. Gas CO₂

Gas CO₂ digunakan untuk varisi campuran pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG).



Gambar 14. Gas CO2.

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

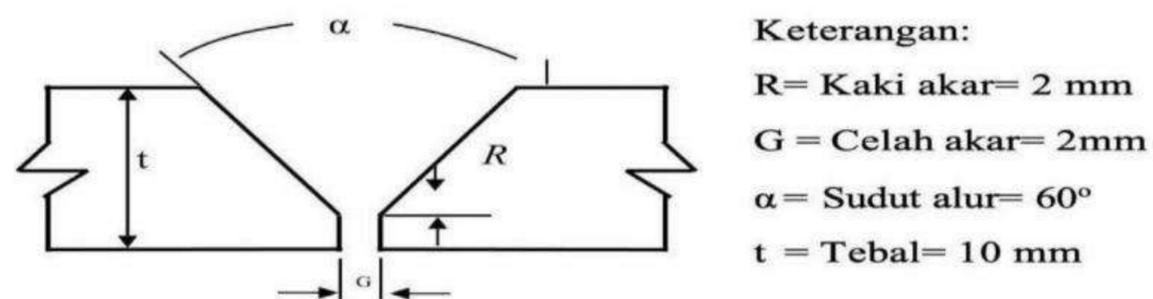
1. Preparasi bahan

a. Pemotongan bahan

Bahan yang digunakan adalah plat baja dalam bentuk lembaran. Dengan benda uji tarik dimensinya adalah $P = 200\text{mm}$, $L = 65\text{ mm}$, dan $T = 4\text{ mm}$. Selanjutnya untuk benda uji *impact* dengan $P = 100\text{ mm}$, $L = 65\text{ mm}$, dan $T = 10\text{ mm}$. Untuk membuat benda uji untuk pengujian tarik dan *impact*, bahan yang dipotong harus berukuran sesuai dengan kapasitas mesin uji.

b. Pembuatan kampuh

Sebelum dilakukan pengelasan, dilakukan pembuatan bevel terlebih dahulu dilakukan pembentukan kampuh V tunggal dengan kemiringan sudut 60° .



Gambar 15. Sketsa pembuatan bevel.

2. Proses Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW)

Dalam studi ini, teknik pengelasan yang digunakan adalah *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) atau *Metal Inert Gas* (MIG). Untuk memastikan kualitas pengelasan, permukaan logam dasar harus dibersihkan dari segala

kontaminan seperti debu, minyak, karat, dan air sebelum proses pengelasan dimulai. Pengelasan baja dilakukan dengan metode MIG menggunakan dua variasi:

- a. Pengelasan dengan gas pelindung CO₂, menggunakan arus 100 *Ampere*.
- b. Pengelasan tanpa gas pelindung dengan arus 100 *Ampere*.

Proses pengelasan GMAW dengan gas pelindung CO₂ meliputi:

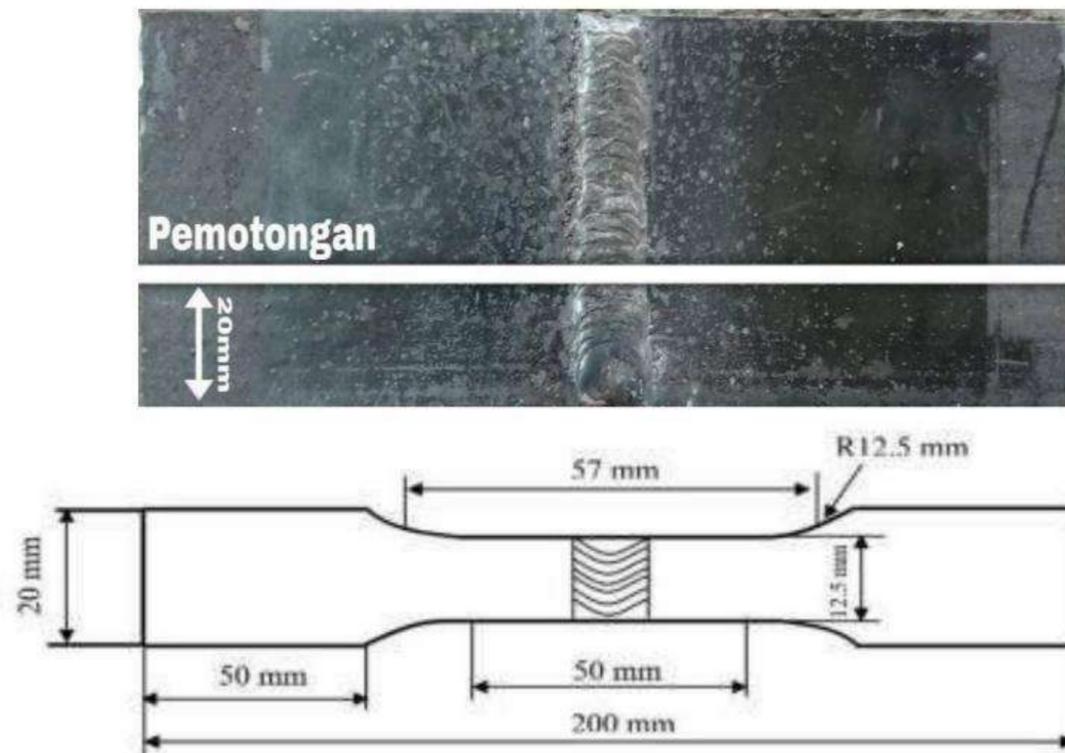
- a. Pengelasan GMAW dengan gas pelindung CO₂
 1. Persiapan spesimen dengan membersihkan permukaan dari kotoran, karat, dan minyak.
 2. Mesin las GMAW, kawat las GMAW, gas pelindung CO₂, dan aksesoris las termasuk kaca mata pengaman, helm pelindung wajah dan sarung tangan harus disiapkan.
 3. Penggunaan mesin las GMAW sebaiknya disesuaikan dengan ukuran dan tebal bahan yang akan dilas dan jenis kawat las yang di gunakan. Selain itu, pastikan tekanan amper gas pelindung CO₂ sesuai dengan jenis material yang akan dilas.
 4. Setelah kawat las dimasukkan ke dalam mesin, ubah parameter nya sesuai dengan jenis kawat yang digunakan.
 5. Gunakan alat pemotong listrik atau baut las sebagai sumber panas tersendiri untuk menyiapkan lokasi pengelasan.
 6. Membuat busur listrik pada pengelasan antara kawat las dan bahan yang akan dilas untuk menyelesaikan proses pengelasan.
 7. Pengelasan harus diperhatikan dengan cermat selama proses berlangsung. Pastikan busur listrik tetap terjaga dan gas pelindung CO₂ mengalir dengan bebas tanpa hambatan.
 8. Setelah pengelasan selesai, matikan dan turunkan amper seperti awal dan biarkan hasil pengelasan menjadi dingin dalam suhu ruangan.
 9. Verifikasi kualitas lasan dengan memeriksanya dengan melihat visual hasil akhir.
- b. Pengelasan GMAW tanpa gas pelindung
 1. Identifikasi bahan Baja AISI 1045 yang akan digunakan.

2. Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
3. Mesin las GMAW dengan setelan amper yang sesuai.
4. Kirim kawat las ke mesin las.
5. Pemantauan seluruh proses dilakukan untuk memastikan hasil yang berkualitas rendah. Asumsikan harga jual masih turun.
6. Setelah menyelesaikan tugas, tandai kertas tersebut dan tuliskan hasilnya dan pishkan yang menggunakan gas dan tanpa gas.

3. Pembuatan Spesimen Uji

a. Spesimen uji tarik.

Spesimen uji tarik yang memenuhi standar dibuat berikutnya, setelah selesainya prosedur pengelasan. Pembuatan spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E-8 setelah pengelasan. Gambar 16 menunjukkan gambar dimensi dari spesimen uji tarik.

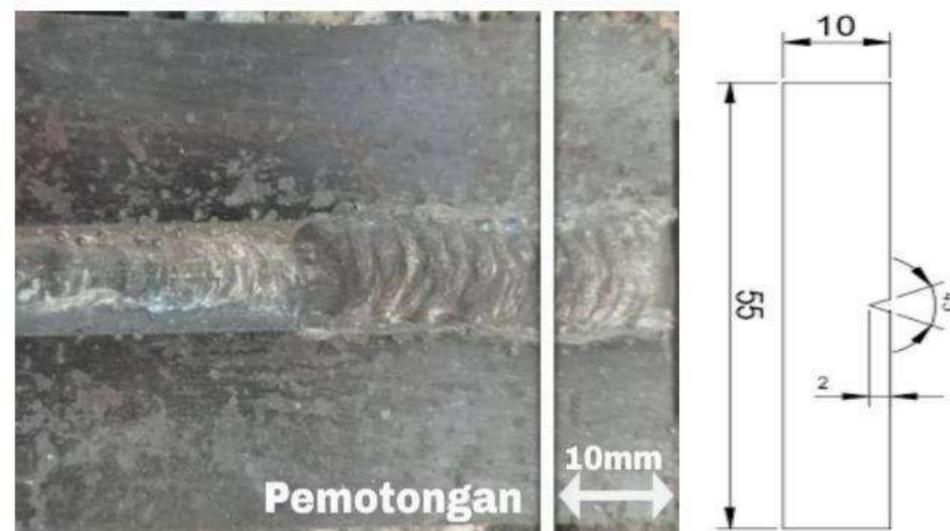


Gambar 16. Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E-8.

L: 200 mm. R: 12,5 mm. W: 12,5 mm.
 T: 4 mm. C: 20 mm. B: 50 mm.

b. Spesimen Uji *Impact*

Pembuatan spesimen uji *impact* sesuai standar ASTM E-23. Gambar 17 menunjukkan gambar dimensi dari spesimen uji *impact*.



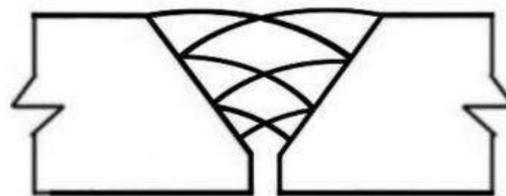
Gambar 17. Spesimen Uji *Impact* Standar ASTM E-23.

4. Pembentukan Baja AISI 1045

Menyiapkan baja AISI 1045, Proses pemotongan spesimen baja AISI 1045 menggunakan mesin grinda potong yang sebelumnya baja sudah diukur, yang ukurannya panjang 200 mm, lebar 65 mm, yang dipotong dua bahan proses pengelasan yang menggunakan gas CO₂ dan yang tidak. Kemudian membuat kampuh V yang masing-masing kemiringan 30 derajat dan takikkan sebelum masuk ke proses pengelasan. Kemudian masuk ke proses pengujian uji tarik, uji *impact*, dan uji visual.

5. Proses Pengelasan

Persiapan material yang sudah di kampuh V dan diberi takikan, dan pengelasan dilakukan enam layer pengisian di sisi kampuh V dan takikan sambungan. Proses pengelasan yang menggunakan gas CO₂ dan yang tidak menggunakan gas. Pada gambar 18 menunjukkan skema pengelasan enam layer.



Gambar 18. Skema pengelasan enam layer.

6. Proses *Welding Procedur Specification (WPS)*

Proses pembuatan *Welding Procedur Specification (WPS)* dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Mengidentifikasi proyek yang akan dilakukan yaitu dengan menggunakan pengelasan GMAW dengan tiga layer pengisian di sisi kampuh V dan takikan sambungan, material yang digunakan Baja AISI 1045 yang sudah di kampuh V dan diberi takikan.
2. Menentukan parameter pengelasan berdasarkan kondisi kerja. Jenis elektroda yang digunakan type AWS ER70S-6 dengan diameter kawat las 1 mm. Posisi pengelasan dengan posisi datar atau 1G.
3. Melakukan pengujian percobaan pengelasan yang tujuannya untuk mengevaluasi kualitas sambungan pengelasan dan mengidentifikasi potensi perbaikan.
4. Mencatat semua hasil pengujian yang telah dilakukan pada format *Welding Procedur Specification (WPS)*.

7. Pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik yaitu untuk mengetahui kekuatan tarik baja AISI 1045. Uji impak yaitu untuk mengevaluasi kecenderungan logam terhadap patah getas. Dan uji visual yaitu untuk mendeteksi cacat mikroskopik atau cacat permukaan besar.

A. Uji Tarik (*Tensile*)

Prosedur uji tarik sesuai standar ASTM E-8:

- a. Menyiapkan spesimen uji yang telah dilas dan dibentuk sesuai standar.
- b. Memasang spesimen pada alat pencekam grip di upper cross head dan memastikan pencekaman kuat.
- c. Melakukan pengujian.
- d. Mengamati perubahan beban hingga terdengar suara patahan atau spesimen putus.
- e. Setelah pengujian selesai, melepas spesimen dan melanjutkan dengan spesimen berikutnya hingga semua pengujian selesai.

Tabel 9. Contoh Tabel Data Hasil Kekuatan Pengujian Tarik.

Arus	Jenis Gas	Spesimen	Kekuatan Tarik (Mpa)	Rata-rata Kekuatan Tarik (Mpa)
100 A	Gas CO ₂	1		
		2		
		3		
	Tanpa Gas	1		
		2		
		3		

B. Uji *Impact*.

Pengujian impact dilakukan sesuai standar ASTM E-23, dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Kalibrasi alat uji impact untuk meminimalkan kesalahan perhitungan.
- b. Penempatan spesimen pada alat uji.
- c. Pengangkatan pendulum mesin uji impact.
- d. Pelepasan tuas mesin uji impact.
- e. Identifikasi jenis perpatahan yang terjadi.
- f. Perhitungan hasil impact dari pengujian.

Tabel 10. Contoh Tabel Data Hasil Kekuatan Pengujian *Impact*.

Jenis Gas	Spesimen	Luas A (mm ²)	Energi E (Joule)	Rata-rata Energi (Joule)	Harga <i>Impact</i> (Joule/mm ²)
Gas CO ₂	1				
	2				
	3				
Tanpa Gas	1				
	2				
	3				

C. Uji Visual

Pengujian visual dilaksanakan berdasarkan standar ISO 17637:

1. Pencahayaan:

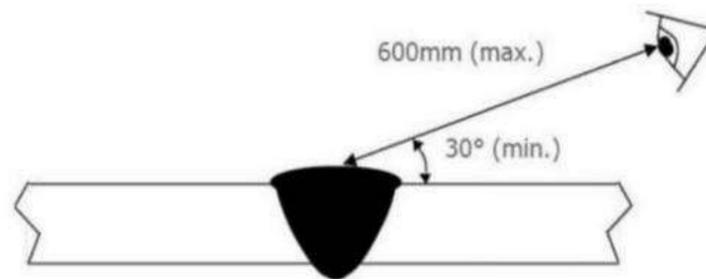
- a. Minimum yang dibutuhkan 350 lux.

- b. Rekomendasi 500 lux (setara pencahayaan normal *workshop*).
- c. Pengukuran tingkat pencahayaan menggunakan lux meter.

2. Posisi inspeksi

- a. Jarak maksimal mata dari permukaan las 600 mm.
- b. Sudut pengamatan 30 derajat.

Prosedur ini memastikan konsistensi dan keakuratan dalam pelaksanaan uji impak dan uji visual, yang penting untuk evaluasi kualitas pengelasan. Melakukan pengujian visual berdasarkan standar ISO 17637 minimal pencahayaan yang dibutuhkan untuk melaksanakan pengujian visual adalah 350 lux. Akan tetapi, cahaya yang direkomendasikan adalah 500 lux seperti pencahayaan normal seperti di *workshop*. Untuk mengukur tingkat pencahayaan dengan menggunakan *lux meter*.



Gambar 19. Pengambilan Uji Visual.

Tabel 11. Contoh tabel data hasil visual spesimen tarik.

Spesimen	Jenis cacat	Penyebab	Ilustrasi
Dengan Gas CO ₂			
Tanpa Gas CO ₂			

Tabel 12. Contoh tabel data hasil uji visual spesimen *impact*.

Spesimen	Jenis cacat	Penyebab	Ilustrasi
Dengan Gas CO ₂			
Tanpa Gas CO ₂			

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) pada baja AISI 1045 dengan dua kondisi yaitu dengan menggunakan gas pelindung CO₂ dan tanpa gas pelindung. Pengamatan visual menunjukkan adanya cacat las pada hasil pengelasan yaitu jenis cacat las *undercut* dan cacat las *spatter*.
2. Perbedaan hasil dari kekuatan tarik yang di uji pada spesimen baja AISI 1045 dengan variasi campuran gas pelindung CO₂ menunjukkan hasil nilai stabil dengan hasil rata-rata kekuatan tarik yaitu 688,8 Mpa. Adapun hasil pengujian tarik yang dilakukan pada spesimen baja AISI 1045 tanpa variasi campuran gas pelindung menghasilkan nilai kekuatan tarik yang tidak stabil dengan rata-rata hasil 555,7 Mpa, Maka dari itu hasil perbandingan nilai pengujian tarik pada baja AISI 1045 dengan variasi campuran gas CO₂ dan tanpa menggunakan campuran gas pelindung, menunjukkan lebih baik menggunakan campuran gas pelindung CO₂ dari pada tanpa campuran gas pelindung. Pada pengujian uji *impact* yang dilakukan perbandingan nilai ketangguhan. Sehingga menghasilkan nilai rata-rata dengan variasi gas CO₂ adalah 13,3 *joule* dengan nilai ketangguhannya adalah sebesar 0,1916 J/mm². Sedangkan nilai dari rata-rata energi *impact* yang diperoleh dari hasil pengelasan tanpa campuran gas pelindung adalah 16,33 *joule* dengan nilai ketangguhan adalah sebesar 0.2041 J/mm². Maka dari itu hasil perbandingan nilai pengujian uji *impact* pada baja AISI 1045 dengan variasi campuran gas CO₂ dan tanpa menggunakan gas pelindung menunjukkan lebih baik baja AISI 1045 yang tidak menggunakan campuran gas pelindung.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian ini maupun pengembangan penelitian ini untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Pada saat proses pembuatan atau pemotongan spesimen harus lebih presisi dan sesuai ukuran kapasitas mesin uji, agar proses pengujian spesimen menunjukkan hasil yang didapat maksimal.
2. Untuk variasi gas dan bentuk spesimen uji ada baiknya menggunakan gas yang belum diujikan, dan variasi bentuk baja lebih beragam bentuknya.
3. Pada saat tahapan pengelasan sebaiknya dilakukan dengan lebih baik agar tidak terjadinya cacat las.
4. Menggunakan arus pengelasan yang berbeda dari peneliti sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alip, Muhammad. 1989. *Teori dan Praktik Las*. Jakarta: Proyek pengembangan lembaga pendidikan tenaga kependidikan Jakarta.
- Amanto, H dan Daryanto. 1999. *Ilmu Bahan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Avner, H, S. 1974. *Pengantar Fisik Metalurgi*. edisi ke-2, New York; Edisi Internasional McGraw-Hill.
- Bakhori, Ahmad. 2021. Analisa Cacat Hasil Pengelasan Pada Baja Karbon Rendah Terhadap Pengaruh Masukan Panas Las. *Jurnal Semnastek UISU*. Universitas Islam Sumatera Utara. Medan.
- Daryanto. 2012. *Teknik Las*. Desember. Cetakan Pertama. CV Alfabeta. Bandung.
- Eko Hendry, Y. S. 2011. Pengaruh Kuat Arus dan Campuran gas Argon-CO₂ Pada pengelasan GMAW Terhadap kekuatan Tarik dan *Impact* Pada Baja Karbon Medium Fasa Ganda. *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Brawijaya*. Malang.
- Handoyo, Yopi. 2013. Perancangan Alat Uji *Impact* Metode *Charpy* Kapasitas 100 Joule. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 1 No. 2*, Universitas Islam 45. Bekasi.
- Ikhsan, B, N. 2021. Pengaruh Variasi Arus Busur Listrik Pengelasan GMAW Terhadap Kekuatan Impak Pada Baja Karbon Rendah ST 37. *Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung*. Bangka Belitung.
- Irwansyah. 2019. Deteksi Cacat Pada Material Dengan Teknik Pengujian Tidak Merusak. *Lensa – Volume 2 No. 4 ISSN: 0854-7904*.
- Junus, S. 2011. Pengaruh Besar Aliran Gas Terhadap Cacat Porositas Dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan MIG Pada Paduan Alumunium 5083. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Jember*. Jember.
- Maulana, Deni. 2017. *Karakterisasi Pengelasan Dissimilar Baja AISI 1045 Dan AISI 4140 Dengan Metode Friction Welding*. Universitas Jember.
- Nasrul.Y. L.M., H. Qolik S.A. 2016. Pengaruh variasi arus las SMAW terhadap kekerasan dan kekuatan tarik sambungan dissimilar stainless steel 304 dan st 37. *Jurnal Teknik Mesin, Universitas Negeri Malang (1)*, 1-12.

- Pareke S, Muchsin A.H, Leonard J. 2014. Pengaruh Pengelasan Logam Berbeda (AISI 1045) Dengan (AISI 316L) Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. *Sains dan teknologi*, 3(2), 191–198.
- Pratiknyo, Yuwono Budi, ST, Ir. Susila Candra, MT. 2004. Metode Pengukuran Tegangan Dan Regangan Menggunakan CAD/CAM/CAE Software; Study Komparasi Dengan *Universal Testing Machine*. Seminar Nasional Otomasi II ISBN: 979-98176-1-7.
- Safrisal, Mochammad Detta Rizky. 2016. Analisa Pengaruh Pengelasan GMAW Terhadap Perubahan Distorsi Pada Aluminium Dengan Variasi Variabel *Heat Input*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Saifuddin A. Jalil, Z. T. 2017. Analisa Kekuatan Impak Pada Penyambungan Pengelasan SMAW Material ASSAB 705 Dengan Variasi Arus Pengelasan. *Jurnal Polimesin Politeknik Negeri Lhokseumawe*. Banda Aceh.
- Saputra, A.A. 2017. Analisis Pengelasan Friction Welding Magnesium AZ31 Menggunakan Aplikasi Thermografi. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Siswanto, Rudy. 2018. Buku Ajar Teknologi Pengelasan HMKB791. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.
- Wirjosumarto, Harsono dan Okumura Toshie. 2004, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wulandari, A. 2011. *Studi Ketahanan Korosi H2 Pada Baja Karbon Rendah Yang Mengalami Canai Hangat 600°C*. Skripsi. Jurusan Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok. Jawa Barat.
- Yunus, M. 2015. Pengaruh Perlakuan Quenching – Tempering Terhadap Kekuatan *Impact* Pada Baja Karbon Sedang. UPT.Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI. Lampung.
- Yusup, Muhammad. 2020. Analisa Pengaruh Hardening Baja AISI 1045 Terhadap Perubahan Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan. Universitas Tridianti Palembang. Palembang.