

**PENGARUH PREHEATING PADA PENGELASAN
DISSIMILAR ANTARA BAJA ST 37 DAN BAJA AISI 1045
MENGGUNAKAN LAS SMAW**

(Skripsi)

Oleh

**TEGAR SATRIA
NPM 2115021073**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**PENGARUH PREHEATING PADA PENGELASAN
DISSIMILAR ANTARA BAJA ST 37 DAN BAJA AISI 1045
MENGGUNAKAN LAS SMAW**

Oleh :

TEGAR SATRIA

NPM 2115021073

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada :

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGARUH PREHEATING PADA PENGELASAN DISSIMILAR ANTARA BAJA ST 37 DAN BAJA AISI 1045 MENGGUNAKAN LAS SMAW

Oleh

Tegar Satria

Pengelasan *dissimilar* antara baja ST 37 dan baja AISI 1045 memiliki tingkat kesulitan tinggi akibat perbedaan kandungan karbon dan sifat termal material. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu *preheating* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro sambungan las *dissimilar* menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Variasi suhu *preheating* yang digunakan yaitu tanpa preheating, 150°C, 250°C, dan 350°C. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik dan pengamatan struktur mikro pada daerah Heat Affected Zone (HAZ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu *preheating* berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik dan karakteristik struktur mikro sambungan las. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada suhu preheating 250°C sebesar 431,33 MPa, sedangkan tanpa preheating dan pada suhu 350°C terjadi penurunan kekuatan tarik. Seluruh spesimen mengalami patah pada daerah base metal baja ST 37. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa *preheating* menghasilkan struktur ferit-perlit yang lebih homogen, sedangkan suhu *preheating* yang terlalu tinggi menyebabkan pertumbuhan butir berlebih yang menurunkan sifat mekanik. Dapat disimpulkan bahwa suhu *preheating* optimum pada pengelasan dissimilar baja ST 37 dan AISI 1045 menggunakan SMAW adalah 250°C.

Kata kunci: pengelasan *dissimilar*, *preheating*, SMAW, struktur mikro, uji tarik.

ABSTRAK

THE EFFECT OF PREHEATING ON DISSIMILAR WELDING BETWEEN ST 37 STEEL AND AISI 1045 STEEL USING SMAW WELDING

By

Tegar Satria

Dissimilar welding between ST 37 steel and AISI 1045 steel presents significant challenges due to differences in carbon content and thermal properties. This study aims to analyze the effect of preheating temperature variations on the mechanical properties and microstructure of dissimilar welded joints produced by the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) process. The preheating temperatures applied were no preheating, 150°C, 250°C, and 350°C. Mechanical properties were evaluated through tensile testing, while microstructural analysis was conducted in the Heat Affected Zone (HAZ). The results indicate that preheating temperature significantly influences the tensile strength and microstructural characteristics of the welded joints. The highest tensile strength, 431.33 MPa, was achieved at a preheating temperature of 250°C, whereas the specimens without preheating and those preheated at 350°C exhibited reduced tensile strength. All specimens fractured in the base metal region of ST 37 steel. Microstructural observations revealed that preheating produced a more homogeneous ferrite–pearlite structure, while excessively high preheating temperatures led to excessive grain growth, resulting in mechanical property degradation. It can be concluded that the optimum preheating temperature for dissimilar welding of ST 37 steel and AISI 1045 steel using the SMAW process is 250°C.

Keywords: dissimilar welding, preheating, SMAW, microstructure, tensile test.

Judul Skripsi

: Pengaruh *Preheating* Pada Pengelasan
Dissimilar Antara Baja ST 37 Dan Baja
AISI 1045 Menggunakan Las SMAW

Nama Mahasiswa

: Tegar Satria

No. Pokok Mahasiswa

: 2115021073

Jurusan

: Teknik Mesin

Fakultas

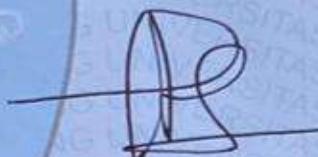
: Teknik

Pembimbing 1


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

NIP. 197004151998021001

Pembimbing 2


Zulhanif, S.T., M.T.

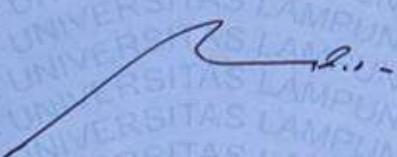
NIP. 197304022000031002

Komisi Pembimbing

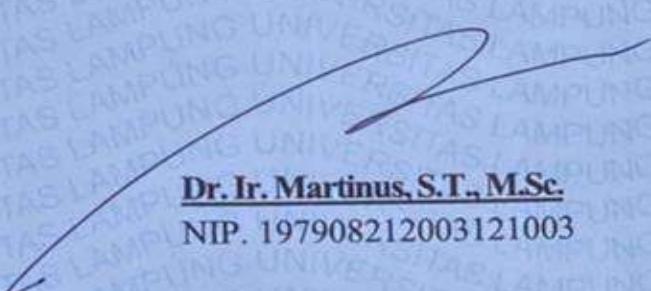
Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Program Studi
S1 Teknik Mesin


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

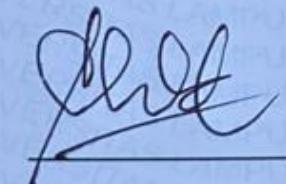
NIP. 197408162000121001


Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.
NIP. 197908212003121003

MENGESAHKAN

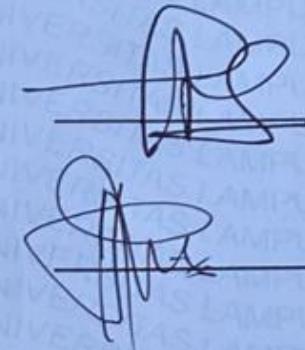
1. Tim Penguji

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



Anggota Penguji :

Zulhanif, S.T., M.T.



Penguji Utama :

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

2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 15 Januari 2026

LEMBAR PERNYATAAN

Skripsi dengan judul “**Pengaruh Preheating Pada Pengelasan Dissimilar Antara Baja ST 37 Dan Baja AISI 1045 Menggunakan Las SMAW**” ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam pasal 36 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Peraturan Rektor no. 13 tahun 2019.

Bandar Lampung, 15 Januari 2026

Yang Menyatakan,



Tegar Satria

2115021073

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 31 Maret 2003. Penulis merupakan anak ke 3 dari 3 bersaudara, pasangan Bapak Dani Wijaya dan Ibu Elia Rosa. Pendidikan formal penulis dimulai dari Sekolah Dasar di Sd Kartika II-5 (persit) Bandar Lampung pada tahun 2009. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama SMP Global Surya Bandar Lampung pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas SMA Negri 2 Bandar Lampung pada tahun 2018. Pada tahun 2021, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) bidang MINBAK sebagai ketua divisi olahraga. Pada tahun 2024, penulis melakukan Kerja Praktek Lapangan (PKL) selama 1 Bulan di PT. Pindodeli Pulp And Paper Mills 2 Karawang. Penulis menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Pengaruh Preheating pada Pengelasan Dissimilar antara Baja ST 37 dan Baja AISI 1045 Menggunakan Las SMAW.”

MOTTO

*“Allah plans are better than your dreams and in every situation, just say
Alhamdulillah.”*

*“Orang lain ga akan paham struggle dan masa sulit nya kita yang mereka ingin
tahu hanya bagian success stories. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak
ada tepuk tangan. Kelak diri kita dimasa depan akan sangat banga dengan apa
yang kita perjuangkan hari ini”*

PERSEMBAHAN

**Dengan segala kerendahan dan ketulusan hati serta Puji syukur ke hadirat
Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan ridho-Nya, skripsi ini
kupersembahkan kepada:**

**Kedua orang tua tercinta, Dani Wijaya dan Elia Rosa yang doanya tidak
pernah putus untuk anaknya dan yang akan selalu menjadi garda terdepan
untuk anak-anaknya dikala suka maupun duka.**

**Kakak-kakaku Bani Perkaso, Dea Puspa Mandiri dan Tanteku uno yang
senantiasa memberikan kasih sayang, dukungan moral maupun material,
doa yang tulus, serta motivasi tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan
hidup dan pendidikan**

Serta

Untuk Almamater tercinta,

Universitas Lampung

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Karena atas rahmat dan ridho-nya penulis dapat menyelesaikan laporan ini yang berjudul **“PENGARUH PREHEATING PADA PENGELASAN DISSIMILAR ANTARA BAJA ST 37 DAN BAJA AISI 1045 MENGGUNAKAN LAS SMAW”**. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan yang terdapat di dalamnya baik dibagian ini maupun penyajiannya. Hal ini disebabkan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan serta informasi yang penulis peroleh.

Laporan ini dapat penulis buat dan selesaikan berkat bimbingan, pendapat, dan saran-saran dari instruktur atau pembimbing dari para dosen dan segenap teman-teman Tim Tugas Akhir, oleh karena itu pada kesempatan ini diperkenankan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerjasama Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc.. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Masdar Helmi, S.T., D.E.A.,Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Ahmad Su’udi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung.
7. 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.
8. Bapak Zulhanif, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pendamping Tugas Akhir, atas kesediaan dan keikhlasannya untuk berbagi ilmu, membimbing, memberi kritik sehingga penulis dapat meyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya.
9. Bapak Harnowo Supriadi, S.T., M.T. selaku dosen pembahas dalam Tugas Akhir ini telah memberi kritik dan masukan yang bermanfaat bagi penulis.
10. Para staf admin Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang selalu bersedia membantu penyelesaian segala berkas yang diperlukan.
11. Papa dan mama kedua orang tua tercinta yang jasanya tidak ternilai bagi penulis yang telah banyak memberikan support baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti.
12. Uno (tante), Dea Puspa Mandiri (kakak), dan M. Bani Perkaso (abang) tercinta terimakasih selalu memberikan support yang tiada hentinya hingga sekarang.
13. Mayang Syifa Cania yang selalu menjadi pendengar dikala suka maupun duka dan menjadi orang yang selalu peduli dengan penulis.
14. Rekan seperjuangan tugas akhir yakni Muhammad Hafizh, karena sudah banyak membantu dan menyarankan banyak hal dalam menyusun tugas akhir ini.
15. Kepada keluaga besar Bujang RD yang membantu penulis menghilangkan stress saat banyaknya tugas kuliah.

Bandar Lampung, 15 Januari 2026

Penulis,

Tegar Satria

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRAK | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN | v |
| RIWAYAT HIDUP | vi |
| MOTTO | vii |
| PERSEMAHAN..... | viii |
| SANWACANA | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.4 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Pengelasan | 6 |
| 2.2 Jenis-jenis Pengelasan | 7 |
| 2.3 Pengelasan SMAW | 10 |
| 2.4 Baja Karbon..... | 12 |
| 2.4.1 Baja Paduan Rendah..... | 12 |
| 2.4.2 Baja Karbon Rendah | 13 |
| 2.4.3 Baja Karbon Sedang..... | 13 |
| 2.4.4 Baja Karbon Tinggi..... | 14 |
| 2.5 HAZ (<i>Heat Affected Zone</i>) | 14 |
| 2.6 <i>Preheat</i> | 16 |
| 2.7 <i>Dissimilar</i> | 17 |
| 2.8 Baja ST 37 | 18 |

| | | |
|--|--|----|
| 2.9 | Baja AISI 1045..... | 19 |
| 2.10 | Pengujian Tarik | 21 |
| 2.11 | Struktur Mikro..... | 22 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 27 | |
| 3.1 | Diagram Penelitian..... | 27 |
| 3.2 | Waktu dan Tempat Penelitian | 28 |
| 3.2.1 | Waktu Penelitian | 28 |
| 3.2.2 | Waktu Penelitian | 28 |
| 3.3 | Alat dan Bahan | 28 |
| 3.4 | Metode Penelitian | 33 |
| 3.4.1 | Studi Literatur dan Survei Lapangan | 33 |
| 3.4.2 | Persiapan Material..... | 34 |
| 3.4.3 | Pembuatan Kampuh | 34 |
| 3.4.4 | Prosedur <i>Preheating</i> | 35 |
| 3.4.5 | Prosedur Pengelasan..... | 36 |
| 3.4.6 | Pembuatan Spesimen..... | 37 |
| 3.4.7 | Prosedur Pengujian..... | 38 |
| 3.5 | Pengambilan Data | 39 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 40 | |
| 4.1 | Proses pembuatan spesimen dan hasil pengelasan spesimen..... | 40 |
| 4.2 | Hasil dan Pembahasan Uji Tarik | 46 |
| 4.3 | Hasil dan Pembahasan Struktur Mikro..... | 54 |
| BAB V SIMPULAN DAN SARAN | 62 | |
| 5.1 | Simpulan..... | 62 |
| 5.2 | Saran | 63 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Skema Las MIG | 8 |
| Gambar 2. 2 Las Busur listrik | 9 |
| Gambar 2. 3 Pengelasan SMAW | 12 |
| Gambar 2. 4 <i>Heat Affected Zone</i> (HAZ) | 15 |
| Gambar 2. 5 Kurval Tegangan Regangan | 21 |
| Gambar 2. 6 Diagram Iron Phase..... | 22 |
| Gambar 2. 7 <i>Ferrit</i> | 23 |
| Gambar 2. 8 Cementit | 24 |
| Gambar 2. 9 <i>Pearlite</i> | 25 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian..... | 27 |
| Gambar 3. 2 <i>Oxygen Acetylene Gas</i> | 29 |
| Gambar 3. 3 Mesin Las | 29 |
| Gambar 3. 4 Alat Uji Struktur Mikro..... | 30 |
| Gambar 3. 5 Alat Uji Tarik | 31 |
| Gambar 3. 6 Sketsa pembuatan kampuh | 34 |
| Gambar 3. 7 Proses <i>Preheating</i> | 35 |
| Gambar 3. 8 Proses Pengelasan | 36 |
| Gambar 3. 9 Dimensi Spesimen Pengamatan Struktur Mikro | 37 |
| Gambar 3. 10 Dimensi Spesimen Uji Tarik | 37 |
| Gambar 4. 1 Kampuh V Pada Baja ST 37 dan AISI 1045..... | 41 |
| Gambar 4. 2 Proses <i>Preheat</i> 150° | 41 |
| Gambar 4. 3 Proses <i>Preheat</i> 250° | 42 |
| Gambar 4. 4 Proses <i>Preheat</i> 350° | 42 |
| Gambar 4. 5 Proses Pemotongan Spesimen Uji Tarik | 43 |
| Gambar 4. 6 Spesimen Uji Tarik Tanpa <i>Preheat</i> | 44 |
| Gambar 4. 7 Spesimen Uji Tarik <i>Preheat</i> 150° | 44 |
| Gambar 4. 8 Spesimen Uji Tarik <i>Preheat</i> 250° dan 350° | 45 |
| Gambar 4. 9 Spesimen Pengamatan Struktur Mikro..... | 45 |
| Gambar 4. 10 Spesimen Setelah Dilakukan pengujian Tarik Tanpa <i>Preheating</i> ... | 46 |
| Gambar 4. 11 Spesimen Setelah Dilakukan pengujian Tarik Variasi 150° | 47 |
| Gambar 4. 12 Spesimen Setelah Dilakukan pengujian Tarik Variasi 250° | 47 |
| Gambar 4. 13 Spesimen Setelah Dilakukan pengujian Tarik Variasi 350° | 48 |
| Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Tensile Strength | 49 |
| Gambar 4. 15 Grafik <i>Stress-strain</i> Spesimen Tanpa <i>Preheat</i> | 50 |
| Gambar 4. 16 Grafik <i>Stress-strain</i> Spesimen <i>Preheat</i> 150°C | 51 |
| Gambar 4. 17 Grafik <i>Stress-strain</i> Spesimen <i>Preheat</i> 250°C | 52 |
| Gambar 4. 18 Grafik <i>Stress-strain</i> Spesimen <i>Preheat</i> 350°C | 52 |
| Gambar 4. 19 HAZ Spesimen Tanpa <i>Preheat</i> (a) Baja ST 37 (b) AISI 1045..... | 54 |

Gambar 4. 20 HAZ Spesimen *Preheat* 350°C (a) Baja ST 37 (b) AISI 104555
Gambar 4. 21 *Welding* baja ST 37 & AISI 1045 (a) Tanpa *Preheat* (b) *Preheat*..59

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Kurval Tegangan Regangan (wiryoumarto, 2000) | 14 |
| Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Baja ST 37 (Wunda et al, 2019) | 18 |
| Tabel 2. 3 Karakteristik Baja ST 37 (Wunda et al, 2019)..... | 19 |
| Tabel 2. 4 Komposisi Baja AISI 1045 (MatWeb)..... | 19 |
| Tabel 2. 5 Komposisi Baja AISI 1045 (MatWeb)..... | 20 |
| Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin Las SMAW..... | 30 |
| Tabel 3. 2 Spesifikasi Elektroda..... | 30 |
| Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Pengamatan Struktur Mikro | 31 |
| Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Uji Tarik | 32 |
| Tabel 3. 5 Karakteristik baja ST 37 (Wunda et al, 2019) | 32 |
| Tabel 3. 6 Karakteristik baja AISI 1045 (MatWeb)..... | 33 |
| Tabel 3. 7 Dimensi Spesimen Pengamatan Struktur Mikro | 37 |
| Tabel 3. 8 Data Hasil Uji Tarik | 39 |
| Tabel 4. 1 Data Hasil Uji Tarik..... | 48 |

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknik pengelasan mampu menyatukan potongan-potongan logam yang berbeda jenis. Teknik menyambungkan dua logam hingga mencapai titik rekristalisasi logam dan menggunakan energi panas untuk melelehkan bahan yang akan dilas juga disebut sebagai pengelasan (Kusuma dkk., 2017). Pengelasan (*Welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam continue. Ada beberapa macam jenis las, dan yang paling sering digunakan dalam rancangan bangunan adalah las Shielded Metal Arc Welding (SMAW) atau yang biasa disebut las busur listrik. Las SMAW sering digunakan karena memiliki banyak kelebihan, antara lain mudah pengoperasiannya, dapat digunakan untuk mengelas berbagai tipe sambungan, posisi, biaya pengoperasian yang relatif rendah, serta dapat dioperasikan di dalam maupun di luar ruangan (Swasono, 2018).

Teknologi tentang pengelasan merupakan cara penting yang sulit dipisahkan dalam kaitannya dalam teknologi manufaktur. Las bisa diartikan sebagai suatu penghubung bahan yang dilakukan pada sambungan logam ataupun campuran logam yang dilakukan saat logam mencair. Hasil optimal bisa didapatkan dengan memperhatikan secara baik dan terperinci tahapan pengelasan pada proses penyambungan logam mulai dari tahapan perencanaan sampai tahapan eksekusi. Tahapan dimulai dari pemilihan jenis pengelasan sampai pada tahapan pemilihan sudut dan jenis kampuh yang nanti akan digunakan (Budiarto & Santoso, 2022).

Ada banyak faktor yang perlu diperhatikan dalam pengelasan saat merancang konstruksi logam, termasuk pengalaman pengelas, pemahaman yang baik tentang teknik pengelasan, serta kualitas bahan yang akan dilas. Semua aspek ini harus dipertimbangkan ketika merancang mesin atau bangunan yang menggunakan sambungan las. Proses pengelasan mencakup pemilihan berbagai parameter, seperti tegangan busur las, arus las, penetrasi, kecepatan las, serta persyaratan konvensional lainnya seperti bentuk alur las, ketebalan pelat, jenis elektroda, dan diameter las. Parameter-parameter ini berpengaruh pada kualitas mekanis dari inti elektroda dan logam yang dilas. (I Dewa Made Krishna Muku, 2019)

ST 37 adalah baja karbon rendah yang memiliki keuletan tinggi dan mudah dilas, sedangkan AISI 1045 adalah baja karbon menengah yang memiliki kekuatan tarik lebih tinggi namun lebih sulit dilas karena kandungan karbonnya yang lebih besar (Callister & Rethwisch, 2018). Penyambungan kedua jenis baja ini menghadirkan tantangan tersendiri, terutama terkait dengan kemungkinan terjadinya cacat las seperti retak, porositas, atau tegangan sisa yang tinggi akibat perbedaan laju pendinginan dan ekspansi termal.

Preheating membantu mengurangi gradien termal antara kedua material, sehingga mencegah retak dan cacat las akibat tegangan sisa. Suhu *preheating* yang tepat juga dapat meningkatkan difusi atom pada zona las, memperbaiki ikatan metalurgi, dan mengurangi risiko pembentukan fase intermetalik yang rapuh. Namun, pengelasan *dissimilar* tetap memiliki tingkat kerumitan tinggi karena perbedaan konduktivitas termal dan koefisien ekspansi kedua logam, sehingga jarang diaplikasikan dalam industri kecuali untuk kebutuhan khusus, seperti pada komponen kapal yang memerlukan ketahanan korosi dan kekuatan mekanik gabungan. Kelemahan utamanya adalah munculnya tegangan sisa yang signifikan jika *preheating* tidak optimal, sehingga dapat menurunkan kekuatan material dan memicu retak (Xie dkk., 2020).

Beberapa studi sebelumnya telah mengindikasikan bahwa perlakuan *preheating* memiliki dampak positif terhadap hasil pengelasan dissimilar, terutama dalam mengurangi cacat las dan meningkatkan struktur mikro. Namun, masih sedikit penelitian yang secara khusus meneliti pengaruh *preheating* pada kombinasi baja ST 37 dan AISI 1045 menggunakan metode pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Padahal, metode ini tetap banyak digunakan di lapangan karena efisiensinya dan biaya yang relatif rendah. (Nugraha, 2021)

Untuk menilai kualitas sambungan hasil pengelasan, dua jenis evaluasi utama dilakukan, yaitu analisis struktur mikro dan uji tarik. Struktur mikro akan menunjukkan perubahan fasa akibat panas selama pengelasan, sedangkan uji tarik digunakan untuk mengetahui kekuatan mekanik dari hasil sambungan, yang menjadi indikator utama keberhasilan proses pengelasan (ASTM E8/E8M-13a, 2013).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh *pre-heating* terhadap kualitas sambungan las *Dissimilar* antara baja ST 37 dan baja AISI 1045 menggunakan proses las SMAW. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga dapat menjadi acuan teknis dalam aplikasi industri yang melibatkan pengelasan dua baja karbon dengan karakteristik yang berbeda.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian adalah sebagai berikut :

Menganalisis pengaruh variasi suhu *pre-heat* terhadap karakteristik struktur mikro dan pengujian tarik dari hasil pengelasan *dissimilar* antara baja ST 37 dan AISI 1045.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya akan fokus pada *pre-heat* dan pengelasan *dissimilar* antara baja ST 37 dan AISI 1045.
2. Proses pengelasan yang digunakan adalah metode SMAW dengan variasi suhu *pre-heat* tertentu.
3. Pengujian yang dilakukan terbatas pada analisis struktur mikro dan uji tarik.

1.4 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh suhu *pre-heat* terhadap struktur mikro hasil pengelasan antara baja ST 37 dan AISI 1045?
2. Apa pengaruh *pre-heat* terhadap kekuatan tarik sambungan las antara kedua jenis baja tersebut?

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang pengelasan, *pre-heat*, tujuan dari dilaksanakannya penelitian, batasan masalah, rumusan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan mengenai teori yang berhubungan dan mendukung pembahasan masalah yang diambil.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang metode-metode yang digunakan penulis dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan. Berikut beberapa tahap yang dilakukan, yaitu tempat penelitian, bahan penelitian, peralatan penelitian, prosedur pengujian, dan diagram alir pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang data serta hasil penelitian dan perhitungan yang telah didapatkan selama penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas mengenai kesimpulan yang didapat dari pembahasan serta memberikan saran selama kegiatan pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Bab ini merupakan referensi daftar berisi informasi mengenai judul buku, nama pengarang, penerbit, dan sebagainya.

LAMPIRAN

Bab ini merupakan dokumen tambahan atau pendukung seperti gambar atau foto selama kegiatan pelaksanaan penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Sejarah pengelasan dimulai sejak peradaban kuno. Vural, 2014 mencatat bahwa pada 4000 SM bangsa Sumeria sudah menyambung logam, dan sekitar 2700 SM bangsa Mesir membangun pipa tembaga menggunakan teknik fire *Welding*. Perkembangan pesat baru terjadi pada akhir abad ke-19 ketika Nikolai Bernados mengembangkan las busur (antara 1880–1887) yang menjadi cikal-bakal pengelasan busur listrik modern. Selepas itu, berbagai metode baru bermunculan dalam abad ke-20, misalnya pada 1930-an mulai digunakan pengelasan busur terendam (submerged arc) di galangan kapal, tahun 1941 dikembangkan las Heliarc untuk aluminium, tahun 1948 muncul las busur gas inersia (TIG), serta tahun 1953 proses las gas CO₂ diperkenalkan 7 ke industri. Pada 1960-an ditemukan pula las busur plasma dan las sinar elektron untuk industri dirgantara, dan belakangan inovasi terkini seperti pengelasan gesek (friction *Welding*) dan pengelasan laser mulai diterapkan.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Mengelas menurut Alip (1989) adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian

rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. 13 Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya.

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan. Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan. (Santoso, 2006)

2.2 Jenis-jenis Pengelasan

Berdasarkan cara yang digunakan, pengelasan yang banyak digunakan saat ini adalah pengelasan cair dengan busur dan gas, diantaranya : (Wiryosumarto, 2000) :

- a. Las Busur Logam Gas (*Gas Metal Arc Welding/MIG*).

GMAW merupakan proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari busur listrik antara elektroda yang sekaligus berfungsi sebagai logam yang terumpan

- b. Las Busur Elektroda Terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*)

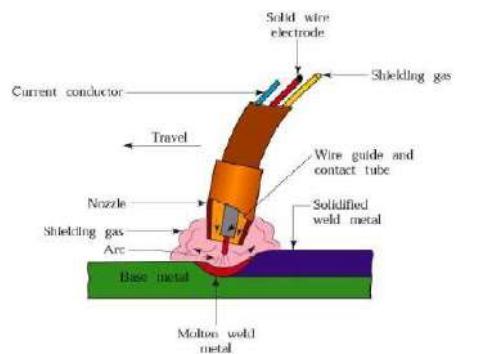
Las SMAW merupakan proses pengelasan dimana panas yang dihasilkan berasal dari busur listrik antar ujung elektroda dengan logam yang dilas. Elektroda terdiri dari kawat logam sebagai

pengantar arus listrik ke busur dan sekaligus sebagai bahan pengisi (*filler*). Kawat ini dibungkus dengan bahan fluks, biasanya dipakai arus listrik yang tinggi (100 – 500 A) dan potensial yang rendah (10 – 50 V). Selama pengelasan, fluks mencair dan membentuk terak yang berfungsi sebagai lapisan pelindung logam las terhadap udara sekitarnya. Fluks juga menghasilkan gas yang bisa melindungi butiran – 14 butiran logam cair yang berasal dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh ke tempat sambungan.

c. Las Busur Rendam (Submerged Arc Welding/SAW)

Las busur rendam merupakan proses pengelasan dimana busur listrik dan logam cair tertutup oleh lapisan serbuk fluks, sedangkan kawat pengisi (*filler*) diumpulkan secara kontinyu. Pengelasan ini dilakukan secara otomatis dengan arus listrik antara 500 – 2000 ampere.

d. Las Terak Listrik (Electroslag Welding)



Gambar 2. 1 Skema Las MIG

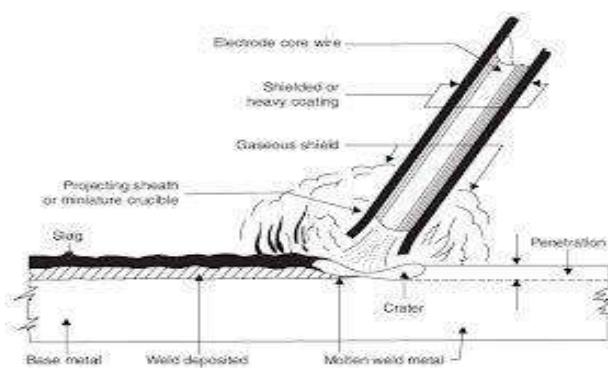
(Yulistiawan, 2016)

Las terak listrik merupakan proses pengelasan dimana energi panas untuk melelehkan logam dan logam pengisi (*filler*) berasal dari terak yang berfungsi sebagai tahanan listrik ketika terak tersebut dialiri listrik. Pada awal pengelasan, fluks dipanasi oleh busur listrik yang mengenai dasar sambungannya. Logam las terbentuk

pada arah vertikal sebagai hasil dari campuran antara bagian sisi dari logam induk dengan logam pengisi (*filler*) cair. Proses pencampuran ini berlangsung sepanjang alur sambungan las yang dibatasi oleh plat yang didinginkan dengan air. (*filler*) dan logam yang dilas. Las ini disebut juga metal inert gas (MIG), karena menggunakan gas mulia seperti argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam cair.

e. Las Busur Listrik

Las busur listrik adalah cara pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan logam. Klasifikasi las busur listrik yang digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda terbungkus. Prinsip pengelasan las busur listrik adalah sebagai berikut : arus listrik yang cukup padat dan tegangan rendah, bila dialirkkan pada dua buah logam yang konduktif, akan menghasilkan loncatan elektroda yang dapat menimbulkan panas yang sangat tinggi sehingga mencapai suhu 5000° C, akibatnya mudah mencairkan kedua logam tersebut. Proses pemindahan logam cair mempengaruhi sifat las dari logam, dapat dikatakan bahwa butiran logam cair yang halus mempunyai sifat mampu las yang baik. (Yulistiawan, 2016).



Gambar 2. 2 Las Busur listrik

(Yulistiawan, 2016)

f. Las Oksi Asetilen (*Oxyacetylene Welding*)

Pada las Oxyacetylene, panas dihasilkan dari reaksi pembakaran antar gas acetylene dan oksigen. Nyala yang dihasilkan terdiri dari dua daerah/zona, yaitu : daerah pembakaran primer (primary combustion) dan daerah pembakaran sekunder. Pada daerah pembakaran primer, menghasilkan panas sekitar 1/3 dari total panas pembakaran sempurna. Sedangkan pada daerah pembakaran sekunder, terjadi setelah pembakaran primer berlangsung.

g. Las Busur Tungsten Gas Mulia (GTAW)

GTAW merupakan proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari loncatan busur listrik antara elektroda yang terbuat dari wolfram/tungsten dan logam yang dilas. Pada pengelasan ini, logam induk tidak ikut terumpan. Untuk melindungi elektroda dan daerah las, digunakan gas mulia (argon atau helium). Sumber arus yang digunakan bisa AC (arus bolak – balik) ataupun DC (arus searah).

h. Pengelasan Gesek (*Friction Stir Welding*)

Friction Stir Welding merupakan proses penyambungan logam dengan memanfaatkan energi panas yang diakibatkan oleh gesekan antara dua material.

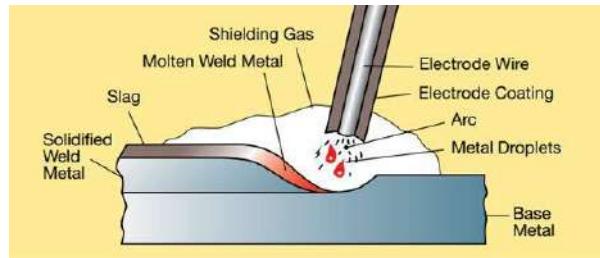
2.3 Pengelasan SMAW

Pengelasan SMAW atau *Shielded Metal Arc Welding*, adalah salah satu metode pengelasan yang paling banyak digunakan. Proses ini melibatkan pembentukan busur listrik antara elektroda yang terlindung dan logam dasar yang akan disambung. Selama pengelasan, busur listrik menghasilkan suhu yang cukup tinggi untuk melelehkan baik logam dasar maupun ujung elektroda secara bersamaan. Pada saat yang sama, fluks yang melapisi elektroda akan meleleh dan membentuk lapisan

pelindung di sekitar area pengelasan. Fluks pada elektroda memiliki beberapa fungsi penting dalam proses pengelasan SMAW. Salah satunya adalah melindungi titik pengelasan dari kontaminasi atmosfer, seperti oksigen dan nitrogen, yang dapat menyebabkan cacat pada hasil las. Fluks juga berperan dalam mengatur aliran logam cair dan membentuk terak, yang dapat meningkatkan kualitas las. Penggunaan fluks pada elektroda memungkinkan pengelasan dilakukan dalam berbagai kondisi, termasuk di lingkungan terbuka atau saat terkena angin. Selain itu, fluks juga memberikan kekuatan tambahan pada sambungan las. Oleh karena itu, pengelasan SMAW merupakan teknik yang efektif dan serbaguna untuk menyambung logam, dengan fluks yang berfungsi melindungi dan membantu menghasilkan lasan yang kuat dan berkualitas (Sudirman & Subiyanto, 2023).

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) yaitu penyambungan dua buah logam atau lebih menjadi satu dengan jalan pelehan atau pencairan dengan busur nyala listrik. Jadi las listrik atau las busur listrik merupakan proses penyambungan logam dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber panasnya. Pengelasan dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu las tahanan listrik dan las busur nyala listrik (Marwanto, 2007).

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk 20 terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. (Santoso, 2006).



Gambar 2. 3 Pengelasan SMAW

(Allpro , 2021)

2.4 Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si,Mn, P, S dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, oleh karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, baja karbon sedang mengandung kadar karbon 0,3% - 0,6% dan baja karbon tinggi mengandung kadar karbon 0,6% - 1,7%. Bila kadar karbon naik, maka kekuatan dan kekerasannya bertambah tinggi tetapi perpanjangannya menurun (Wiryosumarto,2000).

2.4.1 Baja Paduan Rendah

Baja paduan rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan banyak digunakan untuk kapal, jembatan, roda kerta api, ketel uap, tangki-tangki dan dalam permesinan. Baja paduan rendah dibagi menurut sifatnya yaitu baja tahan suhu rendah, baja kuat dan baja tahan panas. (Santoso,2006).

- a. Baja tahan suhu rendah. Baja ini mempunyai kekuatan tumbuk yang tinggi dan suhu transisi yang renda, karena itu dapat digunakan dalam kontruksi untuk suhu yang lebih rendah dari suhu biasa.

- b. Baja kuat Baja ini dibagi dalam dua kelompok yaitu kekuatan tinggi dan kelompok ketangguhan tinggi. Kelompok kekuatan tinggi mempunyai sifat mampu las yang baik karena kadar karbonnya rendah. Kelompok ini sering digunakan dalam kontruksi las. Kelompok yang kedua mempunyai ketangguhan dan sifat mekanik yang sangat baik. Kekuatan tarik untuk baja kuat berkisar antara 50 sampai 100 kg/mm².
- c. Baja tahan panas adalah baja paduan yang tahan terhadap panas, asam dan mulur. Baja tahan panas yang terkenal adalah baja paduan jenis Cr-Mo yang tahan pada suhu 6000C.

Pengelasan yang banyak digunakan untuk baja paduan rendah adalah las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Perubahan struktur daerah las selama pengelasan, karena danya pemanasan dan pendinginan yang cepat menyebabkan daerah HAZ menjadi keras. Kekerasan yang tertinggi terdapat pada daerah HAZ.

2.4.2 Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%. Baja karbon rendah sering disebut dengan baja ringan (mild steel) atau baja perkakas. Jenis baja yang umum dan banyak digunakan adalah jenis cold roll steel dengan kandungan karbon 0,08% - 0,3% yang biasa digunakan untuk body kendaraan (Sack, 1997).

2.4.3 Baja Karbon Sedang

Baja Karbon Menengah (Medium Carbon Steel) mengandung karbon antara 0,30% - 0,60% C. Baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alatalat perkakas bagian mesin juga dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya. (Murtiono, 2012)

2.4.4 Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon paling tinggi jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan baja karbon sedang, yakni memiliki kandungan karbon 0,6% - 1,7%. Pada umumnya, baja karbon tinggi lebih sukar dalam proses pengelasan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan sedang, karena keuletan yang berkurang dan sukar dibentuk .

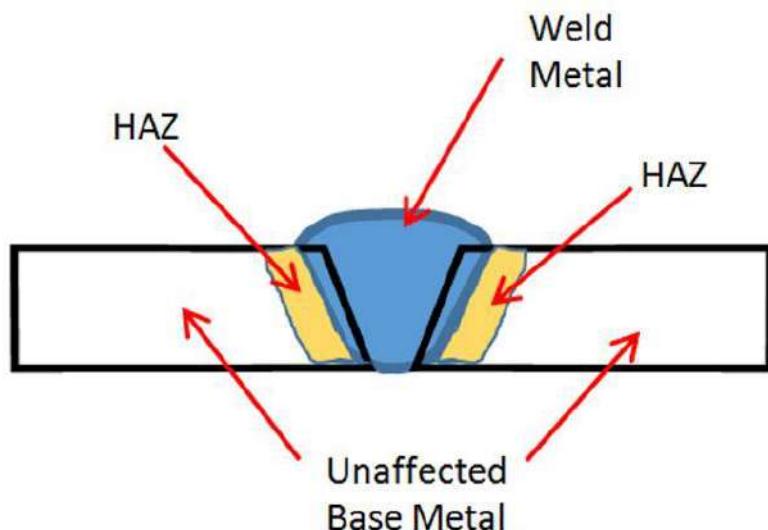
Table 2. 1 Kurval Tegangan Regangan (wiryoumarto, 2000)

| Jenis | Kadar Karbon (%) | Kek. Luluh (Kg/mm ²) | Kek.Tarik (Kg/mm ²) | Kek. Brinel | Penggunaan |
|---------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------|
| Baja Karbon Rendah: | | | | | |
| Baja Lunak Khusus | 0,08 | 18–28 | 32 – 36 | 95 – 100 | Pelat Tipis |
| Baja Sangat Lunak | 0,08–0,12 | 20–29 | 36 – 42 | 80 – 120 | Batang,Kawat |
| Baja Lunak | 0,12–2,0 | 22–30 | 38 – 48 | 100 – 130 | Konstruksi |
| Baja Setengah Lunak | 2,0–0,3 | 24–36 | 44 – 45 | 112 – 145 | Umum |
| Baja Karbon Sedang | 0,3–0,5 | 30–40 | 50 - 60 | 140 - 170 | Alat-Alat Mesin |
| Baja Karbon Tinggi: | | | | | |
| Baja keras | 0,5–0,6 | 34–46 | 58 – 70 | 160 – 200 | Perkakas, Rel, Pegas |
| Baja Sangat Keras | 0,6–0,8 | 36–47 | 36 – 47 | 180 – 235 | Kawat Piano |

2.5 HAZ (*Heat Affected Zone*)

Daerah pengaruh panas (HAZ) adalah area pada logam induk yang mengalami pemanasan dan pendinginan yang cepat. Struktur logam di daerah ini berubah secara bertahap dari struktur logam induk menuju struktur logam las. Variasi perubahan struktur pada daerah pengaruh panas biasanya tergantung pada kandungan karbon dan unsur paduan lainnya dalam besi. Suhu di sekitar logam las juga bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Selain itu, logam yang terpengaruh oleh panas memiliki struktur dan sifat mekanis yang berbeda (Bontong, 2019).

Logam las adalah bagian dari logam yang mencair saat proses pengelasan dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas (HAZ) adalah logam dasar yang terletak di dekat logam las. Perbedaan temperatur pemanasan menyebabkan daerah logam las dan HAZ mengalami pendinginan, karena selama proses pengelasan berlangsung, keduanya mengalami siklus termal pemanasan.



Gambar 2. 4 *Heat Affected Zone (HAZ)*

(CWB Group, 2025)

HAZ terdiri dari beberapa sub-zona yang ditentukan oleh temperatur maksimum yang dicapai selama proses pengelasan. Umumnya, struktur mikro di dalam HAZ dipengaruhi oleh jenis logam dasar, laju pemanasan dan pendinginan, serta metode pengelasan yang digunakan. Sebagai contoh, pada baja karbon, HAZ dapat dibagi menjadi zona austenitisasi penuh, zona austenitisasi parsial, dan zona transformasi subkritis. Struktur mikro yang terbentuk dapat mencakup ferit, perlit, bainit, martensit, atau kombinasi dari struktur-struktur tersebut, tergantung pada laju pendinginan. Pembentukan struktur keras seperti martensit di HAZ dapat menyebabkan kerapuhan dan retak jika tidak dikelola dengan baik.

2.6 *Preheat*

Preheating adalah proses pemanasan yang diterapkan pada logam yang akan dilas untuk mencapai dan mempertahankan suhu *preheat* , menurut definisi dari *American Welding Society* (AWS). *Preheat* temperature merujuk pada suhu logam induk (base metal) di sekitar area yang akan dilas sebelum pengelasan dimulai. Dalam konteks pengelasan multipass, istilah ini juga dikenal sebagai interpass temperature , yang berarti suhu antara pass (celah) (Husni, 2020).

Dalam aplikasi-aplikasi yang bersifat kritis, pengendalian *preheat* temperature harus dilakukan dengan sangat tepat. Dalam kondisi seperti ini, diperlukan sistem pemanasan yang dapat diatur. *Thermocouple* dipasang untuk memantau area yang sedang dipanaskan. Thermocouple ini memberikan sinyal yang digunakan untuk mengontrol unit yang dapat menyesuaikan kebutuhan sumber energi untuk memanaskan komponen tersebut. Dengan menggunakan peralatan jenis ini, proses pemanasan pada komponen dapat dikendalikan dengan toleransi yang sangat kecil.Berikut alasan melakukan *preheating* antara lain:

- a. Untuk mengurangi kelembaban di area pengelasan, biasanya dilakukan pemanasan pada permukaan material dengan suhu yang relatif rendah, sedikit di atas titik didih air. Proses ini bertujuan untuk mengeringkan permukaan dan menghilangkan kontaminan yang tidak diinginkan, yang dapat menyebabkan porositas, hydrogen embrittlement, atau retak akibat hidrogen selama proses pengelasan.
- b. Untuk mengurangi gradien temperatur, semua proses pengelasan busur menggunakan sumber panas dengan temperatur tinggi. Selama pengelasan, akan terjadi perbedaan temperatur antara sumber panas lokal dan material induk yang lebih dingin. Perbedaan temperatur ini menyebabkan perbedaan dalam pemuaian dan kontraksi panas, serta menghasilkan tegangan tinggi di sekitar area

pengelasan. *Preheating* dapat mengurangi perbedaan temperatur pada material induk, sehingga meminimalkan masalah seperti distorsi dan tegangan sisa yang berlebihan. Jika *preheating* tidak dilakukan, perbedaan temperatur yang signifikan dapat terjadi antara area las dan logam induk. Hal ini dapat menyebabkan pendinginan yang terlalu cepat, yang berpotensi menghasilkan martensit (Hadi, 2015).

2.7 *Dissimilar*

Proses pengelasan *dissimilar* adalah proses pengelasan yang menyambungkan dual macam jenis logam yang berbeda. pengelasan *dissimilar* mempunyai tingkat kerumitan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengelasan dengan logam yang sama jenis. karena logam yang tidak sejenis mempunyai karakteristik yang berbeda satu sama lainnya. Sehingga proses pengelasan logam yang tidak sejenis membutuhkan beberapa teknik tertentu, misalnya pemilihan logam yang akan disambung harus tepat, pemilihan elektroda yang sesuai. Untuk itu dibutuhkan suatu cara agar pengelasan *dissimilar* lebih dapat diterima dan pada akhirnya dapat diaplikasikan dengan baik sesuai dengan yang diinginkan (Mustafid dkk., 2011).

Dalam konteks pengelasan antara baja, perbedaan signifikan dalam kandungan karbon. ST 37 merupakan baja karbon rendah dengan kandungan karbon sekitar 0,17%, sedangkan AISI 1045 adalah baja karbon menengah dengan kandungan karbon sekitar 0,45%. Perbedaan ini berpengaruh terhadap perilaku kedua logam selama pengelasan. AISI 1045 lebih cenderung mengalami pengerasan akibat pembentukan martensit pada daerah *Heat Affected Zone* (HAZ), yang dapat menyebabkan retak dingin jika tidak dilakukan perlakuan termal yang sesuai. Oleh karena itu, penggunaan teknik *pre-heating* menjadi sangat penting dalam pengelasan *dissimilar* jenis ini untuk mencegah terjadinya cacat las (Luttrell, 2007).

2.8 Baja ST 37

Baja ST 37 adalah jenis baja karbon rendah yang umum digunakan dalam industri konstruksi dan manufaktur. Karakteristik utama dari baja ini adalah keuletan tinggi, kemampuan deformasi yang baik, dan kemudahan dalam proses pengelasan. Dengan kandungan karbon yang rendah, baja ST 37 memiliki struktur mikro yang didominasi oleh ferit dan sedikit perlit, yang menjadikannya mudah dilas tanpa risiko signifikan pembentukan struktur getas akibat pemanasan lokal. Baja ini juga memiliki kekuatan tarik minimum sekitar 370 MPa, cukup untuk berbagai aplikasi struktural seperti rangka bangunan, kendaraan, dan komponen mesin (Callister & Rethwisch, 2014).

Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Baja ST 37 (Wunda et al, 2019)

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

Dalam aplikasinya, baja ST 37 digunakan secara luas dalam pembuatan struktur bangunan, rangka kendaraan, jembatan, pipa, tangki penyimpanan, serta berbagai komponen mesin yang tidak mengalami beban sangat tinggi. Sifat daktilitasnya yang tinggi memungkinkan baja ini dibentuk melalui proses cold working tanpa menyebabkan retakan atau kerusakan. Selain itu, kemudahan pengelasan dari baja ST 37 menjadikannya pilihan utama dalam proyek konstruksi berskala besar di mana efisiensi dan kecepatan penggerjaan sangat dibutuhkan (Degarmo dkk., 2012).

Tabel 2. 3 Karakteristik Baja ST 37 (Wunda et al, 2019)

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

2.9 Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon menengah dengan kandungan karbon sekitar 0,42% hingga 0,50%, yang memberikan sifat mekanik yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon rendah. Baja ini memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan ketahanan aus yang baik, sehingga banyak digunakan dalam pembuatan poros, roda gigi, dan komponen mesin berat. Namun, kandungan karbon yang lebih tinggi juga menyebabkan baja ini memiliki kecenderungan untuk membentuk martensit (Degarmo dkk., 2012).

Tabel 2. 4 Komposisi Baja AISI 1045 (MatWeb)

| Kandungan Unsur | Berat |
|------------------------|-------------------|
| C | 0,42-0,50 % |
| Mn | 0,60-0,90 % |
| Phosphorus | 0,040 % |
| Sulfur | 0,050 % |
| Iron, Fe | 98,51 % - 98,98 % |

Selain itu, dalam praktik industri, baja AISI 1045 biasanya tidak dilas secara langsung tanpa mempertimbangkan parameter kritis seperti suhu awal, jenis elektroda, dan waktu pemanasan. Penggunaan elektroda hidrogen rendah seperti E7018 sering direkomendasikan untuk mencegah porositas dan retakan. Suhu *pre-heating* yang disarankan pada baja ini umumnya berkisar antara 150°C hingga 300°C tergantung pada ketebalan dan ukuran material, dengan tujuan memperlambat pendinginan setelah pengelasan serta mengurangi gradien suhu antara area las dan logam dasar. Dalam konteks pengelasan *Dissimilar*, karakteristik termal dari AISI 1045 harus diseimbangkan dengan sifat termal baja ST 37 yang lebih lunak dan memiliki koefisien ekspansi berbeda, agar sambungan yang dihasilkan memiliki ketahanan mekanik dan struktur mikro yang stabil. Berikut merupakan karakteristik baja AISI 1045 yang dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini

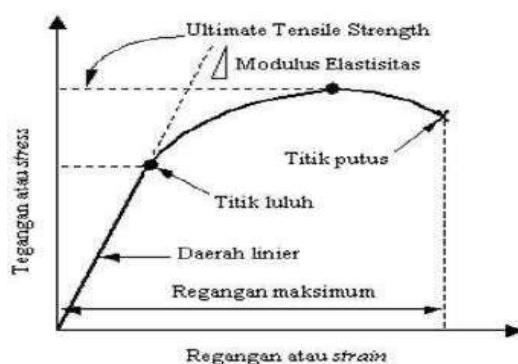
Tabel 2. 5 Komposisi Baja AISI 1045 (MatWeb)

| | |
|---|--------------|
| <i>Density (g/cc)</i> | 7,85 |
| <i>Tensile Strength, Ultimate</i> | 625 Mpa |
| <i>Tensile Strength, Yield</i> | 530 Mpa |
| <i>Elongation at Break</i> | 12% |
| <i>Reduction of Area</i> | 35% |
| <i>Modulus Elastisitas</i> | 206 Gpa |
| <i>Bulk Modulus</i> | 163 Gpa |
| <i>Machinability and Poissons Ratio</i> | 55% dan 0.29 |

2.10 Pengujian Tarik

Pengujian kekuatan tarik merupakan pembebanan pada bahan dengan memberikan gaya yang berlawanan pada bahan dengan arah menjauh dari titik tengah. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu bahan. Pengujian ini paling sering dilakukan karena merupakan dasar pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan. Hasil dari penarikan kekuatan tarik terhadap bahan adalah perubahan bentuk (deformasi) bahan, yaitu pergeseran butiran kristal bahan hingga terlepasnya ikatan kristal tersebut karena gaya maksimum (sardi dkk., 2018).

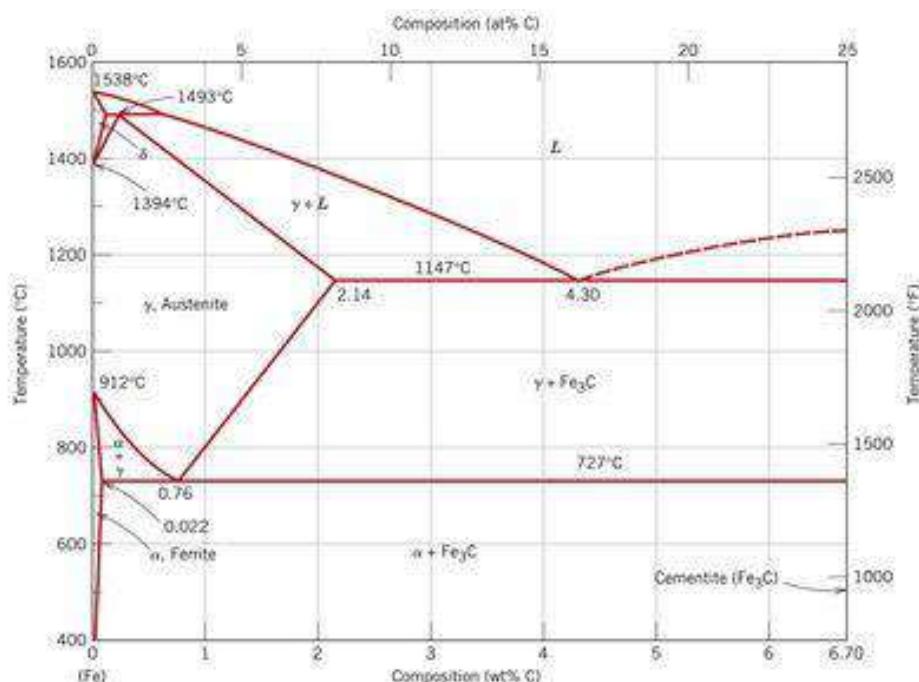
Uji tarik (*tensile test*) merupakan salah satu metode pengujian mekanik paling umum yang digunakan untuk menilai kemampuan suatu material dalam menahan gaya tarik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejumlah sifat mekanik penting, seperti kuat tarik maksimum (*ultimate tensile strength*), batas luluh (*yield strength*), modulus elastisitas, dan regangan maksimum hingga patah. Prosedur uji tarik dilakukan dengan memberikan gaya tarik aksial secara perlahan terhadap spesimen berbentuk standar hingga spesimen mengalami kegagalan atau putus. Selama pengujian berlangsung, mesin uji tarik akan mencatat perubahan panjang spesimen terhadap gaya tarik yang diberikan, sehingga diperoleh kurva tegangan-regangan (*stress-strain curve*) sebagai representasi perilaku mekanik material (Callister & Rethwisch, 2014).



Gambar 2. 5 Kurval Tegangan Regangan
(Urmalrtono & Iralwahn, 2018).

2.11 Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengevaluasi hasil struktur mikro pada spesimen yang telah melalui proses pengelasan dengan perlakuan pemanasan awal. Untuk uji struktur mikro, penting agar permukaan spesimen bersih dan halus agar struktur yang terlihat dapat terdistribusi secara merata. Proses pengamplasan dilakukan dengan menggunakan amplas berukuran No 180, 240, 360, 600, 800, 1000, dan P1200. Setelah proses pengamplasan, pemolesan dilakukan untuk meratakan dan menghaluskan permukaan sampel logam menggunakan kain poles. Akhirnya, sampel dietsa dengan cairan Nital (HNO_3) (Sumiyanto & Abdunnaser, 2010).



Gambar 2. 6 Diagram Iron Phase

(Callister, 2014)

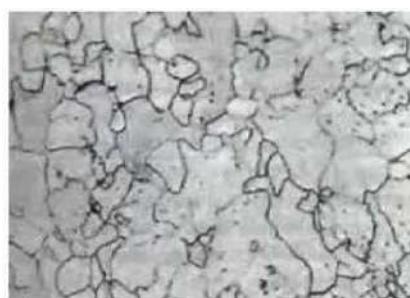
Dalam analisis struktur mikro, dapat diamati berbagai fasa dalam suatu material. Fasa merujuk pada area di mana, dalam rentang dan komposisi tertentu, memiliki sifat yang seragam. Batas antara satu fasa dengan fasa lainnya disebut sebagai batas fasa. Dalam struktur mikro, terdapat istilah butir, yang merupakan kumpulan sel satuan yang memiliki arah

dan orientasi gerak yang serupa ketika dilihat dari perspektif dua dimensi. Batas butir adalah area perbatasan antara satu butir dengan butir lainnya, di mana daerah ini dianggap tidak stabil.

Dalam diagram fasa, terdapat beberapa jenis fasa, yaitu perlit, bainit, ferit, austenit, cementit, dan martensit. Perbedaan antara perlit, bainit, cementit, dan martensit disebabkan oleh variasi dalam laju pendinginan. Laju pendinginan yang sangat cepat akan menghasilkan martensit, sementara laju pendinginan yang cukup cepat tetapi tidak cukup untuk membentuk martensit akan menghasilkan bainit. Di sisi lain, laju pendinginan yang lambat akan menghasilkan perlit.

a. *Ferrit*

Ferrit adalah larutan padat interstisial di mana karbon yang dapat larut dalam besi (Fe) mencapai maksimum 0,025% pada suhu 727°C dan menurun menjadi 0,008% pada suhu ruang. Ferit merupakan struktur yang paling lunak di antara struktur-struktur lainnya dan juga bersifat ferromagnetik. Jarak antara atom-atom dalam ferit lebih kecil dibandingkan dengan austenit, sehingga atom karbon, meskipun kecil, tidak dapat melewati struktur ini dengan sempurna. Oleh karena itu, kelarutan karbon dalam ferit sangat rendah. Struktur mikronya berbentuk bulat besar dan memiliki warna yang cerah (Sumiyanto & Abdunnaser, 2010).



Gambar 2. 7 *Ferrit*

(Wibowo et al., 2016)

b. *Cementit*

Cementite adalah senyawa kimia yang terbentuk antara besi dan karbon, dengan kandungan karbon sebesar 6,67% dalam karbida besi (Fe_3C), yang menunjukkan bahwa tiga atom besi terikat dengan satu atom karbon, membentuk karbida besi. Sementit memberikan tingkat kekerasan yang tinggi pada baja. Dalam besi karbon, atom-atom karbon yang larut dalam besi akan membentuk fase kedua, yang biasanya adalah sementit. Sementit memiliki warna yang agak terang dan dari butiran kecil yang lebih banyak dibandingkan dengan ferit dan austenit. Sifat sementit adalah keras dan getas (Zuchry, 2011).

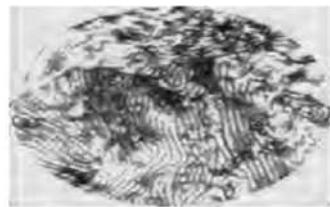


Gambar 2. 8 Cementit

(Wibowo et al., 2016)

c. *Pearlite*

pearlite adalah campuran eutektoid yang mengandung 0,8% karbon, yang tersusun dalam lapisan-lapisan bergantian antara ferit dan sementit. Karena itu, perlit memiliki sifat yang berada di antara ferit dan sementit, yaitu cukup kuat dan tahan terhadap korosi. Perlit terbentuk pada suhu 723°C , di mana pada saat pendinginan, 0,8% karbon akan menghasilkan 100% perlit pada komposisi eutektoid. Jika laju pendinginan lambat, karbon dapat berdifusi lebih lama, sehingga terbentuk perlit yang kasar. Sebaliknya, jika laju pendinginan dipercepat, akan terbentuk perlit yang halus.



Pearlite.
Ferrite = Light Areas
Cementite = Dark Areas

Gambar 2. 9 *Pearlite*

(Wibowo et al., 2016)

d. *Martensite*

Martensite adalah salah satu fasa yang dapat terbentuk dalam struktur logam. Fasa martensit memiliki sifat yang keras dan getas, sehingga logam yang berada dalam fasa ini cenderung cepat mengalami patah. Untuk memperoleh struktur dengan fasa martensit, logam harus menjalani proses perlakuan panas dengan laju pendinginan yang cepat. Laju pendinginan yang cepat biasanya dilakukan dengan menggunakan air garam, yang memiliki densitas sangat tinggi. Struktur mikro martensit berbentuk runcing seperti jarum dan berwarna hitam.

e. *Bainite*

Bainite adalah suatu fase yang dinamai sesuai dengan penemunnya, E.C. Bain. Bainite merupakan fase yang kurang stabil (metastabil) yang terbentuk dari austenite pada suhu yang lebih rendah dari suhu transformasi menjadi *pearlite* dan lebih tinggi dari suhu transformasi menjadi martensite. Sebagai contoh, jika baja eutektoid yang telah diaustenitisasi didinginkan dengan cepat hingga suhu sekitar 250 - 500°C dan dibiarkan pada suhu tersebut, hasil transformasinya akan berupa struktur yang terdiri dari *ferrite* dan *cementite*, tetapi bukan *pearlite*. Struktur ini disebut Bainite. Tingkat kekerasannya bervariasi antara 45-55 HRC, tergantung pada suhu transformasinya. Berdasarkan suhu transformasinya,

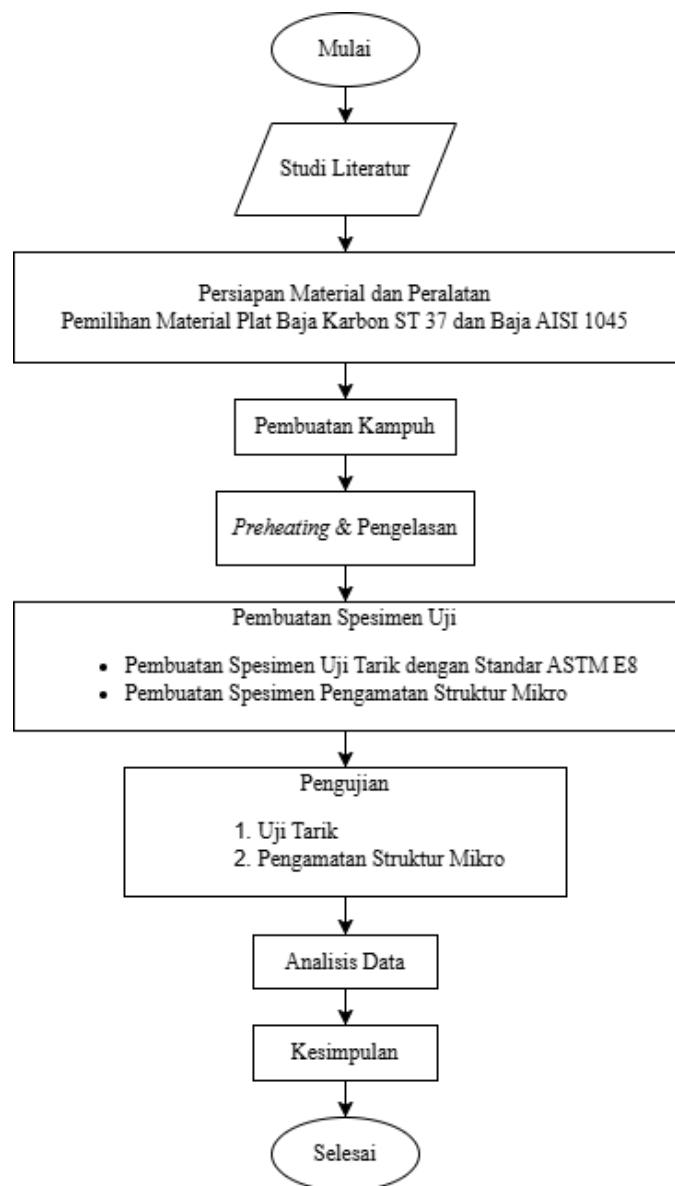
jika terbentuk pada suhu yang relatif tinggi, disebut Upper Bainite, sedangkan jika terbentuk pada suhu yang lebih rendah, disebut Lower Bainite. Struktur *Upper Bainite* mirip dengan *pearlite* yang sangat halus, sedangkan Lower Bainite menyerupai *martensite* yang telah ditempa.

f. *Austenit*

Austenit adalah bentuk stabil dari besi murni yang mengandung maksimum 2,06% karbon, dan terbentuk pada suhu antara 723°C dan 1493°C. Struktur ini biasanya tidak stabil pada suhu ruang. Pada suhu di mana austenit berada dalam keadaan stabil, austenit bersifat lunak dan liat, sehingga baja austenit sangat cocok untuk proses fabrikasi. Sebagian besar baja yang digunakan dalam operasi penempaan dan penggilingan dibentuk pada suhu 1100°C atau lebih, di mana struktur besi berada dalam bentuk FCC (Face-Centered Cubic). Austenit memiliki sifat paramagnetik. Struktur FCC pada besi memiliki jarak antar atom yang lebih besar dibandingkan dengan ferit. Meskipun demikian, pada struktur FCC, celah-celah antar atom hampir tidak cukup untuk dilalui, sehingga atom-atom karbon dapat masuk ke dalam larutan padat dan menyebabkan peregangan kisi-kisi. Akibatnya, tidak semua celah antar atom dapat terisi oleh atom karbon secara bersamaan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

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

3.2.1 Waktu Penelitian

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

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat, yaitu sebagai berikut :

1. Pengelasan dan pembuatan spesimen dilakukan di SMKN 2 Bandar Lampung.
2. Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Material, Rekayasa Teknologi Manufaktur Politeknik ATMI Surakarta

3.3 Alat dan Bahan

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

1. Peralatan *Preheat* ing
 - a. *Oxygen Acetylene Gas*

Oxygen Acetylene Gas digunakan untuk memanaskan spesimen sebelum dilakukan pengelasan.



Gambar 3. 2 *Oxygen Acetylene Gas*

b. *Infrared Temperatur*

Infrared temperatur digunakan untuk mengukur suhu baja pada saat diberi perlakuan *preheat ing*.

2. Peralatan Pengelasan SMAW

a. Mesin Las

Mesin las digunakan untuk menyambung spesimen.



Gambar 3. 3 Mesin Las

Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin Las SMAW

| | |
|----------------------|------------|
| Model | ARC 4001 |
| Serial Number | EN60974-1 |
| Tahun | 2012 |
| Tegangan | 380 V |
| Kapasitas | 30 – 400 A |
| Tegangan Tanpa Beban | 62 V |

b. Elektroda

Tabel 3. 2 Spesifikasi Elektroda

| | |
|----------|----------------|
| Jenis | AWS A5.1 E7016 |
| Diameter | 3.2 mm |
| Panjang | 400 mm |
| Arus | 60 – 130 A |

3. Peralatan Pengujian

a. Alat uji struktur mikro



Gambar 3. 4 Alat Uji Struktur Mikro

Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Pengamatan Struktur Mikro

| Komponen | Spesifikasi |
|---------------------------------|---|
| <i>Eyepiece</i> | <i>WF10X ($\Phi 18mm$)</i> |
| <i>Objectives</i> | <i>PL 5X, 10X, 40X, 60X (Spring), 100X (Oil, Spring)</i> |
| <i>Head</i> | <i>Trinocular, 30° inclined, with analyzer & field diaphragm switch</i> |
| <i>Vertical Illumination</i> | <i>6V 20W halogen, adjusTabel, with diaphragm, polarizer, Y/G/B filters</i> |
| <i>Focusing System</i> | <i>Coaxial coarse/fine, 2 μm fine focus, tension adjusTabel</i> |
| <i>Nosepiece</i> | <i>Quintuple, backward, ball bearing (5 slots)</i> |
| <i>Stage</i> | <i>Mechanical, 185×140 mm, travel 75×50 mm</i> |
| <i>Transmitted Illumination</i> | <i>Abbe condenser NA 1.25, 6V 20W halogen, filters, brightness control</i> |

b. Alat Uji Tarik



Gambar 3. 5 Alat Uji Tarik

Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Uji Tarik

| | | |
|------------------------------|--|----------------|
| Merek | Computer Universal Machine | System Testing |
| Kapasitas | 100 KN | |
| Test speed range | 0.01-500mm / min, and stepless speed | |
| Test force measurement range | 0.4% - 100% | |
| Skala Pengukuran Beban | A : 0 - 20 Kn A + B : 0 - 50 Kn A + B + C : 0 – 100 Kn | |

4. Bahan Pengujian

a. Baja ST 37

Adapun karakteristik baja ST 37 sebagai berikut :

Tabel 3. 5 Karakteristik baja ST 37 (Wunda et al, 2019)

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

b. Baja AISI 1045

Adapun karakteristik baja AISI 1045 sebagai berikut :

Tabel 3. 6 Karakteristik baja AISI 1045 (MatWeb)

| | |
|---|--------------|
| <i>Density (g/cc)</i> | 7,85 |
| <i>Tensile Strength, Ultimate</i> | 625 Mpa |
| <i>Tensile Strength, Yield</i> | 530 Mpa |
| <i>Elongation at Break</i> | 12% |
| <i>Reduction of Area</i> | 35% |
| <i>Modulus Elastisitas</i> | 206 Gpa |
| <i>Bulk Modulus</i> | 163 Gpa |
| <i>Machinability and Poissons Ratio</i> | 55% dan 0.29 |

3.4 Metode Penelitian

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

3.4.1 Studi Literatur dan Survei Lapangan

Pada penelitian tugas akhir ini yang pertama dilakukan adalah mengumpulkan materi dasar sebagai studi literatur, studi literatur bertujuan untuk mengenal masalah yang dihadapi, serta menyusun rencana kerja yang akan dilakukan. Pada survei lapangan dilakukan pencarian terhadap lokasi pengujian tarik bahan, setelah itu pengujian struktur mikro guna nantinya dilakukan pengujian terhadap hasil mutu las di penelitian ini.

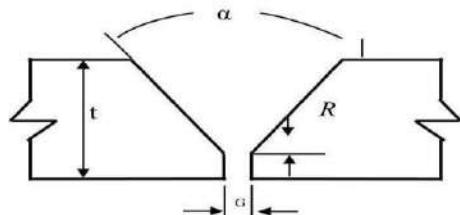
3.4.2 Persiapan Material

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

- a. Material yang digunakan yaitu baja ST 37 dan baja AISI 1045 berbentuk plate sheet dengan panjang 200 mm, tebal 5 mm dan lebar 200 mm.
- b. Setelah diukur spesimen diamplas untuk menghilangkan karat pada permukaan baja tersebut.

3.4.3 Pembuatan Kampuh

Sebelum dilakukan pengelasan, dilakukan pembuatan kampuh terlebih dahulu dilakukan pembentukan kampuh V tunggal dengan kemiringan sudut 60° . Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 6 Sketsa pembuatan kampuh

Keterangan gambar:

R = Kaki Akar = 2 mm

G = Cela Akar = 2 mm

α = Sudut alur = 60°

t = Tebal = 5 mm

3.4.4 Prosedur *Preheating*



Gambar 3. 7 Proses *Preheating*

1. Melakukan pemanasan awal (*preheat*) menggunakan las *oxy-acetylene* di ruangan tertutup agar menjaga suhu panas terjaga..
2. Memvariasikan suhu *preheat* dengan suhu 150°C, 250°C dan 350°C.
3. Mengukur suhu *preheat* menggunakan *infrared* temperatur hingga mencapai suhu target.
4. Memastikan pemanasan merata di area sekitar sambungan las.
5. Setelah suhu merata, pengelasan langsung dimulai

3.4.5 Prosedur Pengelasan



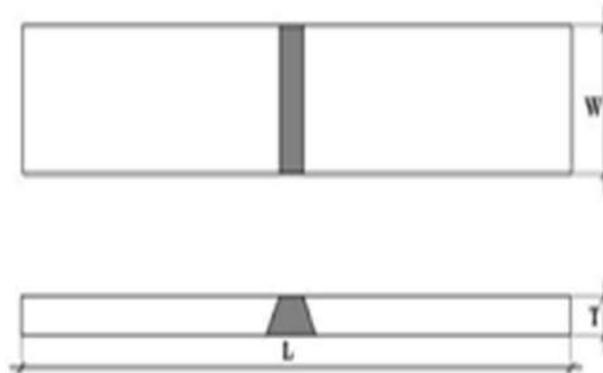
Gambar 3. 8 Proses Pengelasan

1. Mempersiapkan mesin las SMAW DC sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik.
2. Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas pada meja las.
3. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendatar atau bawah tangan (G1).
4. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, dengan sudut 60° dengan lebar celah 2 mm
5. Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan plat, dalam penelitian ini dipilih elektroda jenis E7016.
6. Menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepit pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala.
7. Pengelasan dilakukan setelah proses *preheating* dilakukan
8. Membiarkan benda kerja mendingin secara alami di udara terbuka hingga mencapai suhu ruang.

3.4.6 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen pengujian struktur mikro dan uji tarik dilakukan dengan memotong spesimen setelah di las dengan ukuran sebagai berikut :

1. Spesimen Pengamatan Struktur Mikro



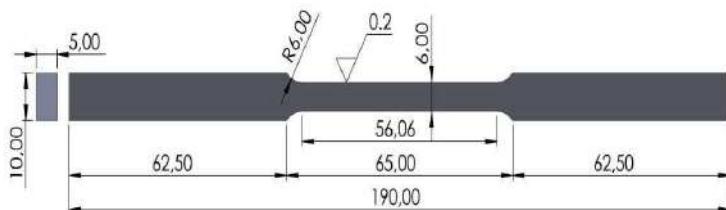
Gambar 3. 9 Dimensi Spesimen Pengamatan Struktur Mikro

Tabel 3. 7 Dimensi Spesimen Pengamatan Struktur Mikro

| Keterangan | Panjang |
|--------------------|---------|
| Overall Length (L) | 60mm |
| Width (W) | 20mm |
| Thickness | 5mm |

2. Spesimen Uji Tarik

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



Gambar 3. 10 Dimensi Spesimen Uji Tarik

3.4.7 Prosedur Pengujian

a. Pengujian tarik

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

1. Menyiapkan spesimen hasil pengelasan dengan standar ASTM E8.
2. Menghidupkan *chiller* dan *Hydraulic Power Unit* atau *HPU*.
3. Menghidupkan mesin MTS Landmark 100 kN.
4. Memilih program *controller* 793B lalu pilih manual *command*, klik *displacement mode*, dan naikkan *actuator* pada posisi nol.
5. Memasang spesimen uji pada *cross head grip* atas kemudian cekam spesimen.
6. Kemudian turunkan *cross head grip* sampai ujung bawah spesimen masuk ke dalam grip bawah
7. Menekan manual *command* dan tekan *control mood* ke *force*.
8. Memilih *auto offset* untuk *force*, kemudian cekam *grip* bawah sehingga ujung spesimen bagian bawah tidak mengalami perubahan.
9. Memasang *extensometer* pada spesimen dengan posisi *zero pin* kemudian tekan manual *offset* untuk *extensometer* dan *zero pin* dilepas dari *extensometer*.
10. Memilih program MTS Test Suite (MPE), pilih template untuk uji tarik statis.
11. Masukkan data spesimen meliputi panjang, lebar dan tebal.
12. Masukkan *initial speed* dan *secondary speed* (mm/s).
13. Setelah semua data sudah di input kemudian klik *RUN*.

3.5 Pengambilan Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini dilampirkan dalam tabel dibawah ini:

- Pengujian Tarik

Tabel 3. 8 Data Hasil Uji Tarik

| Pengelasan | Suhu <i>Preheat</i> | <i>Yield strength</i> | <i>Ultimate Tensile strength</i> | Regangan | Tegangan |
|------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------|----------|
| SMAW | 150° | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | 250° | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | 350° | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh variasi suhu *preheat* terhadap sifat mekanik dan struktur hasil pengelasan *dissimilar* antara baja ST 37 dan baja AISI 1045 menggunakan metode SMAW, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi suhu *preheat* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik sambungan las *dissimilar* antara baja ST 37 dan baja AISI 1045 menggunakan metode SMAW, di mana suhu *preheat* 250°C menghasilkan nilai kekuatan tarik maksimum tertinggi sebesar 431,33 MPa dan tegangan luluh sebesar 273,28 MPa dibandingkan dengan variasi tanpa *preheat*, *preheat* 150°C, dan *preheat* 350°C, sehingga menunjukkan bahwa suhu tersebut merupakan kondisi optimum dalam meningkatkan kualitas mekanik sambungan las, sementara *preheat* 350°C justru menurunkan sifat mekanik akibat kemungkinan terjadinya pertumbuhan butir berlebih dan pelunakan struktur mikro, serta seluruh spesimen mengalami patah pada daerah base metal ST 37 yang menandakan bahwa kekuatan sambungan las lebih tinggi daripada logam induk baja karbon rendah tersebut.

2. Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro pada sambungan las dissimilar baja ST 37 dan AISI 1045, dapat disimpulkan bahwa perlakuan *preheat* memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakteristik mikrostruktur pada daerah logam induk, HAZ, dan logam las, di mana pada kondisi tanpa *preheat* laju pendinginan yang cepat menyebabkan terbentuknya struktur ferit-perlit yang kurang homogen serta munculnya cementit pada baja AISI 1045 yang berpotensi meningkatkan sifat getas, sedangkan pada kondisi *preheat* 350°C struktur mikro yang terbentuk didominasi oleh ferit dan perlit yang lebih homogen dengan ukuran butir yang lebih kasar akibat pertumbuhan butir, yang menunjukkan bahwa *preheat* mampu menstabilkan transformasi fasa dan menurunkan potensi pembentukan struktur getas, namun di sisi lain menyebabkan kecenderungan pelunakan material yang berdampak pada penurunan sifat mekanik sambungan las.

5.2 Saran

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

1. Untuk memperdalam analisis, penelitian berikutnya dapat menambahkan pengujian kekerasan (hardness test) dan uji impak (impact test) di setiap zona (base metal, HAZ, dan weld metal), sehingga hubungan antara struktur mikro dan sifat mekanik dapat dijelaskan lebih komprehensif.
2. Analisis SEM-EDS direkomendasikan agar dapat mengidentifikasi fasafasa mikro secara lebih detail dan akurat, khususnya di daerah peralihan antara HAZ dan weld metal.
3. Dalam penerapan di industri, pengendalian suhu *preheat* dan parameter pengelasan harus dijaga secara konsisten untuk mencegah variasi kualitas sambungan antar produksi dan memastikan integritas sambungan sesuai standar teknik.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM E8/E8M-13a. (2013). Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. *ASTM International*.
- Alip, M., 1989, Teori dan Praktik Las, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Bontong, Y. (2019). Analisa Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Daerah Haz Hasil Las Metode SMAW. *Mechanical Engineering Science (MES)*, 1(1), 1-5.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (9th ed.). John Wiley & Sons
- Degarmo, E. P., Black, J. T., & Kohser, R. A. (2012). *Materials and Processes in Manufacturing* (11th ed.). Wiley.
- Hadi, W. B. (2015). Analisis Pengaruh Variasi Suhu *Preheat* terhadap Distorsi, Lebar HAZ, dan Struktur Mikro pada Sambungan Butt Joint Single V dengan Metode Pengelasan FCAW dan SMAW (*Doctoral dissertation, Institut Technology Sepuluh Nopember*).
- Husni, T. (2020). Perbandingan Pengaruh Pengelasan Dengan *Preheat* Dan Non *Preheat* Pada Las SMAW Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja. Teknika: *Jurnal Teknik*, 7(1), 8-18.
- Kusuma, R. C., Jokosisworo, S., & Santosa, A. W. B. (2017). Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, Tekuk Dan Mikrografi Aluminium 5083 Pasca Pengelasan Tig (Tungsten Inert Gas) Dengan Media Pendingin Air Laut Dan Oli. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(4).
- LAS SMAW, T. M., & NUGRAHA, M. R. (2021) Pengaruh Pre-Heat Pada Pengelasan Dissimilar Antara Baja Karbon Rendah Dan.
- Lee, J., Hwang, J., & Bae, D. (2018). Welding Residual Stress Analysis And Fatigue Strength Assessment At Elevated Temperature For Multi-Pass Dissimilar Material Weld Between Alloy 617 And P92 Steel. *Metals And Materials International*, 24(4), 877–885.
<Https://Doi.Org/10.1007/S12540-018-0086-7>

- Luttrell, L. D. (2007). *Welding Metallurgy and Weldability of Carbon and Low-Alloy Steels*. ASM International.
- Maylano, G. D., Budiarto, U., & Santosa, A. W. B. (2022). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Double V Pada Sambungan Las SMAW (Shield Metal Arc Welding) Baja St 37 Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Impact. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 10(1), 17-23.
- Mustafid, S., Hartono, P., & Robbi, N. (2011). Analaisis Pengaruh Pengelasan Dissimilar Baja S45C Dan Stainless Steels 304 Terhadap Kekuatan Dan Struktur Mikro. 25–30.
- Sardi, V. B., Jokosisworo, S., & Yudo, H. (2018). Pengaruh Normalizing Dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time) Baja ST 46 Terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, Dan Uji Mikrografi. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1).
- Sumiyanto Dan Abdunnaser, 2010. Pengaruh Proses Hardening Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Sedang Jenis Sncm 447. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains Dan Teknologi Nasional*
- Sastranegara, A. (2009). Mengenal Uji Tarik Dan Sifat-Sifat Mekanik Logam. Situs Informasi Mekanika, Material, Dan Manufaktur, 1, 1-5.
- Swasono, T., & Azriadi, E. (2018). Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekerasan Hasil LasPelat Baja Karbon S45c Dengan Proses SMAW. *Jurnal Sains dan Ilmu Terapan*, 1(2), 19-25.
- Vural, M. (2014). *Welding Processes and Technologies*. In Comprehensive Materials Processing: Thirteen Volume Set (Vol. 6). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096532-1.00603-8>
- Wahyudi, E. (2019). Penurunan Kekuatan Impact Baja St 37 Akibat Pengelasan SMAW. *Otopro*, 64-70.
- Wiryo sumarto, H., 2000, Teknologi Pengelasan Logam, Erlangga, Jakarta.
- Xie, Y., Zhuang, J., Huang, B., Chen, Q., & Li, G. (2020). Effect Of Different Welding Parameters On Residual Stress And Deformation Of 20/0Cr18Ni9 Dissimilar Metal Arc-Welding Joint. *Journal Of AdhesionScience And Technology*, 34(15), 1628–1652. <Https://Doi.Org/10.1080/01694243.2020.1715670>
- Yulistiani, F. (2016). Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig) Pada Baja Karbon Rendah St 37 (*Doctoral dissertation, Fakultas Teknik*).
- Zuchry, M. 2011. Pengaruh Karburasi Dengan Variasi Media Pendingin Terhadap Micro Struktur Baja Karbon. *Majalah Ilmiah*.