



**ANALISIS PENGARUH SUHU *PREHEAT* TERHADAP  
DISTORSI *GAS METAL ARC WELDING* (GMAW) PADA  
SAMBUNGAN *SINGLEPASS V BUTT JOINT* BAJA ASTM A36**

**SKRIPSI**

**GARY GERALDUS SINAGA**

**2110311068**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

**2026**



**ANALISIS PENGARUH SUHU *PREHEAT* TERHADAP  
DISTORSI *GAS METAL ARC WELDING* (GMAW) PADA  
SAMBUNGAN *SINGLEPASS V BUTT JOINT* BAJA ASTM A36**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik**

**GARY GERALDUS SINAGA**

**2110311068**

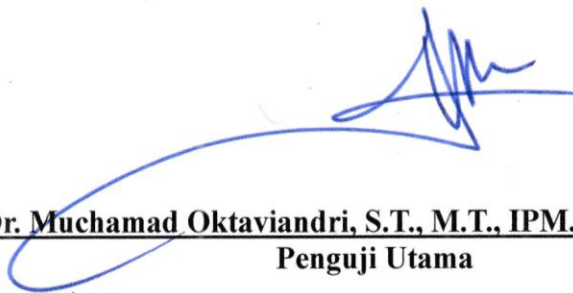
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
2026**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Gary Geraldus Sinaga  
NIM : 2110311068  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH SUHU PREHEAT  
TERHADAP DISTORSI *GAS METAL ARC WELDING*  
(GMAW) PADA SAMBUNGAN *SINGLEPASS V BUTT*  
*JOINT* BAJA ASTM A36

Telah berhasil dipertahankan di hadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



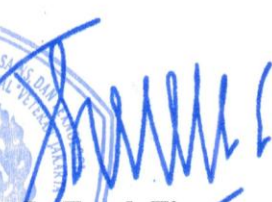
**Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN. Eng.**  
Penguji Utama



**Dr. Eng. Riki Hendra Purba., S.T.,**  
**M.Eng.**  
Penguji Lembaga



**Ir. Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
Penguji III (Pembimbing)



**Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah., S.T.,**  
**M.T., IPM.**  
Dekan Fakultas Teknik



**Ir. Fahrudin, S.T., M.T.**  
Kepala Program Studi S1 Teknik  
Mesin

Ditetapkan di : Jakarta  
Tanggal Ujian : 7 Januari 2026

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Gary Geraldus Sinaga  
NIM : 2110311068  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH SUHU PREHEAT  
TERHADAP DISTORSI *GAS METAL ARC WELDING*  
(GMAW) PADA SAMBUNGAN *SINGLEPASS V BUTT*  
*JOINT* BAJA ASTM A36

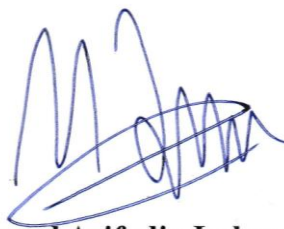
Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,



**Ir. Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D.**

**Pembimbing I**



**Muhammad Arifudin Lukmana, S.T.,  
M.T.**

**Pembimbing II**

Mengetahui,



**Ir. Fahrudin, S.T., M.T.**

**Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin**

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Gary Geraldus Sinaga

NIM : 2110311068

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Bilaman dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini maka saya bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 19 Januari 2026

Yang menyatakan,



Gary Geraldus Sinaga

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gary Geraldus Sinaga  
NIM : 2110311068  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas skripsi saya yang berjudul :

**“ANALISIS PENGARUH SUHU PREHEAT TERHADAP  
DISTORSI GAS METAL ARC WELDING (GMAW) PADA  
SAMBUNGAN SINGLEPASS V BUTT JOINT BAJA ASTM A36”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 19 Januari 2026

Yang menyatakan,



Gary Geraldus Sinaga

# **ANALISIS PENGARUH SUHU *PREHEAT* TERHADAP DISTORSI *GAS METAL ARC WELDING* (GMAW) PADA SAMBUNGAN *SINGLEPASS V BUTT JOINT* BAJA ASTM A36**

**Gary Geraldus Sinaga**

## **ABSTRAK**

Proses pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) berpotensi menimbulkan distorsi akibat ketidakseimbangan distribusi panas selama pengelasan, yang dapat memengaruhi kualitas, presisi dimensi, dan integritas struktural komponen. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengendalikan distorsi adalah penerapan suhu *preheat* sebelum proses pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu *preheat* terhadap besarnya distorsi pada pengelasan GMAW baja ASTM A36 melalui pendekatan simulasi numerik menggunakan ANSYS serta validasi eksperimental. Hasil validasi menunjukkan bahwa model simulasi mampu merepresentasikan perilaku termal dan distorsi dengan baik, ditunjukkan oleh rata-rata error temperatur sebesar 5,89% dan error distorsi sebesar 8,46%. Variasi suhu *preheat* yang diuji meliputi 28°C, 50°C, 100°C, dan 150°C. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan suhu *preheat* mampu menurunkan distorsi secara signifikan, dengan deformasi maksimum berkurang dari 1,2181 mm tanpa *preheat*, menjadi 0,89118 mm pada suhu 150°C. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan *preheat* efektif dalam mengurangi distorsi pengelasan GMAW, dengan suhu *preheat* optimal berada pada rentang 100–150°C, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan ketelitian hasil pengelasan.

**Kata kunci :** GMAW, *Preheat*, *Finite Element Method*, Distorsi

# ***ANALYSIS OF THE EFFECT OF PREHEAT TEMPERATURE ON DISTORTION IN GAS METAL ARC WELDING (GMAW) OF ASTM A36 STEEL SINGLE PASS V BUTT JOINT***

**Gary Geraldus Sinaga**

## **ABSTRACT**

*The Gas Metal Arc Welding (GMAW) welding process has the potential to cause distortion due to an imbalance in heat distribution during welding, which can affect the quality, dimensional precision, and structural integrity of components. One method commonly used to control distortion is the application of preheat temperature before the welding process. This study aims to analyze the effect of variations in preheat temperature on the magnitude of distortion in GMAW welding of ASTM A36 steel through a numerical simulation approach using ANSYS as well as experimental validation. The validation results show that the simulation model is able to represent thermal behavior and distortion well, indicated by an average temperature error of 5.89% and a distortion error of 8.46%. The preheat temperature variations tested include 28°C, 50°C, 100°C, and 150°C. The results show that increasing preheat temperature is able to reduce distortion significantly, with maximum deformation decreasing from 1.2181 mm without preheat, to 0.89118 mm at a temperature of 150°C. This study concludes that the application of preheat is effective in reducing GMAW welding distortion, with the optimal preheat temperature range being 100–150°C, thereby improving the quality and accuracy of welding results.*

**Keywords :** *GMAW, Preheat, Finite Element Method, Distortion*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Suhu *Preheat* Terhadap Distorsi *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) Pada Sambungan *Singlepass V Butt Joint* Baja ASTM A36”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.), program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Jakarta. Melalui kata pengantar ini, penulis ingin berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyusunan hingga penyelesaian skripsi ini. Adapun seluruh pihak yang dimaksud antara lain:

1. Bapak Fahrudin, S.T., M.T., selaku kepala program studi S1 Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Bapak Ir. Armansyah, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing pertama tugas akhir dan dosen pembimbing akademik selama berlangsungnya masa perkuliahan.
3. Bapak Muhammad Arifudin Lukmana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua tugas akhir dalam penulisan tugas akhir.
4. Seluruh dosen program studi S1 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
5. Keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan materiil, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
6. Teman seperjuangan OPTIMIS 2021, Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan kebersamaan dalam menyelesaikan tugas-tugas akademik.
7. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebut satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan akhir ini. Maka dari itu, penulis menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun agar dapat menjadi bahan evaluasi untuk penyusunan artikel ilmiah berikutnya. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memenuhi tanggung

jawab sebagai salah satu mahasiswa Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta dan bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, Januari 2026

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                                                                                                                          |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| HALAMAN JUDUL .....                                                                                                                                                      | i        |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....                                                                                                                                           | ii       |
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....                                                                                                                                       | iii      |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                                                                                                                                     | iv       |
| LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK<br>KEPENTINGAN AKADEMIS .....                                                                                      | v        |
| ABSTRAK .....                                                                                                                                                            | vi       |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                                           | vii      |
| KATA PENGANTAR.....                                                                                                                                                      | viii     |
| DAFTAR ISI .....                                                                                                                                                         | x        |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                                                                                                                      | xiii     |
| DAFTAR TABEL .....                                                                                                                                                       | xv       |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                                                                                                                                    | xvi      |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>                                                                                                                                            | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                                                                                                                 | 1        |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                                                                                                                | 3        |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                                                                                                                               | 3        |
| 1.4 Batasan Masalah.....                                                                                                                                                 | 3        |
| 1.5 Sistematika Penulisan .....                                                                                                                                          | 4        |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                                                                                                                                      | <b>5</b> |
| 2.1 Penelitian Terdahulu.....                                                                                                                                            | 5        |
| 2.1.1 <i>Investigation on Welded T-Joint Distortion Using Virtual<br/>Manufacturing Tools with Simplified Procedure.....</i>                                             | <i>5</i> |
| 2.1.2 <i>Welding Distortion Analysis of Multipass Joint Combination with<br/>Different Sequences Using 3D FEM and Experiment.....</i>                                    | <i>7</i> |
| 2.1.3 <i>Numerical and experimental studies on temperature and distortion<br/>patterns in butt-welded plates .....</i>                                                   | <i>7</i> |
| 2.1.4 <i>Experimental investigation and numerical analyses of residual<br/>stresses and distortions in GMA welding of thin dissimilar AA5052-AA6061<br/>plates .....</i> | <i>8</i> |
| 2.1.5 <i>A Geometry-Based Welding Distortion Prediction Tool .....</i>                                                                                                   | <i>9</i> |

|              |                                                   |           |
|--------------|---------------------------------------------------|-----------|
| 2.2          | Proses Pengelasan .....                           | 11        |
| 2.2.1        | <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW) .....         | 13        |
| 2.2.2        | Sambungan Pengelasan .....                        | 14        |
| 2.2.3        | Urutan Pengelasan .....                           | 16        |
| 2.3          | <i>Preheating</i> .....                           | 17        |
| 2.4          | Material ASTM A36 .....                           | 18        |
| 2.5          | Distribusi Temperatur .....                       | 18        |
| 2.6          | Analisis Termal .....                             | 20        |
| 2.6.1        | <i>Constant Volumetric Heat Flux</i> (CVHF) ..... | 21        |
| 2.7          | Tegangan Sisa ( <i>Residual Stress</i> ) .....    | 22        |
| 2.8          | Distorsi .....                                    | 23        |
| 2.8.1        | Variasi Distorsi Pengelasan .....                 | 24        |
| 2.8.2        | Analisis Mekanikal .....                          | 26        |
| 2.9          | Metode Elemen Hingga .....                        | 27        |
| 2.9.1        | Jenis-Jenis Elemen .....                          | 27        |
| 2.9.2        | Meshing .....                                     | 30        |
| 2.9.3        | Boundary Condition .....                          | 32        |
| <b>BAB 3</b> | <b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                | <b>34</b> |
| 3.1          | Tempat dan Waktu Penelitian .....                 | 34        |
| 3.2          | Diagram Alir .....                                | 34        |
| 3.3          | Identifikasi Masalah .....                        | 35        |
| 3.4          | Studi Literatur .....                             | 36        |
| 3.5          | Spesimen dan Parameter Pengelasan .....           | 36        |
| 3.5.1        | Dimensi Spesimen .....                            | 36        |
| 3.5.2        | Spesifikasi Material .....                        | 36        |
| 3.5.3        | Parameter Pengelasan .....                        | 37        |
| 3.6          | Proses <i>Preheat</i> .....                       | 37        |
| 3.7          | Proses Pengelasan .....                           | 39        |
| 3.8          | Pengukuran Temperature .....                      | 40        |
| 3.9          | Pengukuran Distorsi .....                         | 41        |
| 3.10         | Simulasi Pengelasan Single V Butt Joint .....     | 42        |
| 3.10.1       | Pre Processing .....                              | 42        |

|              |                                                                                      |           |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.10.2       | Processing .....                                                                     | 51        |
| 3.10.3       | Post Processing .....                                                                | 51        |
| <b>BAB 4</b> | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                                    | <b>52</b> |
| 4.1          | Pengujian Eksperimen.....                                                            | 52        |
| 4.1.1        | Persiapan Laboratori .....                                                           | 52        |
| 4.1.2        | Proses Pengelasan .....                                                              | 52        |
| 4.1.3        | Hasil Pengukuran Distorsi pada Eksperimen.....                                       | 53        |
| 4.1.4        | Hasil Pengukuran Temperature pada Eksperimen .....                                   | 54        |
| 4.2          | Pengujian Simulasi.....                                                              | 55        |
| 4.2.1        | Persiapan Geometri .....                                                             | 55        |
| 4.2.2        | Perhitungan Beban Heat Flux .....                                                    | 56        |
| 4.2.3        | Hasil Pengukuran Distorsi pada Simulasi .....                                        | 57        |
| 4.2.4        | Hasil Pengukuran Temperature pada Simulasi.....                                      | 58        |
| 4.3          | Hasil Analisis Pengukuran Distorsi dan Temperature pada Simulasi dan Eksperimen..... | 59        |
| 4.3.1        | Analisis Temperature.....                                                            | 59        |
| 4.3.2        | Analisis Distorsi .....                                                              | 60        |
| 4.4          | Pengujian Simulasi <i>Preheat</i> .....                                              | 61        |
| 4.4.1        | Persiapan Geometri .....                                                             | 62        |
| 4.4.2        | Konfigurasi.....                                                                     | 62        |
| 4.4.3        | Hasil Analisis Distorsi terhadap Pengaruh <i>Preheat</i> pada Simulasi               | 64        |
| <b>BAB 5</b> | <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                                    | <b>70</b> |
| 5.1          | Kesimpulan .....                                                                     | 70        |
| 5.2          | Saran.....                                                                           | 70        |

## DAFTAR PUSTAKA

## RIWAYAT HIDUP

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Hasil distorsi eksperimental (Prajadhiana <i>et al.</i> , 2020) .....                        | 6  |
| <b>Gambar 2.2</b> Hasil distorsi MSC Marc/Mentat dan Simufact Welding (Prajadhiana <i>et al.</i> , 2020) ..... | 6  |
| <b>Gambar 2.3</b> Hasil deformasi pada simulasi (Manurung <i>et al.</i> , 2013).....                           | 7  |
| <b>Gambar 2.4</b> Hasil distorsi pada simulasi (Chen, Hashemzadeh and Guedes Soares, 2014) .....               | 8  |
| <b>Gambar 2.5</b> Distribusi <i>mesh</i> pada simulasi (Bajpei, Chelladurai and Ansari, 2017) .....            | 9  |
| <b>Gambar 2.6</b> Perbandingan data experimental dan simulasi (Bajpei, Chelladurai and Ansari, 2017).....      | 9  |
| <b>Gambar 2.7</b> Hasil distorsi pada simulasi (Granell, Ramos and Carnicero, 2021) 10                         |    |
| <b>Gambar 2.8</b> Klasifikasi cara pengelasan (Wiryosumarto and Okumura, 1987) ..                              | 12 |
| <b>Gambar 2.9</b> <i>Gas Metal Arc Welding</i> (Connor, 1998).....                                             | 13 |
| <b>Gambar 2.10</b> Tipe sambungan pengelasan .....                                                             | 15 |
| <b>Gambar 2.11</b> Tipe sambungan <i>Butt Joint</i> .....                                                      | 16 |
| <b>Gambar 2.12</b> Urutan pengelasan .....                                                                     | 16 |
| <b>Gambar 2.13</b> <i>Heat Affected Zone</i> .....                                                             | 20 |
| <b>Gambar 2.14</b> <i>Constant Volumetric Heat Flux</i> (CVHF)(Chiocca, Frendo and Bertini, 2019) .....        | 22 |
| <b>Gambar 2.15</b> Proses terjadinya tegangan sisa (Wiryosumarto and Okumura, 1987) .....                      | 23 |
| <b>Gambar 2.16</b> Tegangan sisa dan distorsi (Syahroni and Purbawanto Hidayat, 2012) .....                    | 24 |
| <b>Gambar 2.17</b> Variasi Distorsi (Akyun, 2016) .....                                                        | 26 |
| <b>Gambar 2.18</b> Elemen SOLID 279 .....                                                                      | 29 |
| <b>Gambar 2.19</b> Elemen SOLID 186 .....                                                                      | 30 |
| <b>Gambar 2.20</b> Skewness Metrics .....                                                                      | 31 |
| <b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian .....                                                                | 34 |
| <b>Gambar 3.2</b> Diagram alir simulasi.....                                                                   | 35 |
| <b>Gambar 3.3</b> Dimensi spesimen .....                                                                       | 36 |
| <b>Gambar 3.4</b> Lokasi <i>preheat</i> pada simulasi pengelasan.....                                          | 38 |
| <b>Gambar 3.5</b> Mesin las MULTIPRO MIG_MMA/TIG 160 AS-MZ dan mesin <i>CNC Router</i> .....                   | 40 |
| <b>Gambar 3.6</b> Thermal camera (FLIR E8).....                                                                | 40 |
| <b>Gambar 3.7</b> <i>Dial indicator</i> .....                                                                  | 41 |
| <b>Gambar 3.8</b> Pembagian segmen pengelasan.....                                                             | 43 |
| <b>Gambar 3.9</b> Fitur <i>share topology</i> .....                                                            | 43 |
| <b>Gambar 3.10</b> <i>Material properties</i> ASTM A36.....                                                    | 44 |
| <b>Gambar 3.11</b> <i>Mesh</i> .....                                                                           | 44 |
| <b>Gambar 3.12</b> Diagram <i>skewness quality</i> .....                                                       | 45 |

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 3.13</b> <i>Element birth and death</i> .....                                     | 46 |
| <b>Gambar 3.14</b> <i>Pemodelan element birth and death</i> .....                           | 47 |
| <b>Gambar 3.15</b> <i>Penempatan convection pada plat</i> .....                             | 47 |
| <b>Gambar 3.16</b> <i>Lokasi pengukuran nilai temperature</i> .....                         | 48 |
| <b>Gambar 3.17</b> <i>Fixed support</i> .....                                               | 49 |
| <b>Gambar 3.18</b> <i>Clamping</i> .....                                                    | 49 |
| <b>Gambar 3.19</b> <i>Imported body temperature</i> .....                                   | 50 |
| <b>Gambar 3.20</b> <i>Lokasi pengukuran distorsi</i> .....                                  | 50 |
| <b>Gambar 3.21</b> <i>Time stepping control</i> .....                                       | 51 |
| <b>Gambar 4.1</b> <i>Persiapan pengelasan</i> .....                                         | 52 |
| <b>Gambar 4.2</b> <i>Tack Weld</i> .....                                                    | 53 |
| <b>Gambar 4.3</b> <i>Hasil pengukuran distorsi pada eksperimen</i> .....                    | 53 |
| <b>Gambar 4.4</b> <i>Hasil pengukuran temperature pada eksperimen</i> .....                 | 54 |
| <b>Gambar 4.5</b> <i>Pemodelan tack weld</i> .....                                          | 56 |
| <b>Gambar 4.6</b> <i>Pemodelan weld bead</i> .....                                          | 56 |
| <b>Gambar 4.7</b> <i>Hasil kontur distorsi pada simulasi</i> .....                          | 58 |
| <b>Gambar 4.8</b> <i>Hasil pengukuran temperature pada simulasi</i> .....                   | 58 |
| <b>Gambar 4.9</b> <i>Grafik perbandingan temperature pada simulasi dan eksperimen</i> ...   | 59 |
| <b>Gambar 4.10</b> <i>Grafik perbandingan temperature pada simulasi dan eksperimen</i> .    | 60 |
| <b>Gambar 4.11</b> <i>Lokasi preheat pada simulasi pengelasan</i> .....                     | 63 |
| <b>Gambar 4.12</b> <i>Pengaturan time step pada kondisi preheat</i> .....                   | 63 |
| <b>Gambar 4.13</b> <i>Hasil distorsi pada simulasi pengelasan tanpa preheat</i> .....       | 65 |
| <b>Gambar 4.14</b> <i>Hasil distorsi pada simulasi pengelasan dengan 50°C preheat</i> ..... | 66 |
| <b>Gambar 4.15</b> <i>Hasil distorsi pada simulasi pengelasan dengan 100°C preheat</i> .... | 67 |
| <b>Gambar 4.16</b> <i>Hasil distorsi pada simulasi pengelasan dengan 150°C preheat</i> .... | 69 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Tinjauan ( <i>review</i> ) penelitian terdahulu .....   | 10 |
| <b>Tabel 2.2</b> Komposisi material ASTM A36 .....                       | 18 |
| <b>Tabel 2.3</b> <i>Material Properties</i> ASTM A36 (30°C) .....        | 18 |
| <b>Tabel 3.1</b> Komposisi material ASTM A36 dan ER 70S-6 .....          | 37 |
| <b>Tabel 3.2</b> Parameter Pengelasan .....                              | 37 |
| <b>Tabel 3.3</b> Pengaturan suhu <i>preheat</i> .....                    | 39 |
| <b>Tabel 3.4</b> <i>Mesh information</i> .....                           | 45 |
| <b>Tabel 3.5</b> Spesifikasi komputer .....                              | 51 |
| <b>Tabel 4.1</b> Hasil pengukuran distorsi pada eksperimen .....         | 53 |
| <b>Tabel 4.2</b> Hasil pengukuran temperature pada eksperimen .....      | 54 |
| <b>Tabel 4.3</b> Hasil pengukuran <i>temperature</i> pada simulasi ..... | 59 |
| <b>Tabel 4.4</b> Data <i>temperature</i> eksperimen dan simulasi .....   | 60 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Hasil pengelasan ketiga spesimen

Lampiran 2. Pengukuran distorsi dengan Dial Indicator pada ketiga spesimen