

**PENGARUH VARIASI PENDINGINAN PADA SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN GMAW BAJA ST 37**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi

Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Mesin

Jenjang Strata Satu (S1)

Oleh:

**ADE HARTONI**

**NPM. 6420600064**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL**

**2024**

# LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pengaruh Variasi Pendinginan Pada Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GMAW Baja ST 37

Nama : Ade Hartoni

NPM : 6420600064

Skripsi telah disetujui untuk diujikan :

Hari :

Tanggal :

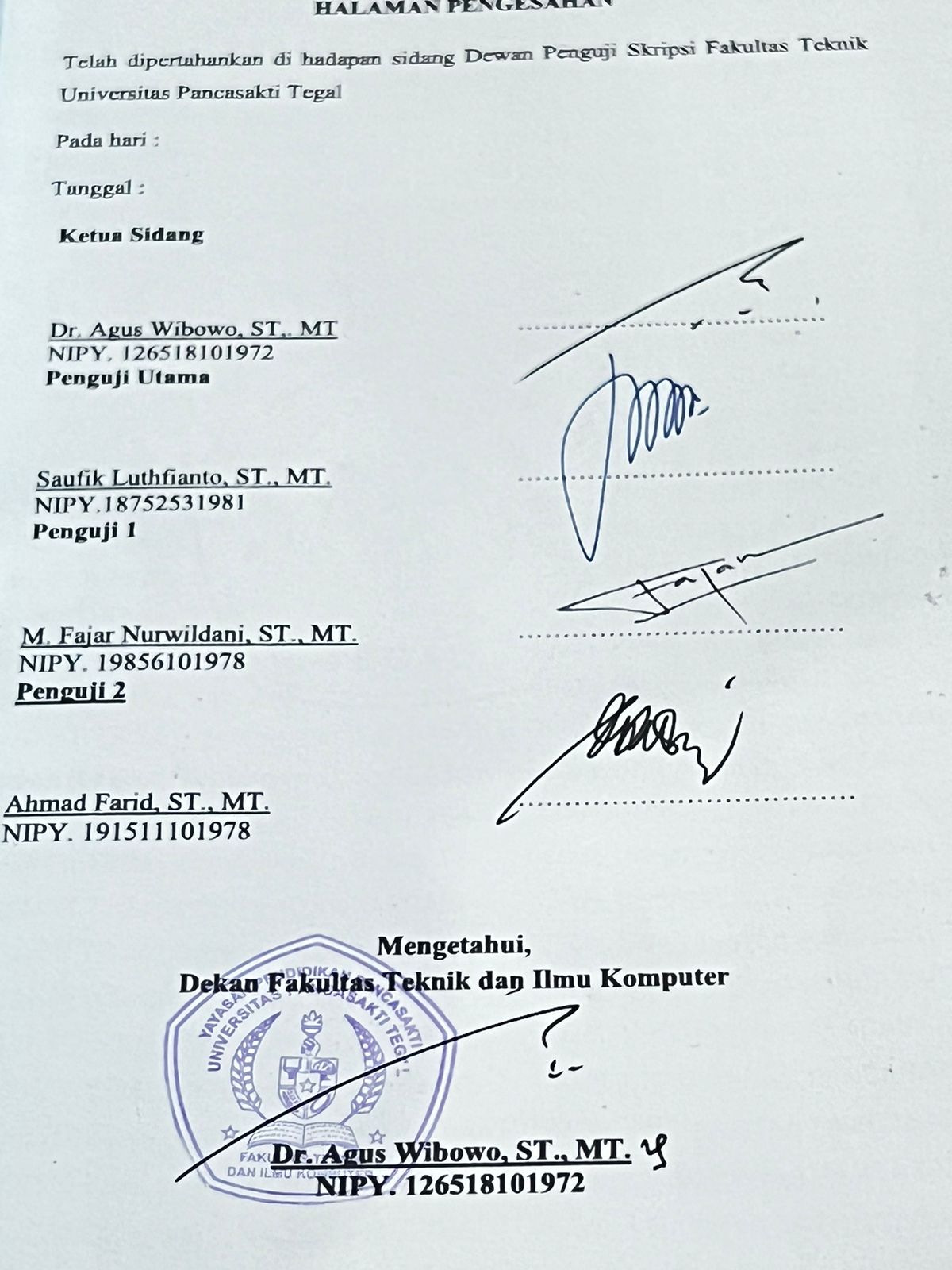
|  |  |
| --- | --- |
| Pembimbing I | Pembimbing II |
|  |  |
| **(Rusnoto, ST., M.Eng)**  NIPY. 14054121974 | **(Irfan Santosa, ST., MT)**  NIPY. 124521611980 |

# HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal

Pada hari : Jumat

Tanggal : 19 Juli 2024



|  |  |
| --- | --- |
| **Ketua Penguji :**  **Teguh Haris Santoso, ST., MT.**  NIPY. 2466451973 | (……………………………………) |
| **Penguji Utama :**  **Hadi Wibowo, ST., MT.**  NIPY. 20651641971 | (……………………………………) |
| **Penguji 1**  **Rusnoto, ST., M. Eng.**  NIPY. 14054121974 | (……………………………………) |
| **Penguji 2**  **Irfan Santosa, ST., MT.**  NIPY. 124521611980 | (……………………………………) |

# HALAMAN PERNYATAAN

Dalam penulisan skripsi ini saya tidak melakukam penjiplakan dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “PENGARUH VARIASI PADA SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN GMAW BAJA ST 37”ini dan seluruh isinya adalah benar benar karya sendiri, atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan sebagaimana mestinya.

Demikian pernyataan ini untuk dijadikan sebagai pedoman bagi yang berkepentingan dan saya siap menanggung segala resiko dan sanksi yang diberikan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya tulis ini, atau adanya klaim atas karya tulis ini.

 Tegal, 25 Juli 2024

Ade Hartoni

NPM. 6420600064

# MOTTO DAN PERSEMBAHAN

**MOTTO**

1. Manusia boleh berencana, tapi akhirnya saldo juga yang menentukan.
2. Perjuangan meraih mimpi adalah hal manis yang akan dikenang saat tercapai.
3. Segala pekerjaan bisa diselesaikan dengan mudah apabila dikerjakan tanpa bermalas-malasan.
4. Tidak perlu khawatir akan bagaimana alur cerita pada jalan ini, perankan saja, Tuhan ialah sebaik-baiknya sutradara.
5. Tidak pernah ada kata terlambat untuk menjadi apa yang kamu impikan.

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Kepada Allah SWT. Yang selalu memberikan Rahmat dan hidayahnya kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua saya Bapak Wasud dan Ibu Tri`ah tercinta, terimakasih atas doa, semangat, motivasi, pengorbanan, nasihat serta kasih sayang yang tidak pernah henti sampai saat ini.
3. Kedua kakak saya (Mas Sutarno dan Mas Ahepi Purnawan) yang telah memberikan semangat, dukungan dan semoga kita semua menjadi anak yang membahagiakan kedua orang tua.
4. Bapak Rusnoto, ST., M.Eng. Selaku dosen pembimbing I dan Irfan Santosa, ST., MT. Selaku dosen pembimbing II yang senantiasa membimbing saya hingga skripsi ini dapat selesai sebagaimana mestinya.
5. Bapak Hadi Wibowo, ST., MT. selaku kepala program studi Teknik Mesin yang juga selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada saya.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Mesin dan juga segenap karyawan dan dosen di FTIK Universitas Panccasakti Tegal.
7. Teman-teman seperjuangan dalam pembuatan skripsi ini baik di kampus dan di rumah, teman-teman yang susah dan senang bersama dan mereka yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada saya.
8. Pembaca yang budiman.

# KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, penulis merasa bersyukur karena telah berhasil menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Pendinginan Pada Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GMAW Baja ST 37”. Penyusunan skripsi ini merupakan bagian dari upaya untuk memenuhi persyaratan dalam rangka menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Program Studi Teknik Mesin.

Dalam penyusunan dan penulisan skripisi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST., MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
2. Bapak Rusnoto, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Irfan Santosa, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II.
4. Segenap Dosen dan Staf Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
5. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa dan dukungan moral serta materi selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Teman-teman baik di kampus maupun di rumah yang turut membantu dan memberi dukungan dalam proses penyusunan skripsi ini.
7. Semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, semoga bantuan dan panduan yang telah diberikan mendapat balasan yang sesuai dari Allah SWT.

Penulis telah mencoba membuat laporan sesempurna mungkin sesuai kemampuan penulis, namun demikian mungkin ada kekurangan yang tidak terlihat oleh penulis untuk itu mohon masukan untuk kebaikan dan pemaafnya. Harapan penulis, semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Tegal, 09 Januari 2024

Penulis

(Ade Hartoni)

# ABSTRAK

Ade Hartoni, 2024 “Pengaruh Variasi Pendinginan Pada Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GMAW Baja ST 37” Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal 2024.

Dalam dunia industri tentunya sudah tidak asing lagi dengan penggunaan las jenis GMAW atau las busur logam las, dalam penggunaan las GMAW tentunya terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan contohnya saja seperti pemilihan penggunaan pendinginan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari variasi pendingin air mineral, coolant, dan oli mesran SAE 40 terhadap kekuatan tarik, kekuatan lengkung dan kekerasan pengelasan GMAW pada baja ST 37.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen langsung. Penelitian ini menggunakan bahan plat baja ST 37 dengan jenis las yang digunakan adalah las GMAW yang kemudian dilakukan perlakuan pendinginan setelah pengelasan dengan variasi menggunakan media pendinginan air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, oli mesran SAE 40, dan kemudian dilakukan pengujian tarik, pengujian *bending,* dan pengujian kekerasan. Nilai rata-rata dari pengujian tarik tertinggi pada pendingin *coolant* 30% *concentrate* sebesar 268,58 N/mm2, nilai rata-rata tertinggi pada pengujian *bending* adalah pada pendingin *coolant* 30% *concentrate* sebesar 249,28 N/mm2 dan pada pengujian kekerasan tertinggi terletak pada pendingin air mineral sebesar 178,7 HV.

Kata kunci : Pengelasan GMAW, Pengaruh Media pendingin, Tarik, Lengkung, Kekerasan, Baja ST 37.

# ABSTRACT

Ade Hartoni, 2024 “The Effect of Cooling Variations on the Mechanical Properties of GMAW Welding Results of ST 37 Steel” Thesis, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Computer Science, Pancasakti University Tegal 2024.

In the industrial world, of course, it is familiar with the use of GMAW welding or metal arc welding, in the use of GMAW welding, of course, there are several factors that can affect the welding results, for example, such as the selection of the use of cooling. The purpose of this study was to determine the effect of variations in mineral water coolant, coolant, and SAE 40 mesran oil on tensile strength, bend strength and hardness of GMAW welding on ST 37 steel.

The research method used in this research is direct experimental method. This research uses ST 37 steel plate material with the type of welding used is GMAW welding which is then carried out cooling treatment after welding with variations using mineral water cooling media, 30% concentrate coolant, SAE 40 mesran oil, and then tensile testing, bending testing, and hardness testing. The average value of tensile testing is highest in 30% concentrate coolant of 268.58 N/mm2, the highest average value in bending testing is in 30% concentrate coolant of 249.28 N/mm2 and the highest hardness test is located in mineral water coolant of 178.7 HV.

Keywords : GMAW welding, influence of cooling media, tensile, bending, hardness, ST 37 steel.

# DAFTAR ISI

[LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI i](#_Toc172625584)

[HALAMAN PENGESAHAN ii](#_Toc172625585)

[HALAMAN PERNYATAAN iii](#_Toc172625586)

[MOTTO DAN PERSEMBAHAN iv](#_Toc172625587)

[KATA PENGANTAR vi](#_Toc172625588)

[ABSTRAK viii](#_Toc172625589)

[ABSTRACT ix](#_Toc172625590)

[DAFTAR ISI x](#_Toc172625591)

[DAFTAR GAMBAR xii](#_Toc172625592)

[DAFTAR TABEL xiii](#_Toc172625593)

[LAMBANG DAN SINGKATAN xiv](#_Toc172625594)

[BAB I PENDAHULUAN 1](#_Toc172625595)

[A. Latar Belakang 1](#_Toc172625596)

[B. Batasan Masalah 2](#_Toc172625597)

[C. Rumusan Masalah 3](#_Toc172625598)

[D. Tujuan Penelitian 4](#_Toc172625599)

[E. Manfaat Penelitian 4](#_Toc172625600)

[F. Sistematika Penulisan 5](#_Toc172625601)

[BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA 7](#_Toc172625602)

[A. Landasan Teori 7](#_Toc172625603)

[1. Pengelasan (*welding*) 7](#_Toc172625604)

[2. Baja Karbon 12](#_Toc172625605)

[3. Baja ST 37 14](#_Toc172625606)

[4. Kerangka Mesin *Press* Hidrolik 15](#_Toc172625607)

[5. Pendinginan 16](#_Toc172625608)

[6. Pengujian Tarik 18](#_Toc172625609)

[7. Pengujian Tekan 19](#_Toc172625610)

[8. Pengujian Kekerasan 20](#_Toc172625611)

[B. Tinjauan Pustaka 22](#_Toc172625612)

[BAB III METODE PENELITIAN 29](#_Toc172625613)

[A. Metode Penelitian 29](#_Toc172625614)

[B. Waktu dan Tempat Penelitian 30](#_Toc172625615)

[C. Variabel penelitian / fenomena yang diamati 31](#_Toc172625616)

[D. Peralatan penelitian dan rancangan pengujian 32](#_Toc172625617)

[E. Metode pengumpulan data 35](#_Toc172625618)

[F. Analisis data 36](#_Toc172625619)

[G. Diagram alir penelitian 41](#_Toc172625620)

[BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 42](#_Toc172625621)

[A. Hasil Penelitian 42](#_Toc172625622)

[1. Pengujian komposisi dari Baja ST 37 42](#_Toc172625623)

[2. Pengujian Tarik 43](#_Toc172625624)

[3. Pengujian *Bending* 46](#_Toc172625625)

[4. Pengujian Kekerasan *Vickers* 50](#_Toc172625626)

[B. PEMBAHASAN 55](#_Toc172625627)

[BAB V PENUTUP 58](#_Toc172625628)

[A. Kesimpulan 58](#_Toc172625629)

[B. Saran 59](#_Toc172625630)

[DAFTAR PUSTAKA 60](#_Toc172625631)

[LAMPIRAN 63](#_Toc172625632)

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 2. 1 Las SMAW dan Elektroda Terbungkus 8](#_Toc168483933)

[Gambar 2. 2 Pengelasan GTAW 9](#_Toc168483934)

[Gambar 2. 3 Pengelasan GMAW 11](#_Toc168483935)

[Gambar 2. 4 Jenis Kampuh 11](#_Toc168483936)

[Gambar 2. 5 Diagram Fasa 15](#_Toc168483937)

[Gambar 2. 6 Uji Tarik 18](#_Toc168483938)

[Gambar 3. 1 Kampuh V 33](#_Toc168685765)

[Gambar 3. 2 Spesimen pengujian tarik 34](#_Toc168685766)

[Gambar 3. 3 Spesimen pengujian lengkung/tekan 34](#_Toc168685767)

[Gambar 3. 4 Spesimen pengujian kekerasan *Vickers* 35](#_Toc168685768)

[Gambar 4. 1 Diagram pengujian tarik 45](#_Toc171421774)

[Gambar 4. 2 Spesimen hasil pengujian tarik tidak homogen / tidak menyatu 45](#_Toc171421775)

[Gambar 4. 3 Diagram pengujian *bending* 48](#_Toc171421776)

[Gambar 4. 4 Spesimen hasil pengujian *bending* 49](#_Toc171421777)

[Gambar 4. 5 Diagram pengujian kekerasan 53](#_Toc171421778)

[Gambar 4. 6 Spesimen hasil pengujian kekerasan 54](#_Toc171421779)

# DAFTAR TABEL

[Tabel 2. 1 Gas Pelindung Elektroda GMAW 11](#_Toc168684949)

[Tabel 2. 2 Dimensi Kampuh 12](#_Toc168684950)

[Tabel 2. 3 Parameter Pengelasan GMAW 12](#_Toc168684951)

[Tabel 3. 1 Rencana Jadwal Penelitian 30](#_Toc168684952)

[Tabel 3. 2 Lembar Pengujian Tarik 38](#_Toc168684953)

[Tabel 3. 3 Lembar Pengujian *Bending* 39](#_Toc168684954)

[Tabel 3. 4 Lembar Pengujian Kekerasan *Vickers* 40](#_Toc168684955)

[Tabel 4. 1 Pengujian Komposisi Baja ST 37 42](#_Toc170193669)

[Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Tarik 43](#_Toc170193670)

[Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Bending / Lengkung 47](#_Toc170193671)

[Tabel 4. 4 Pengujian kekerasan Vickers 50](#_Toc170193672)

# LAMBANG DAN SINGKATAN

Fmax = Kekuatan tarik max (N)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (mm)

= panjang awal (mm)

ε = Regangan (%)

= Perpanjangan (mm)

= Panjang awal (mm)

T = Tebal (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

P = Beban yang digunakan (Kgf)

L = Jarak tumpuan (mm)

d = Ketebalan benda uji (mm)

= Sudut titik indentor

VHN = Hardness Vickers Hardness Number (VHN)

HV = Hardness Vickers

D = Diagonal indentasi jarak (mm)

# BAB I PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Metode menyatukan logam dengan mencairkan sejumlah logam dasar bersama dengan logam pengisi, yang umumnya dikenal sebagai teknik pengelasan, merupakan proses penyambungan dua material yang terdiri dari logam dasar dan logam pengisi, Proses ini dapat dilakukan dengan atau tanpa menerapkan tekanan, dan dapat melibatkan atau tidak melibatkan penambahan logam tambahan. Hasil akhir dari proses ini adalah suatu sambungan yang bersifat terus-menerus (M. diky R, Rusnoto, S, 2018). Selama proses pengelasan, elektroda dan kampuh las logam induk akan mencair. Proses pengelasan mengakibatkan pemanasan lokal yang tinggi, mengakibatkan logam mengalami perluasan dan kontraksi termal saat mengeras. Akibatnya, terjadi tegangan pada daerah las yang kemudian bertahan hingga mencapai suhu normal atau suhu ruangan. Tegangan ini dikenal sebagai tegangan sisa. Apabila tegangan tarik yang masih ada tidak dihilangkan, hal ini dapat menghambat integritas konstruksi las dan berpotensi menyebabkan retak.

Suhu dari zat pendingin memainkan peran kunci dalam mengatur laju pendinginan material yang sedang dilas. Proses *cooling* adalah pilihan untuk menyempurnakan dan meningkatkan sifat mekanis material setelah proses pengelasan, sehingga penting untuk memilih suhu media pendingin yang sesuai guna mencapai struktur *martensit*. Hal ini akan menghasilkan peningkatan kekerasan dan kekuatan tarik pada material tersebut.

Pada pendinginan sebelumnya telah banyak melakukan penelitian salah satunya adalah Saridayat (2021). Dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik, Bending, dan Kekerasan Pengelasan SMAW Baja ST 41”. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Kelvin Rahmat Syah, N. E. (2023) dengan judul “Pengaruh Variasi Pendingin Air dan Oli Terhadap Kekuatan Tarik Pada Pengelasan SMAW Baja ST 37”. Pada penelitian diatas banyak memakai variasi pendingin air, *coolant*, dan oli. Dalam penelitian yang akan dilakukan ini yang membedakan adalah pada jenis pengelasannya dan media pendingin yang digunakan.

Sesuai gambaran masalah yang telah diuraikan, penulis tertarik untuk menyusun penelitian dengan mengambil judul **“Pengaruh Variasi Pendinginan Pada Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GMAW Pada Baja ST 37”.**

## Batasan Masalah

Supaya penelitian sesuai yang direncanakan, maka perlu adanya batasan masalah supaya penelitian ini tidak melebar kearah yang tidak direncanakan, adapun batasan masalahnya yaitu:

1. Menggunakan material baja ST 37.
2. Menggunakan pengelasan GMAW dengan pelindung gas CO2, kuat arus sebesar 120 A dan dengan voltasi 17-19 V, travel speeds 10-20 ipm.
3. Menggunakan pendingin air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, dan oli mesran SAE 40.
4. Elektoda ER70S-6 dan menggunakan diameter 1,2 mm.
5. Proses penyatuan material dengan sambungan kampuh V posisi 1 G.
6. Pengujian yang diterapkan dalam penelitian ini melibatkan pengujian tarik, bending, dan kekerasan.

## Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan sebelumnya, penulis menyusun perumusan masalah yang mencakup:

1. Bagaimana pengaruh variasi pendingin air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, dan oli mesran SAE 40 terhadap kekuatan tekan dari hasil pengelasan GMAW baja ST 37?
2. Bagaimana pengaruh variasi pendingin air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, dan oli mesran SAE 40 terhadap kekuatan tarik dari hasil pengelasan GMAW baja ST 37?
3. Bagaimana pengaruh variasi pendingin air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, dan oli mesran SAE 40 terhadap kekerasan dari hasil pengelasan GMAW baja ST 37?

## Tujuan Penelitian

Dalam konteks riset ini, tujuan yang hendak dicapai adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengevaluasi dampak variasi pendingin pada air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, dan oli mesran SAE 40 terhadap kekuatan tekan hasil pengelasan GMAW pada material baja ST 37.
2. Untuk mengevaluasi dampak variasi pendingin pada air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, dan oli mesran SAE 40 terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan GMAW pada material baja ST 37.
3. Untuk mengevaluasi dampak variasi pendingin pada air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, dan oli mesran SAE 40 terhadap kekerasan hasil pengelasan GMAW pada material baja ST 37.

## Manfaat Penelitian

Manfaat yang diinginkan dari riset tersebut adalah sebagaimana diuraikan dibawah ini:

1. Untuk Mahasiswa

Mendapatkan pemahaman lebih baik tentang proses pengelasan GMAW Baja ST 37 paska dilakukan pendinginan yang terbaik dari tiga variasi pendingin yang berbeda.

1. Untuk Industri

Dapat membantu industri dalam mengoptimalkan proses pengelasan GMAW pada baja ST 37 dengan mempertimbangkan faktor pendinginan. Hasil penelitian dapat memberikan panduan untuk menentukan parameter pengelasan yang optimal.

1. Untuk Akademik

Dapat menjadi dasar untuk membangun kerjasama antara lembaga akademik dan industri. Kolaborasi semacam itu dapat menciptakan peluang untuk proyek bersama, magang mahasiswa, atau pengembangan kurikulum yang lebih relevan.

## Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini, tata cara penulisan diorganisir secara terstruktur dengan rangkaian tindakan sebagai berikut:

1. Permulaan:

Permulaan berisi bagian depan (cover), halaman judul, lembar persetujuan, kata pengantar, daftar isi, dan halaman isi.

1. Bagian isi skripsi terdiri atas:

|  |  |
| --- | --- |
| BAB I | PENDAHULUAN  Bagian ini melibatkan latar belakang, pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penelitian. |
| BAB II | LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA  Bab ini mengulas teori pengelasan secara umum, teori pengujian tarik, bending, dan kekerasan yang diterapkan dalam penelitian. Ini juga mencakup teori-teori yang relevan dan konsep-konsep yang berhubungan dengan topik penelitian sebelumnya. |
| BAB III | METODOLOGI PENELITIAN  Bab ini memaparkan metode penelitian, termasuk pendekatan penilitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, dan diagram alur penelitian. |
| BAB IV | HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN  Hasil ini memuat tentang analisis data-data yang digunakan untuk mencari hasil dari masalah. |
| BAB V | PENUTUP  Bagian akhir ini berisi kesimpulan dari hasil analisis serta saran yang diberikan oleh penulis. |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

# BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

## Landasan Teori

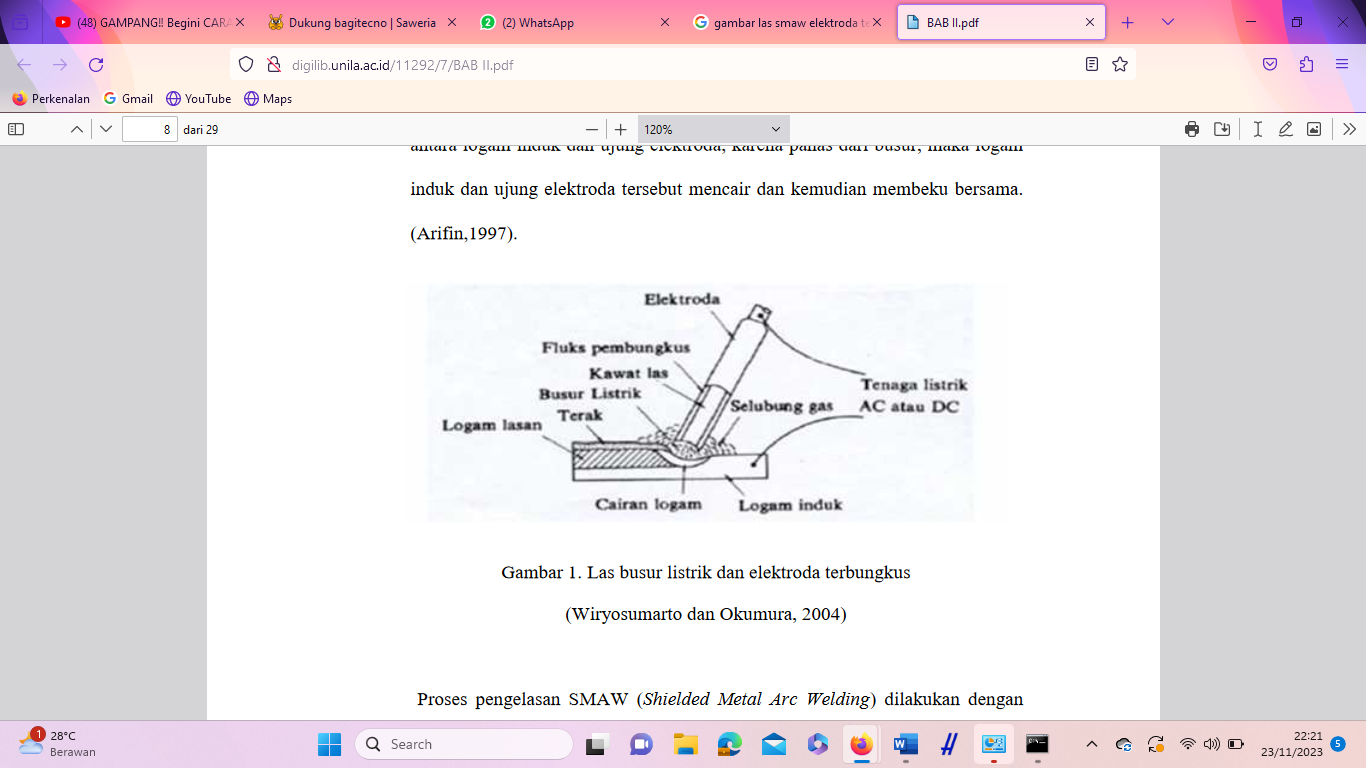
### Pengelasan (*welding*)

Pengelasan yaitu proses menyatukan dua atau lebih bahan logam dengan cara melelehkan atau memanaskan sebagian dari bahan tersebut kemudian membiarkannya mendingin, sehingga terjadi penyambungan permanen. Hal ini dilakukan dengan menggunakan panas tinggi atau tekanan, atau kombinasi keduanya. Pengelasan biasanya melibatkan penggunaan logam tambahan (pengisi) untuk menciptakan hubungan yang kuat di antara bagian-bagian yang dihubungkan. Berdasarkan pengertian DIN (*Deutch Industrie Normen)*, Pengelasan adalah proses metalurgi yang melibatkan penyatuan logam paduan dalam keadaan cair. Jenis *welding* ada beberapa, seperti: SMAW, GTAW, GMAW adalah sebagai berikut:

1. Pengelasan SMAW

Jenis pengelasan ini menjadi favorit atau paling umum digunakan dibandingkan dengan jenis pengelasan lainnya. Mesin las SMAW menyediakan arus AC dan DC dengan rentang antara 30A hingga 300A, serta tegangan sekitar 15-45 Volt. Secara umum, pengelasan SMAW sering diterapkan dalam perbaikan dan proyek lainnya (IS & E, 2015).

Proses pengelasan SMAW melibatkan penyambungan dua logam, serupa atau tidak. Saat elektroda terpasang dan terhubung dengan mesin las serta sumber listrik, didekatkan ke benda kerja, panas busur listrik terjadi. Ini menyebabkan pelelehan logam induk benda kerja dan elektroda secara bersamaan, yang kemudian membeku kembali secara serentak (Wiryosumarto & Okumura, 2000).

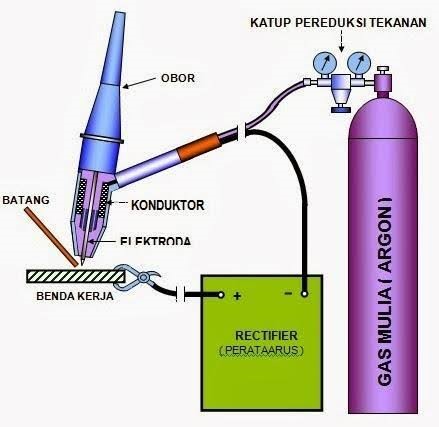


Gambar 2. 1 Las SMAW dan Elektroda Terbungkus

Sumber: (Wiryosumarto, 2008)

1. Pengelasan GTAW

*Gas Tungsten Welding* (GTAW) merupakan metode pengelasan busur listrik dimana elektroda *tungsten* tidak meleleh selama proses berlangsung. Dalam proses pengelasan GTAW, *tungsten* tidak berperan sebagai pembentuk busur ketika bersentuhan dengan benda kerja; sebaliknya, logam pengisi digunakan melalui batang pengisi. Metode ini sering disebut sebagai pengelasan argon karena melibatkan penggunaan gas pelindung argon. GTAW juga sering disebut sebagai TIG (*Tungsten Inert Gas*), dan perbedaan istilah ini biasanya tergantung pada preferensi geografis. Penggunaan umum las GTAW ini terutama dalam pengelasan material seperti aluminium atau *stainless steel*, dimana perlakuan khusus diperlukan selama proses pengelasan.



Gambar 2. 2 Pengelasan GTAW

Sumber: (Sri Widharto, 2013)

1. Pengelasan GMAW

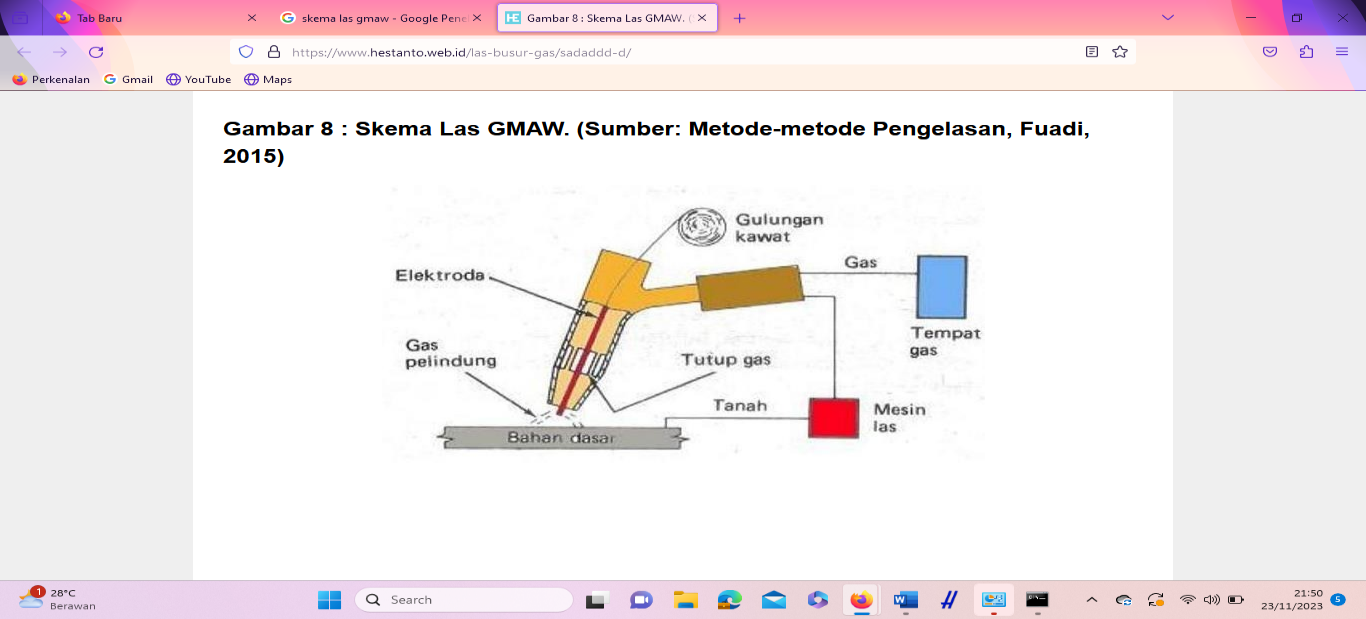
Las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) adalah teknik pengelasan yang memanfaatkan busur listrik untuk melelehkan dan menggabungkan logam. Dalam proses ini, elektroda berupa kawat pengelas otomatis disuplai melalui senar atau kabel. Arus listrik muncul di antara ujung elektroda dan objek kerja, menyebabkan logam di sekitarnya meleleh dan membentuk sambungan pengelasan. Gas pelindung, yang dapat bersifat *inert* seperti argon atau campuran *inert* dan aktif seperti argon-CO2, digunakan untuk melindungi area kerja dan busur dari atmosfer, mencegah oksidasi dan kontaminasi logam yang sedang meleleh. Proses ini sering digunakan dalam industri otomotif, konstruksi, dan manufaktur logam karena kecepatan dan efisiensinya. Las GMAW terbagi menjadi dua antara lain:

1. Las Mig (*Metal Inert Gas*)

Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) adalah metode pengelasan yang menggunakan busur listrik untuk melelehkan dan menggabungkan logam. Proses ini juga dikenal sebagai GMAW (Gas Metal Arc Welding). Dalam proses MIG, logam pengisi yang berupa kawat kontinu digunakan untuk mengisi celah antara dua benda kerja yang akan digabungkan. Gas pelindung, seperti argon atau campuran *gas inert*, digunakan untuk melindungi daerah kerja dari oksigen dan nitrogen yang dapat menyebabkan kontaminasi pada logam cair. Proses ini umumnya digunakan untuk pengelasan baja dan aluminium dalam berbagai aplikasi.

1. Las MAG (*Metal Active Gas*)

Proses pengelasan MAG (*Metal Active Gas*) mirip dengan MIG, tetapi gas pelindung yang digunakan memiliki kandungan aktif, seperti karbon dioksida (CO2) atau campuran argon dengan karbon dioksida. Gas aktif dapat memberikan hasil pengelasan yang lebih dalam dan menawarkan perlindungan yang baik terhadap logam cair. Pengelasan MAG sering digunakan untuk baja, dan beberapa logam ferrous. Berikut adalah gambar proses pengelasan las GMAW.



Gambar 2. 3 Pengelasan GMAW

Sumber: (Sri Widharto, 2013)

Standarisasi pengelasan GMAW AWS D1.1/D1.1M antara lain:

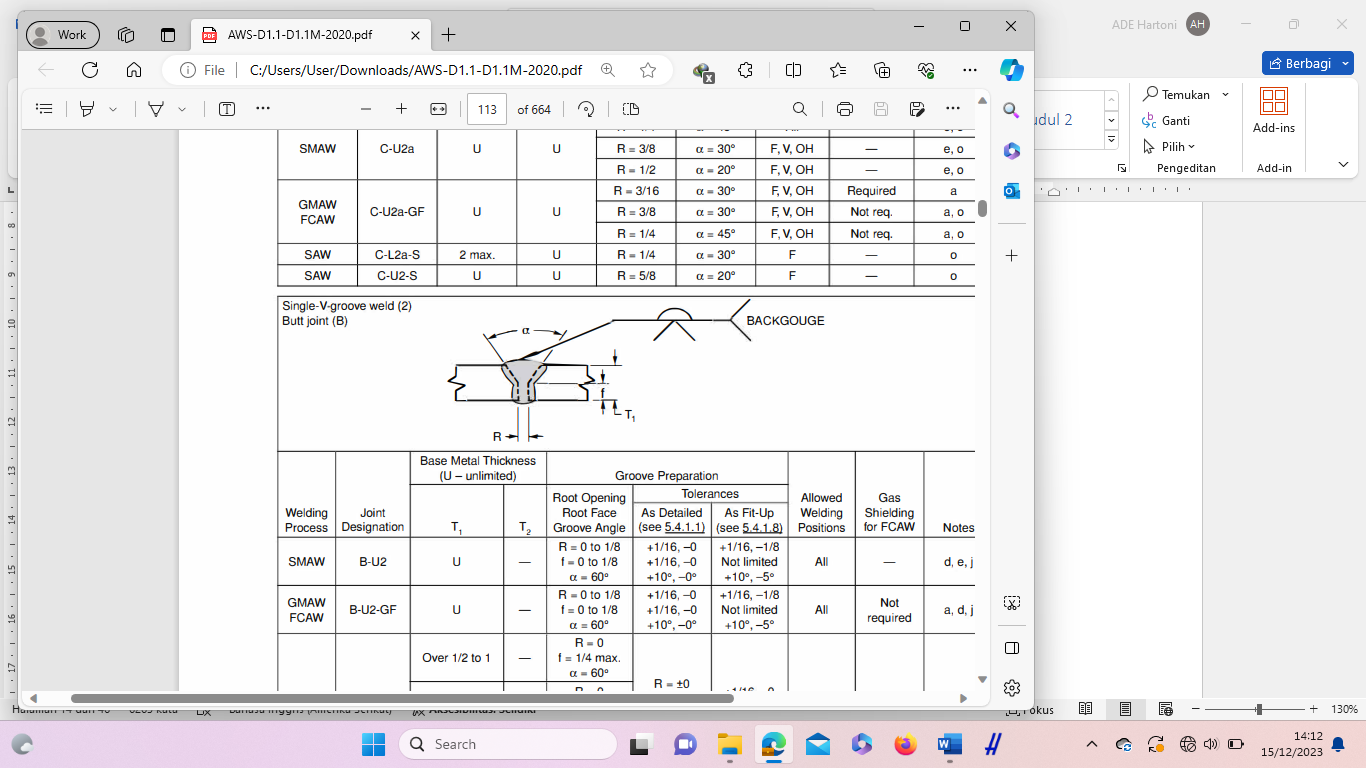
a. Gas pelindung elektroda GMAW

Tabel 2. 1 Gas Pelindung Elektroda GMAW

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Elektroda | Pelindung Gas | Komposisi |
| ER70S-X (ER70S-G) dan ER70C-X | Ar/CO2 | Ar 75-90%/CO2 10-25% |
| Ar/CO2 | Ar 95-98%/O2 2-5% |
| 100% CO2 | 100% CO2 |

Sumber: (AWS D1.1/D1.1M, 2020)

b. Jenis kampuh V



Gambar 2. 4 Jenis Kampuh

Sumber: (AWS D1.1/D1.1M, 2020)

c. Dimensi kampuh

Tabel 2. 2 Dimensi Kampuh

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Welding | Joint  Designation | Base Metal Thickness | Root Opening  Root Face  Groove Angle | Allowed Welding Positions |
| GMAW | B-U2-GF | 10 mm | R = 3 mm | All |
| f = 3 mm |
| = 60° |

Sumber: (AWS D1.1/D1.1M, 2020)

d. Parameter pengelasan GMAW

Tabel 2. 3 Parameter Pengelasan GMAW

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Welding | Thick  Material  (mm) | Electroda | | Current | | |
| Type | Diameter  (mm) | Polarity | Ampere | Voltage |
| GMAW | 10 | ER70S-6 | 1,2 | DCEP | 110-120 | 17-19 |

Sumber: (AWS D1.1/D1.1M, 2020)

### Baja Karbon

Baja karbon yaitu Jenis baja yang mempunyai karbon yang relatif rendah, umumnya kurang dari 0,3%. Karbon adalah unsur yang memberikan daya tahan dan kekuatan pada material baja. Baja karbon menunjukkan karakteristik seperti kemampuan pengelasan yang baik, cocok untuk berbagai keperluan konstruksi dan manufaktur. Kandungan karbon yang rendah membuat baja ini mudah diolah dan umumnya lebih ekonomis dibandingkan dengan baja yang memiliki kandungan karbon lebih tinggi.

Baja karbon terbagi menjadi tiga kandungan kandungan karbonnya diantaranya:

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah adalah jenis baja yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3%. Sifat-sifat khas dari baja karbon rendah melibatkan keuletan yang tinggi dan kemudahan dalam proses pengolahan atau pemrosesan. Baja karbon rendah umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi dan manufaktur umum karena kombinasi kekuatan yang memadai dan kemampuan untuk dibentuk dengan mudah.

Keuntungan utama dari baja karbon rendah adalah kemampuannya untuk diubah bentuk dengan mudah melalui proses pengerjaan panas dan dingin, seperti pembentukan, pengelasan, dan pembentukan. Selain itu, baja karbon rendah cenderung lebih mudah diolah, lebih terjangkau, dan cocok untuk aplikasi di mana kekuatan tinggi tidak selalu diperlukan.

1. Baja karbon sedang

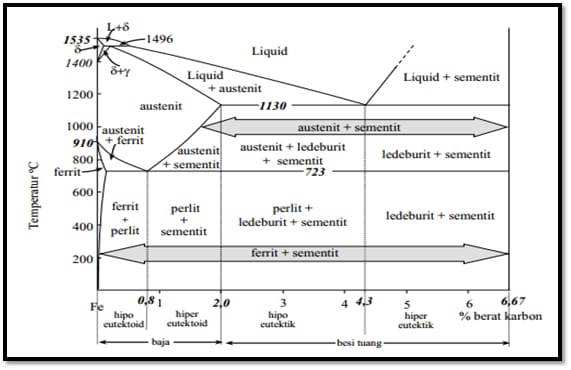
Baja karbon sedang merupakan tipe baja dengan kadar karbon di kisaran 0,30% hingga 0,60%. Baja ini memiliki keseimbangan yang baik antara kekuatan dan keuletan. Sifat-sifat ini membuatnya cocok digunakan untuk komponen mesin dan aplikasi di mana diperlukan kombinasi kekuatan struktural dengan kemampuan deformasi yang moderat.

1. Baja karbon tinggi

Baja tinggi karbon adalah varian baja yang memiliki kadar karbon yang cukup tinggi, umumnya antara 0,6% hingga 1,0% atau bahkan lebih tinggi. Tingginya kandungan karbon memberikan baja sifat-sifat seperti kekerasan yang tinggi. Baja karbon tinggi umumnya lebih keras dan tahan terhadap deformasi dibandingkan dengan baja karbon rendah atau menengah.

### Baja ST 37

Baja ST 37 adalah jenis baja karbon rendah yang termasuk dalam kategori ini karena kandungan karbonnya kurang dari 0,3%. Baja ini biasanya digunakan dalam konstruksi mesin industri, seperti roda gigi dan poros, karena keuletannya yang tinggi. Meskipun memiliki sifat ulet yang baik, kekerasan permukaan baja ini relatif rendah. Baja ST 37 memiliki komposisi kimia tertentu, termasuk kandungan karbon, mangan, silikon, dan fosfor. Meskipun propertinya dapat bervariasi tergantung pada spesifikasi yang tepat dan metodenya, baja ini umumnya digunakan dalam aplikasi konstruksi, struktur bangunan, dan pembuatan mesin dengan pedoman kekuatan tarik antara 37-45 Kg/mm2 (Nofri, 2017).

****

Gambar 2. 5 Diagram fasa

Sumber: (dictio.id/diagramfase)

### Kerangka Mesin *Press* Hidrolik

Sistem hidrolik adalah komponen penting dari mesin industri kontemporer, yang menghasilkan tenaga dan gerakan dengan memanfaatkan cairan yang memeiliki tekanan tinggi. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen seperti pompa hidrolik, silinder, katup kontrol, dan akumulator, yang masing-masing berfungsi untuk menggerakan komponen mesin. Sistem hidrolik memiliki banyak keunggulan, termasuk kemampuan untuk menghasilkan gaya yang besar dengan ukuran yang relatif kecil, keandalan yang tinggi, dan kemampuan untuk mengontrol gerakan dengan sangat presisi. Salah satu pengaplikasian mesin hidrolik adalah pada mesin *press* hidrolik (Akbar & Supryatna, 2024).

Berfokus pada kerangka mesin *press* hidrolik umumnya terbuat dari material yang kokoh seperti baja, tujuannya adalah agar mampu menahan tekanan yang di berikan pada saat proses penekanan pada benda kerja. Salah satu proses yang sering digunakan dalam pembuatan kerangka adalah proses pengelasan, oleh karena itu kita perlu memperhatikan hasil dari proses pengelasan agar hasilnya menjadi kuat dan tidak mudah patah atau putus karena terdampak oleh tekanan pada saat proses penekanan benda kerja.

### Pendinginan

Proses pendinginan dalam pengelasan memiliki peran penting untuk mencegah kerusakan material akibat panas yang dihasilkan selama pengelasan. Pendinginan bertujuan untuk menurunkan suhu material dengan cepat setelah proses pengelasan untuk mencegah distorsi, ketegangan, dan sifat mekanis yang tidak diinginkan. Beberapa metode pendinginan dalam pengelasan digunakan dalam peneliti melibatkan penggunaan berbagai pendinginan air, *coolant*, dan oli mesran SAE 40. Beberapa hal terkait proses pendinginan dalam pengelasan yaitu:

1. Air

Air merupakan salah satu zat pendingin tertua dan ekonomis yang memiliki kapasitas pendinginan yang sangat efisien. Kekurangan dari penggunaan air adalah laju pendinginan yang sangat cepat pada rentang pada kisaran suhu pembentukan martensit, yang dapat menimbulkan tekanan karena perubahan dan perbedaan suhu. Dampaknya adalah peningkatan risiko terjadinya retak pada saat proses pendinginan. Meskipun memiliki kemampuan pendinginan yang tinggi, air umumnya digunakan untuk mendinginkan baja dengan tingkat kekerasan yang tidak terlalu tinggi, seperti baja karbon.

1. *Coolant*

*Coolant* adalah cairan yang terbentuk dari mencampur *etilen* atau *propilen glikol* dengan air, dengan perbandingan zat mineral biasanya sekitar 50/50. Penting untuk secara teratur memeriksa dan mengganti coolant sesuai dengan rekomendasi produsen. Pemeliharaan yang baik dapat mencegah korosi, membantu menjaga suhu mesin, meningkatkan umur pakai sistem pendinginan, dan penumpukan pasir. Akumulasi pasir yang berlebihan dapat menghambat kinerja sistem pendinginan. Penggantian ini menjadi suatu keharusan karena pada tahap tertentu.

1. Oli mesran SAE 40

Oli mesran SAE 40 adalah jenis minyak mesin yang memiliki *viskositas* tertentu sesuai dengan standar SAE (*Society of Automotive Engineers*). Angka 40 pada SAE 40 menunjukkan rentang *viskositas* minyak tersebut pada suhu tertentu. Oli dengan angka SAE yang lebih tinggi umumnya memiliki *viskositas* yang lebih tinggi pada suhu operasional.

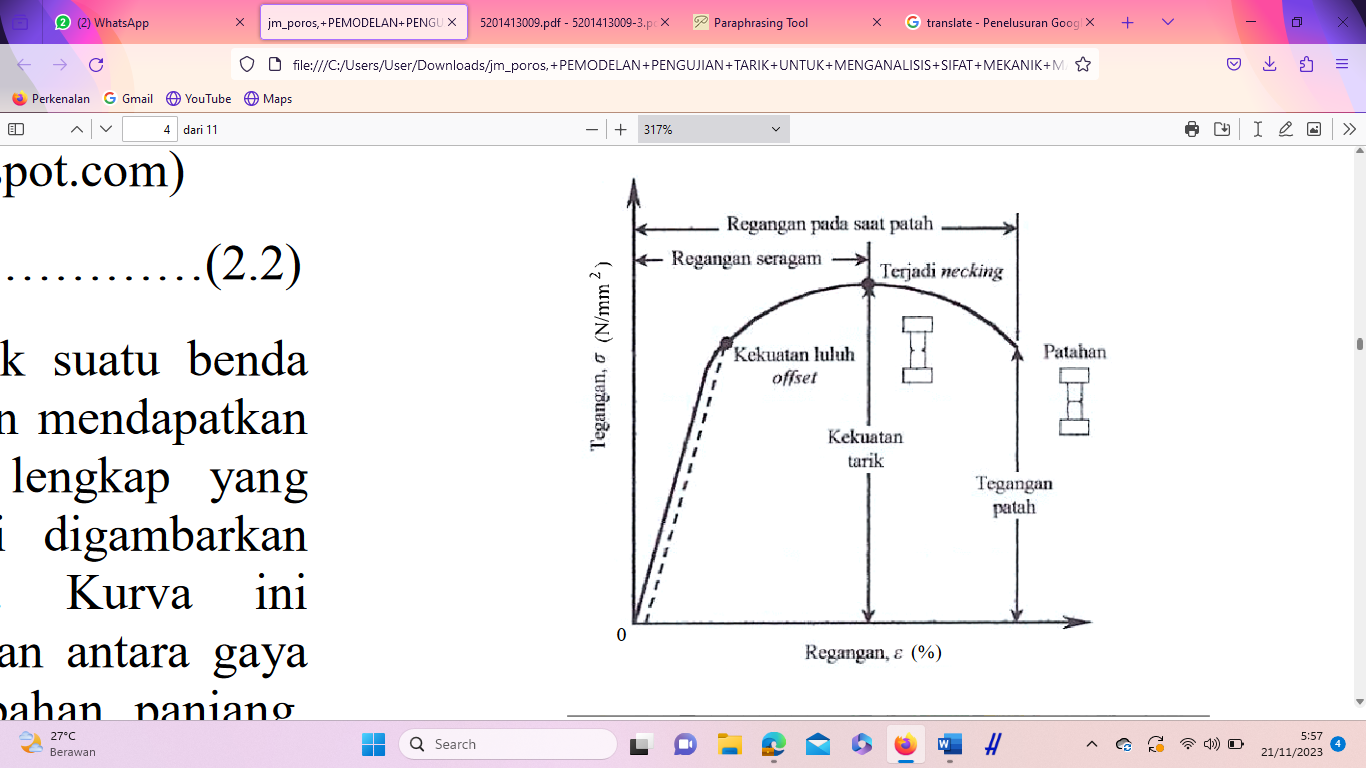
### Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan metode evaluasi bertujuan untuk memahami karakteristik dan kondisi suatu logam. Selama pengujian tarik, sampel material ditarik dengan gaya yang ditingkatkan secara bertahap hingga sampel patah atau mengalami deformasi permanen. Selama pengujian, rekaman data tegangan dan regangan dibuat untuk membuat kurva tegangan-regangan, yang memberikan wawasan tentang sifat elastis dan plastis material. Hasil pengujian tarik memberikan informasi penting, seperti tegangan luluh, tegangan puncak, dan modulus elastisitas, yang digunakan untuk menggambarkan kekuatan dan ketahanan material terhadap beban tarik (Denti Salindeho et al., 2013).

Sebuah gambar berisi teks, cuplikan layar, diagram, garis

Deskripsi dibuat secara otomatisGambar 2. 6 Uji Tarik

Sumber: (Denti Salindeho et al., 2013)



Gambar 2. 7 Kurva Tegangan-Regangan

Sumber: (Denti Salindeho et al., 2013)

Langkah untuk menentukan tegangan tarik maksimum dengan persamaan sebagai berikut:

= ……………………………………………………..(2.1)

Dimana: = Kekuatan tarik maksimal (N /mm 2)

P maks = Beban maksimal (N)

= Luas permukaan awal (mm2)

Sumber: (Saridayat, 2021)

Langkah untuk menentukan atau memperkirakan kelenturan yang didapat dari uji tarik yaitu dengan merancang waktu tahan ε (umumnya disebut perpanjangan) dengan persamaan sebagai berikut:

=…………………………………….(2.2)

Dimana: ε = Regangan (%)

= Pemanjangan (mm)

= Panjang sesudah patah (mm)

= Panjang mula – mula (mm)

Sumber: (Saridayat,2021)

### Pengujian Tekan

Pengujian tekan merupakan suatu alat yang dipakai untuk menghitung kekuatan tekan suatu material. Tempat benturan menahan material dan meneruskan tekanan yang dihasilkan oleh perangkat penekan. Panjang titik tumpuan tekan, yang diukur dengan alat ukur, mempengaruhi hasil pengujian (Wangsa, 2023).

Sebuah gambar berisi teks, cuplikan layar, software, Laman internet

Deskripsi dibuat secara otomatis

Gambar 2. 8 Pengujian Tekan

Sumber: (Tata Surdia, Shinroku Saito, 1999)

Cara menentukan nilai kekuatan tegangan tekan atau *bending* dengan persamaan berikut:

= ………………………………………………………(2.3)

Dimana:  = Tegangan *bending* (N/mm2)

d = Ketebalan pelat (mm)

b = Lebar pelat (mm)

P = Beban maksimal (KN)

L = Panjang benda uji (mm)

Sumber: (Hafid et al., 2019)

### Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah suatu proses untuk menentukan kemampuan suatu bahan atau material untuk menahan deformasi permanen atau penetrasi. Tujuan pengujian kekerasan adalah untuk mengukur resistensi suatu material terhadap penetrasi, penyayatan, atau deformasi plastis. Kekerasan dapat memberikan indikasi tentang sejauh mana suatu material dapat menahan tekanan atau gesekan. Beberapa metode umum yang digunakan untuk menguji kekerasan material termasuk:

1. Uji Kekerasan *Brinell* (*Brinell Hardness Test*)

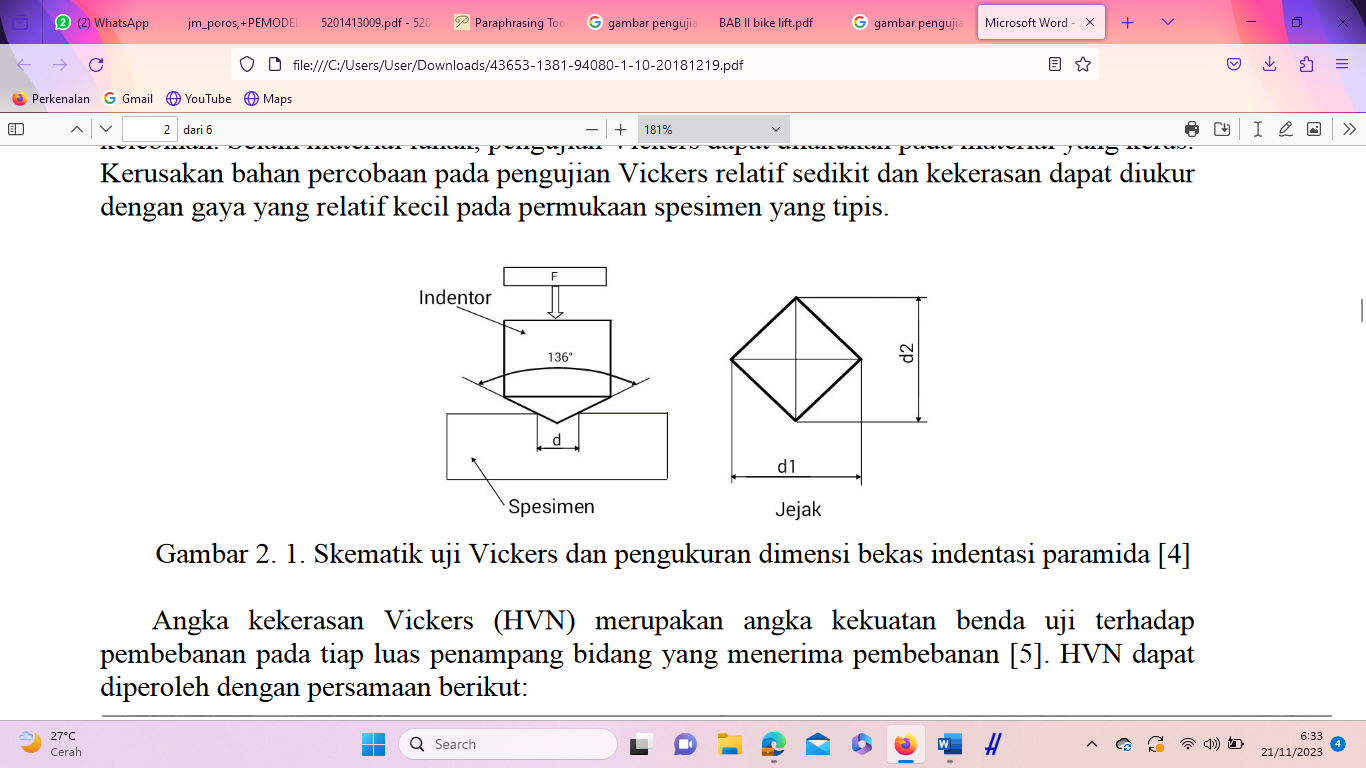
Metode ini melibatkan menekan sebuah bola ke permukaan material dan mengukur diameter bekas cetakan bola tersebut. Nilai kekerasan *Brinell* dinyatakan dalam HB (*Brinell Hardness*).

1. Uji Kekerasan *Rockwell* (*Rockwell Hardness Test*)

Metode ini melibatkan pembebanan awal (*pre-load*) dan pembebanan utama pada permukaan material menggunakan bola atau kerucut berinti keras. Nilai kekerasan *Rockwell* dinyatakan dalam skala HRC (*Rockwell* C) atau HRB (*Rockwell* B), tergantung pada metode yang digunakan.

1. Uji Kekerasan *Vickers* (*Vickers Hardness Test*)

Metode ini menggunakan piramida berbentuk berlian yang diaplikasikan ke permukaan material. Nilai kekerasan *Vickers* dinyatakan dalam HV (*Vickers Hardness*).



Gambar 2. 9 Uji Kekerasan *Vickers*

Sumber: (Payana et al., 2018)

Cara menentukan nilai kekerasan dapat dihitung dengan persamaan uji kekerasan *Vickers*:

VHN =

= …………………………………………………….(2.4)

Dimana: VHN = Angka kekerasan *Vickers*

P = Beban yang dipakai (Kgf)

= Sudut titik indentor = 136

D = Diagonal (mm)

Sumber: (Saridayat, 2017)

## Tinjauan Pustaka

1. Januar & Suwito, 2016, dalam penelitiannya dengan judul “Kajian Hasil Proses Pengelasan MIG dan SMAW Pada Meterial ST 41 Dengan Variasi Pendingin (Air, *Coolant,* Es) Terhadap Kekuatan Tarik”. Dalam penelitian ini, hasil uji Anova pada pengelasan MIG dan SMAW dengan variasi media pendingin (air, *coolant*, dan es) menunjukkan adanya pengaruh terhadap kekuatan tarik pada baja ST 41. Lebih lanjut, media pendingin *coolant* diketahui berpengaruh terhadap kekuatan tarik dibandingkan dengan penggunaan air dan es.
2. Maulana, 2016, dalam penelitiannya dengan judul “Analisis Kekuatan Tarik Baja ST 37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan SMAW”. Hasil penelitian diperoleh dari kekuatan tarik mencapai 53,415 Kg/mm2. Di sisi lain, pendingin air kelapa menunjukkan kekuatan tarik terendah dengan pengujian mencapai 49,764 Kg/mm2.
3. Tyagita & Irawan, 2016, dalam penelitiannya dengan judul “Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW Plat Baja ST 37 Dengan Pendingin *Liquid*”. Hasil penelitian diketahui bahwa menggunakan oli sebagai cairan pendingin dengan metode pendinginan melalui pencelupan setelah pengelasan mampu memberikan nilai kekuatan tarik tertinggi, yakni mencapai 144,27 Kgf/mm².
4. Faidillah et al., 2018, dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Pendinginan Cairan Radiator *Coolant* (RC) Ahm Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW Pada Plat Baja ST 37”. Hasil penelitian diperoleh pengendapan menggunakan Oli SAE 10W-40 hingga mencapai kondisi stabil menunjukkan nilai tegangan dan regangan yang tinggi, dengan tegangan mencapai 144,27 Kgf/mm², regangan mencapai 5,19%. Diikuti perlakuan pengendapan dengan *coolant*, yang mencapai tegangan rata-rata sebesar 142,03 Kgf/mm² dan memiliki regangan terendah dibandingkan dengan pendinginan lainnya, yakni sebesar 3,65%.
5. R, M. diky, Rusnoto, 2018, dalam penelitiannya dengan judul “Analisa Hasil Pengelasan Baja ST 37 dengan Arus Terhadap Sifat Mekanis”. Penelitian dengan menggunakan arus 90A, 100A, 110A pada pengelasan SMAW, diperoleh hasil dengan rata-rata kuat tarik las yang optimal adalah pada arus 100 A sebesar 453,95 N/mm2, untuk rata-rata kuat bending yang optimal adalah pada arus 90 A sebesar 58,21 N/mm2, dan untuk rata-rata harga impak yang optimal adalah pada arus 110 A sebesar 0,42 J/mm2.
6. Ari Ardiansah, 2019, dalam penelitiannya dengan judul “Studi Hasil Proses Pengelasan FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) Pada Material ST 41 Dengan Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro”. Hasil penelitian diperoleh media pendingin udara memberikan kekuatan tarik rata-rata tertinggi, yakni sebesar 51,7 N/mm², sementara media pendingin oli menunjukkan nilai kekuatan tarik rata-rata mencapai 48,34 N/mm². Sebaliknya, kekuatan tarik rata-rata paling rendah diperoleh saat menggunaka pendingin air, dengan nilai mencapai 44,16 N/mm².
7. Sultoni et al., 2019, dalam penelitiannya dengan judul “Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Air dan Oli Pada Sambungan *Lap Joint* Terhadap Sifat Mekanik Menggunakan Las SMAW (DC)”. Hasil penelitian diperoleh rata-rata nilai kekuatan tarik tertinggi mencapai 113.03 Kgf/mm2 ketika menggunakan variasi media pendingin oli bekas selama 2 menit. Sementara itu, nilai kekerasan pada daerah logam induk, khususnya pada spesimen yang mengalami perlakuan pendinginan dengan air selama 2 menit, mencapai 45.5 HRB.
8. Waas & Waas, 2020, dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh *Holding Time* dan Variasi Media *Quenching* Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah ST 42 Pada Proses Pengkarbonan Padat Menggunakan Arang Batok Biji Pala (*Myristica Fagrans*)”. Dari hasil penelitian ini, ditemukan bahwa proses karburasi dilakukan pada suhu 950°C. Sebelum proses karburasi, nilai kekerasan adalah 95,55 HRB. Setelah proses karburasi, pada waktu tahan selama 1 jam, terdapat peningkatan nilai kekerasan pada media pendingin oli (107,875 HRB), air (113,5 HRB), dan air laut (115,7 HRB). Dari ketiga jenis media pendingin setelah proses karburasi, air laut menunjukkan peningkatan kekerasan material yang paling baik dengan nilai rata-rata sebesar 115,7 HRB.
9. Galang Goldy Putra A.S.B., 2021, dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Variasi Media Pendinginan Terhadap Kekuatan Tarik Baja AISI 1045”. Hasil penelitian diperoleh penggunaan media pendingin oli SAE 140 menunjukkan nilai rata-rata tertinggi, dengan tegangan luluh sebesar 1009,94 MPa, tegangan maksimum mencapai 1173,41 MPa, dan tegangan patah mencapai 1123,86 MPa. Sebaliknya, material tanpa perlakuan menunjukkan kekuatan uji tarik terendah, dengan tegangan luluh sebesar 499,37 MPa, tegangan maksimum 730,62 MPa, dan tegangan patah 554,75 MPa.
10. Alvin Ardian Pradana, Carsoni, 2021, dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Proses Pengelasan GMAW Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Baja AISI 1045”. Hasil penelitian diperoleh ketangguhan yang dihasilkan dari proses pengendapan dengan udara mencapai 2.88 Joule/mm², sementara oli mencapai 1.25 Joule/mm², solar mencapai 1.23 Joule/mm², air mencapai 0.63 Joule/mm², dan nilai terendah diperoleh dari air garam, yakni sebesar 0.59 Joule/mm². Sebaliknya, nilai kekerasan yang diperoleh dari media pengendapan air garam mencapai 62.47 HRC, air mencapai 56.67 HRC, solar mencapai 52.43 HRC, oli mencapai 49.1 HRC, dan nilai terendah tercatat pada pengendapan dengan udara, yaitu 43.2 HRC.
11. Warso et al., 2021, dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Variasi Cooling Pada Pengelasan GMAW Terhadap Uji Tarik dan Uji Kekerasan Pada Baja ST 60”. Hasil penelitian diperoleh rata-rata tegangan tarik tertinggi dari spesimen yang didinginkan dengan air garam mencapai 490.23 MPa. Sementara itu, rata-rata regangan tarik tertinggi dari spesimen yang didinginkan dengan udara bebas adalah 35.45 MPa. Selain itu, rata-rata kekerasan HVN spesimen mengikuti pola berikut: oli mencapai 208.3 HVN, air garam mencapai 231.0 HVN, air dromus mencapai 215.5 HVN, dan udara bebas mencapai 228.0 HVN. Dari hasil rata-rata kekerasan HVN tersebut, spesimen yang didinginkan dengan air garam menunjukkan nilai tertinggi, yakni 231.0 HVN.
12. Thohirin et al., 2022, dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Media Pendingin Kekentalan Oli Mesaran SAE 20, SAE 40, dan SAE 20w-50 Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Bending Baja Karbon Rendah”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan bending rata-rata untuk media pendingin oli Mesran SAE 20W-50 mencapai 175,45 MPa. Sementara itu, tegangan bending rata-rata untuk media pendingin oli Mesran SAE 40 adalah 145,2 MPa, dan untuk oli Mesran SAE 20 sebesar 143,25 MPa. Dengan demikian, dapat disimpulkan dari hasil penelitian tersebut bahwa penggunaan media pendingin oli mesran SAE 20W-50 lebih unggul dibandingkan dengan penggunaan media pendingin oli mesran SAE 20 dan SAE 40 dalam proses pendinginan setelah pengelasan.
13. Syah et al., 2023, dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Variasi Media Pendingin Air dan Oli Terhadap Kekuatan Tarik Pada Pengelasan SMAW (Shield Arc Welding)”. Hasil penelitian diperoleh dengan media pendingin oli SAE 40 menunjukkan nilai uji tarik tertinggi, dengan kekuatan tarik maksimal rata-rata mencapai 37,49 KN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendinginan cepat setelah proses pengelasan pada logam baja dapat mengubah kandungan karbonnya, sehingga meningkatkan kualitas karbon pada logam tersebut.
14. Vaniludin & Edy, 2023, dalam penelitiannya dengan judul “Analis Pengujian Kekuatan Tarik dan Uji Kekerasan Terhadap Pengelasan GTAW Pada Sambungan Kampuh Model X Dengan Variasi Media Pendingin Pada Baja ST 60”. Hasil penelitian diperoleh Keadaan tarik minimum dapat dicapai dengan pemanfaatan media pendingin air, yang mencapai 709,90 MPa, sementara dengan penggunaan media pendingin oli SAE20w-50, nilai ini meningkat menjadi 715,35 MPa. Sisi kekerasan puncak dapat dicapai dengan menggunakan media pendingin air, mencapai 244,83 HVN. Sebaliknya, media pendingin udara memberikan nilai kekerasan terendah, yakni 216,9 HVN, sedangkan penggunaan media pendingin oli SAE20w-50 menghasilkan nilai kekerasan sebesar 240,93 HVN.

# BAB III METODE PENELITIAN

## Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode penelitian dengan menggunakan eksperimen. Metode eksperimen yaitu pendekatan ilmiah di mana peneliti secara sistematis memanipulasi variabel tertentu untuk mengamati efeknya dan mengumpulkan data yang dapat diukur. Ini melibatkan perancangan eksperimen, pengumpulan data, pengendalian variabel, analisis statistik, dan penarikan kesimpulan. Metode eksperimen memberikan dasar untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara variabel, memungkinkan pengembangan teori yang didukung oleh bukti empiris (Setyanto, 2016).

Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah logam baja dengan tipe ST 37, dengan proses pengelasan GMAW dan menggunakan variasi pendingin air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, dan oli mesran SAE 40, selanjutnya akan dilakukan proses pengujian tarik, tekan, dan kekerasan.

## Waktu dan Tempat Penelitian

Strategi penelitian, juga dikenal sebagai rencana pelaksanaan, merincikan berbagai tahapan penelitian mulai dari persiapan awal hingga penyelesaian akhir. Fungsi dari jadwal penelitian ini adalah untuk menetapkan batas waktu yang jelas guna mencapai target penyelesaian penelitian.

Tabel 3. 1 Rencana Jadwal Penelitian

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Tahap Kegiatan | Bulan Ke | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Persiapan |  |  |  |  |  |  |
| a. Studi literatur |  |  |  |  |  |  |
| b. Penyusunan proposal |  |  |  |  |  |  |
| c. Persiapan alat dan bahan |  |  |  |  |  |  |
| 2. | Pelaksanaan |  |  |  |  |  |  |
| a. Seminar proposal |  |  |  |  |  |  |
| b. Pembuatan spesimen |  |  |  |  |  |  |
| c. Pengujian spesimen |  |  |  |  |  |  |
| 3. | Penyelesaian |  |  |  |  |  |  |
| a. pengolahan data |  |  |  |  |  |  |
| b. Penyusunan laporan |  |  |  |  |  |  |
| c. Ujian skripsi |  |  |  |  |  |  |

Penelitian ini dikerjakan pada tiga lokasi yakni

1. Uji komposisi

Lokasi: CV. Prima Logam, Tegal.

1. Pembikinan spesimen

Lokasi: Bengkel Las Cahaya Teknik, Slawi.

1. Pengujian tarik, tekan/lengkung, dan kekerasan

Lokasi: Lab. LIK Tegal.

## Variabel penelitian / fenomena yang diamati

Variabel penelitian didasarkan untuk mencakup karakteristik atau atribut yang diamati, diukur, atau dimanipulasi dalam suatu penelitian. Dalam penelitian ini, ada tiga kategori variabel digunakan, yakni variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol.

1. Variabel bebas

Variabel bebas atau independen dalam konteks matematika atau statistik merujuk pada variabel yang memiliki nilai yang dapat bervariasi tanpa pembatasan khusus. Variabel independen tidak tergantung pada variabel lain dan sering menggambarkan input atau faktor yang dapat diubah dalam eksperimen atau model. Dalam konteks penelitian ini, variabel independen mencakup variasi pendinginan pada air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, dan oli mesran SAE 40.

1. Variabel terikat

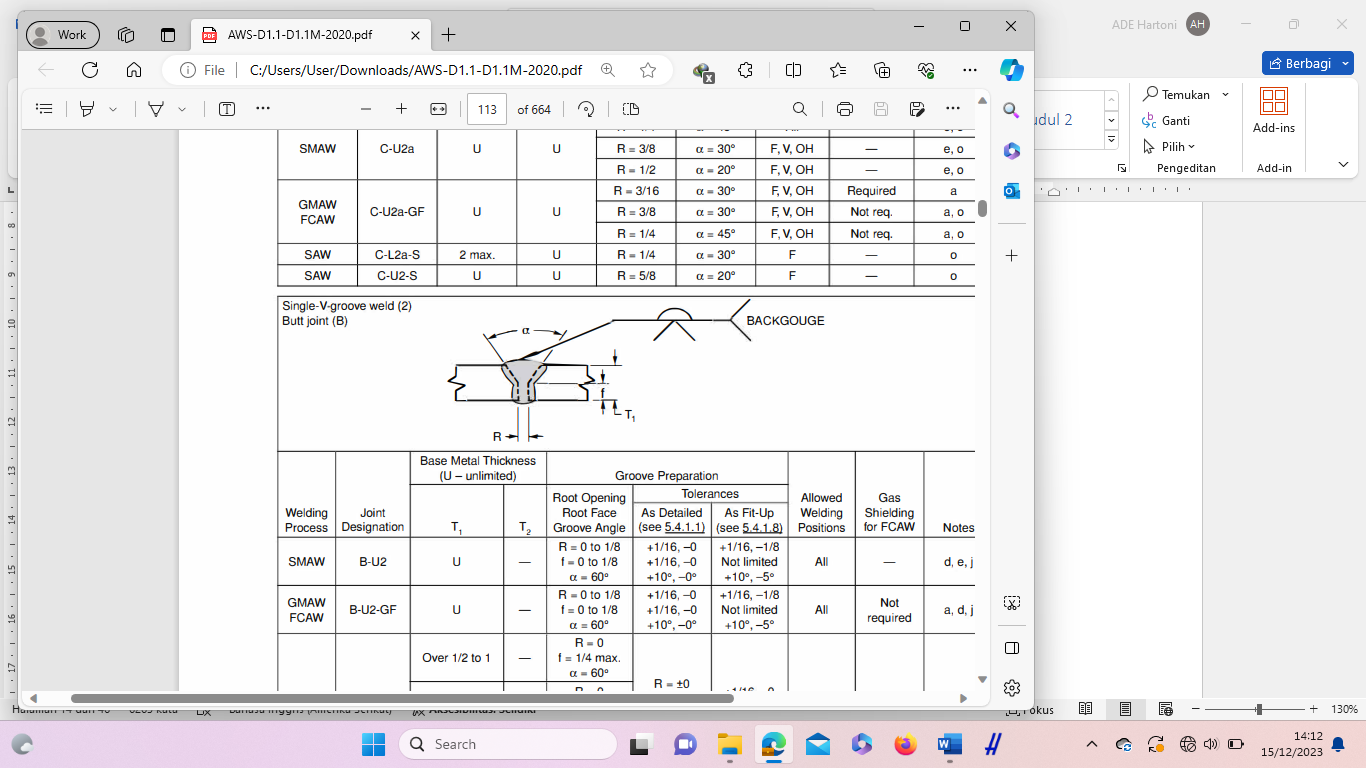
Variabel terikat atau dependen dalam konteks eksperimen atau model adalah variabel yang nilainya bergantung pada variabel independen. Variabel terikat ini sering kali merupakan hasil atau output dari suatu proses dan mengalami perubahan sebagai respon terhadap manipulasi variabel bebas. Dalam eksperimen ini, yang terpengaruh oleh variabel independen yaitu nilai kekuatan tekan, nilai tarik, dan nilai kekerasan.

1. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel dalam suatu penelitian atau eksperimen yang sengaja dijaga atau dikendalikan agar nilainya tetap konstan atau tidak berubah selama proses penelitian. Untuk variabel terkontrol pada penelitian ini yaitu alat pengujian tekan/lengkung, alat pengujian tarik dan alat pengujian kekerasan.

## Peralatan penelitian dan rancangan pengujian

1. Peralatan:
2. Mesin potong baja
3. Mesin gerinda
4. Mesin Las GMAW
5. Sarung tangan, masker, helm las
6. Jangka sorong
7. Spidol
8. Mesin pengujian tarik
9. Mesin pengujian tekan/lengkung
10. Mesin pengujian kekerasan
11. Bahan:
12. Material baja ST 37
13. Elektroda AWS ER70S-6
14. Wadah media pendingin
15. Air mineral, *coolant* 30% *concentrate*, dan oli mesran SAE 40
16. Kampuh V



Gambar 3. 1 Kampuh V

Sumber: (AWS D1.1/D1.1M, 2020)

Keterangan:

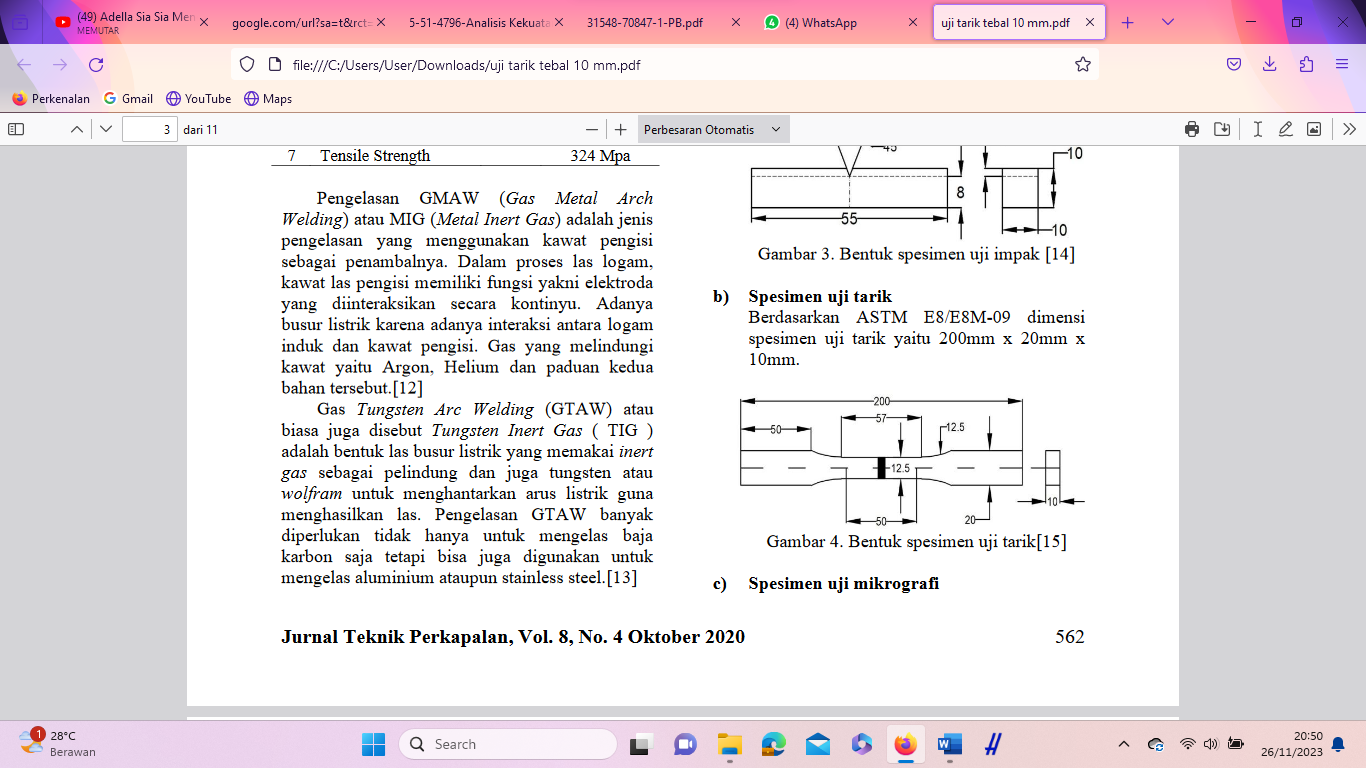
T1  = 10 mm

f = 3 mm

α = 60°

R = 3 mm

1. Desain pengujian
2. Sampel pengujian tarik menggunakan standar ASTM E 8M-09



Gambar 3. 2 Spesimen pengujian tarik

Sumber: (Kastanto et al., 2020)

Keterangan:

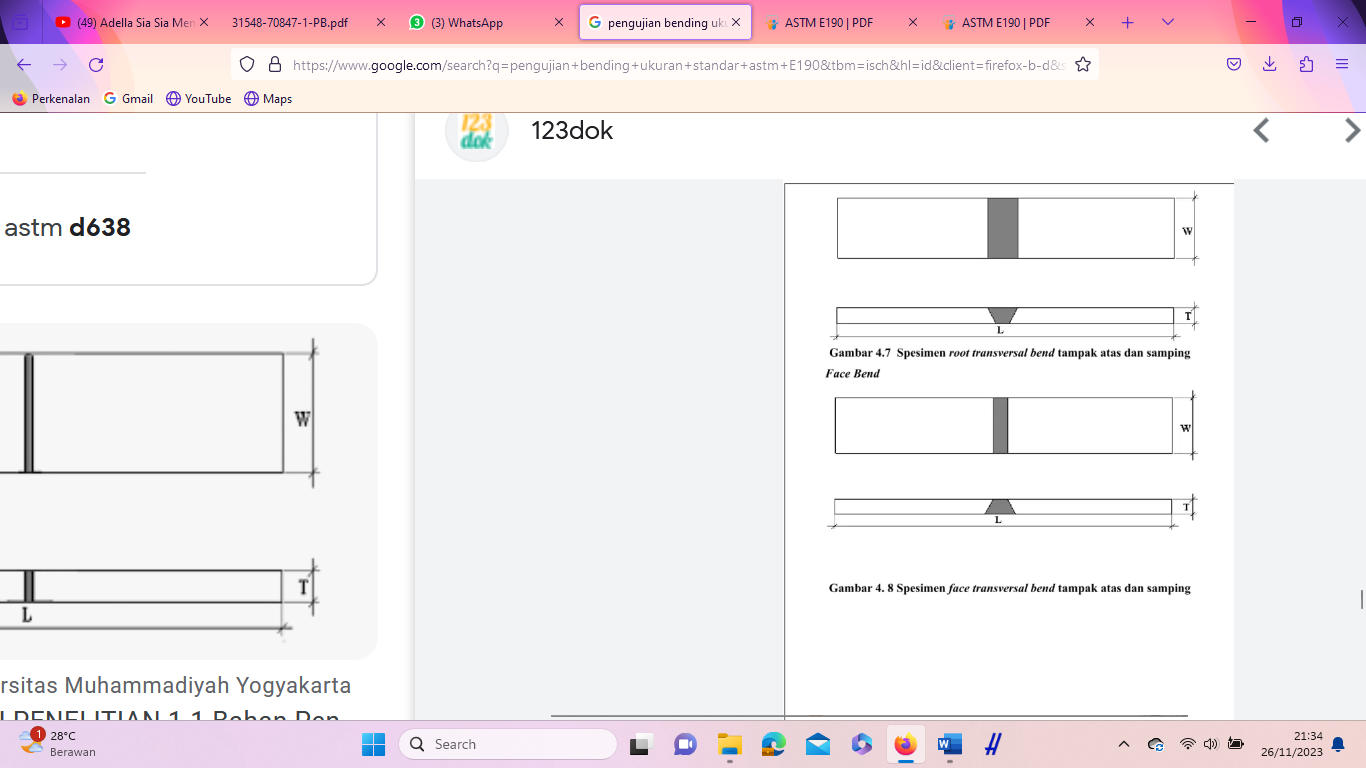
Tebal =10 mm

Panjang = 200 mm

Lebar = 20 mm

Untuk menghitung kekuatan tarik digunakan persamaan (2.1)

1. Sampel pengujian lengkung (*bending*) menggunakan standar ASTM E190



Gambar 3. 3 Spesimen pengujian lengkung/tekan

Sumber: (Nata et al., 2021)

Keterangan:

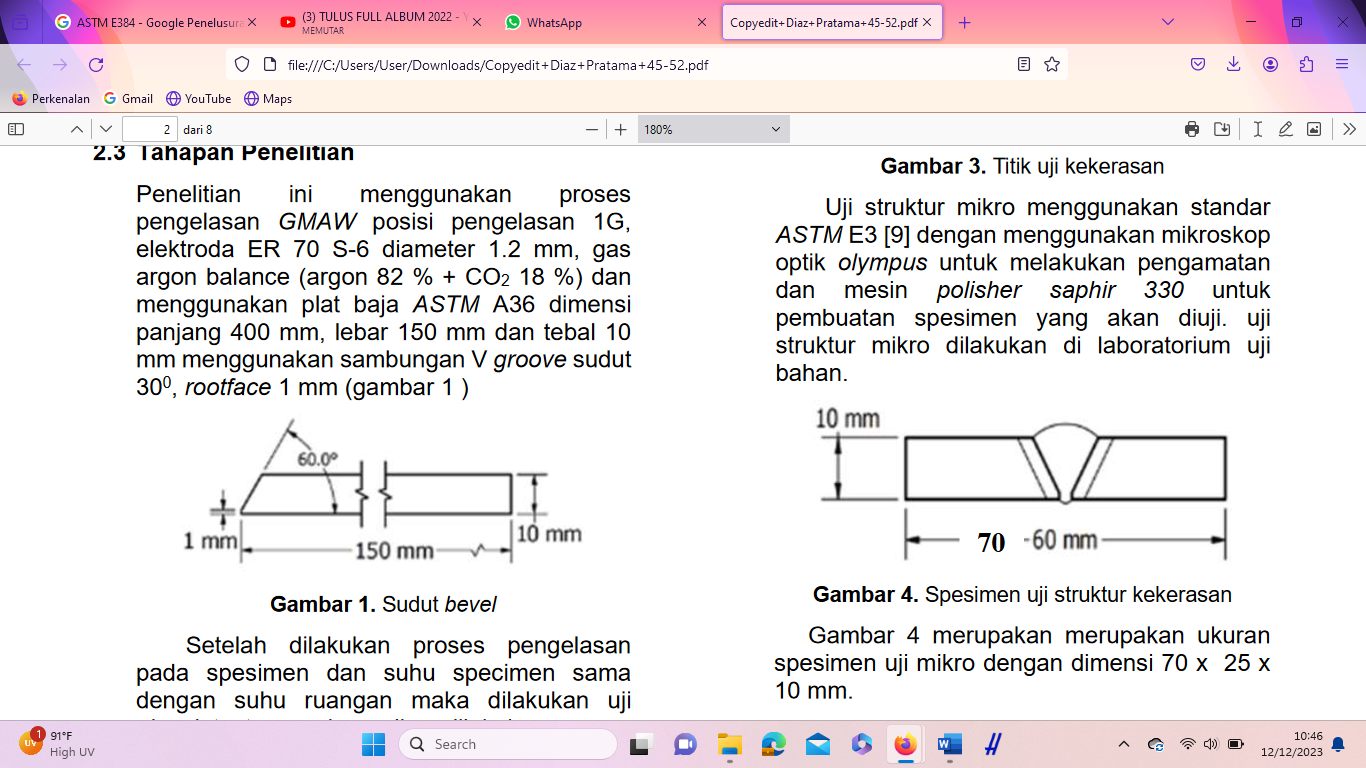
Tebal = 10 mm

Panjang = 200 mm

Lebar = 20 mm

Untuk menghitung kekuatan *bending* digunakan persamaan (2.3)

1. Sampel pengujian kekerasan *Vickers* menggunakan standar ASTM E92



70 mm

Gambar 3. 4 Spesimen pengujian kekerasan *Vickers*

Sumber: (Pratama et al., 2023)

Keterangan:

Panjang = 70 mm

Lebar = 25 mm

Tebal = 10 mm

Untuk menghitung nilai kekerasan *Vickers* digunakan persamaan (2.4)

## Metode pengumpulan data

Dalam penelitian ini, data diperoleh melalui pelaksanaan eksperimen langsung pada material baja ST 37. Bentuk dan ukuran spesimen sesuai dengan standar uji yang sudah tertera sebelumnya. Jumlah spesimen yang akan digunakan adalah 36 spesimen dengan rincian:

1. Pada pengujian tarik:
2. Bahan material 3 spesimen
3. Menggunakan pendinginan air mineral 3 spesimen
4. Menggunakan pendinginan *coolant* 30% *concentrate* 3 spesimen
5. Menggunakan pendinginan oli mesran SAE 40 sebanyak 3 spesimen
6. Pada pengujian lengkung (*bending*):
7. Bahan material 3 spesimen
8. Menggunakan pendinginan air mineral 3 spesimen
9. Menggunakan pendinginan *coolant* 30% *concentrate* 3 spesimen
10. Menggunakan pendinginan oli mesran SAE 40 sebanyak 3 spesimen
11. Pada pengujian kekerasan:
12. Bahan material 3 spesimen
13. Menggunakan pendinginan air mineral 3 spesimen
14. Menggunakan pendinginan *coolant* 30% *concentrate* 3 spesimen
15. Menggunakan pendinginan oli mesran SAE 40 sebanyak 3 spesimen

## Analisis data

Setelah pengumpulan data selesai, tahap berikutnya adalah melakukan interpretasi data, dimana capaian eksperimen akan diinput pada rumus kalkulasi yang telah tersedia untuk menghasilkan data kuantitatif. Data berjenis kuatitatif ini terdiri dari angka-angka yang memberikan penjelasan atau gambaran mengenai perbandingan hasil material tanpa perlakuan dan material yang mengalami perlakuan dengan berbagai cairan pendingin, seperti air mineral, cairan pendingin 30% *concentrate*, dan minyak mesran SAE 40. Hasil analisis tersebut kemudian dipresentasikan melalui representasi grafis dalam bentuk diagram, sehingga dapat memvisualisasikan relasi antara suhu dan karakteristik mekanik.

Berikut ini adalah tabel analisa data dari setiap pengujian sifat mekanis pada penelitian ini, diantaranya yaitu:

Tabel 3. 2 Lembar Pengujian Tarik

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Variasi | Pengujian | Pengujian Tarik | | | | | |
| Lebar  (mm) | Panjang  (mm) | A0  (mm²) | Fmax  (KN) | Fmax  (N) | Tegangan  (N/mm2) |
| *Raw* material | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| Rata-rata | | | | | | |  |
| Air mineral | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| Rata-rata | | | | | | |  |
| *Coolant* 30% *concentrate* | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| Rata-rata | | | | | | |  |
| Oli mesran SAE 40 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |

Tabel 3. 3 Lembar Pengujian *Bending*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Variasi | Pengujian | b  Lebar  (mm) | d  Tebal  (mm) | L  Jarak tumpuan  (mm) | P  Beban  max  (KN) | P  Beban  max  (N) | σ  Kekuatan Bending  (N/mm2) | Rata-rata |
| *Raw* material | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| Air mineral | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| *Coolant* 30% *concentrate* | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| Oli mesran SAE 40 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |

Tabel 3. 4 Lembar Pengujian Kekerasan *Vickers*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Variasi | Pengujian |  | Pengujian Kekerasan *Vickers* | | | | | |
| D1  (mm) | | D2  (mm) | D  (mm) | P  (Kgf) | Kekerasan  (VHN) | Rata-rata |
| *Raw* material | 1 |  | |  |  |  |  |  |
| 2 |  | |  |  |  |  |
| 3 |  | |  |  |  |  |
| Air mineral | 1 |  | |  |  |  |  |  |
| 2 |  | |  |  |  |  |
| 3 |  | |  |  |  |  |
| *Coolant* 30% *concentrate* | 1 |  | |  |  |  |  |  |
| 2 |  | |  |  |  |  |
| 3 |  | |  |  |  |  |
| Oli mesran SAE 40 | 1 |  | |  |  |  |  |  |
| 2 |  | |  |  |  |  |
| 3 |  | |  |  |  |  |

## Diagram alir penelitian

Studi bahan

Data Primer dan Sekunder

Uji komposisi

Pembuatan spesimen

Standar AWS D1.1, standar uji ASTM E 8M-09, E190, E92

Tidak

*Raw* material

Standar uji ASTM E 8M-09, E190, E92

Tidak

Ya

Pengelasan GMAW

Ya

Pendinginan *coolant* 30% *concentrate*

Pendinginanair mineral

Pendinginanoli mesran SAE 40

Pengujian tarik

Pengujian kekerasan

Pengujian tekan

Analisa data

Kesimpulan