

**SKRIPSI**

**ANALISA SAMBUNGAN BAJA AISI 1020 DAN AISI 1040 DENGAN  
VARIASI KOMBINASI ELEKTRODA MENGGUNAKAN METODE  
PENGELASAN SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW)**



**Disusun Oleh :**

**NAMA : ALFIAN NUGROHO HARYOYUDANTO**

**NIM : 1711008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**ANALISA SAMBUNGAN BAJA AISI 1020 DAN AISI 1040 DENGAN  
VARIASI KOMBINASI ELEKTRODA MENGGUNAKAN METODE  
PENGELASAN SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW)**



**Disusun oleh :**

Nama : Alfian Nugroho Haryoyudanto  
NIM : 1711008  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang

Mengetahui

Ketua Program Studi Tekin Mesin S-1



Dr. I Komang Astana Widi, S.T.,M.T  
NIP.Y. 103400405

Mengetahui  
Dosen Pembimbing

Dr. Eko Yohanes S, S.T.,M.T  
NIP.P. 1031400477



## **BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

Nama : Alfian Nugroho Haryoyudanto

NIM : 1711008

Jurusan : Teknik Mesin S-1

Judul : Analisa Sambungan Baja AISI 1020 dan AISI 1040 Menggunakan  
Variasi Kombinasi Elektroda Dengan Metode Pengelasan Shielded  
Metal Arc Welding (SMAW)

Dipertahankan dihadapan Tim Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)


Pada Hari : Kamis

Tanggal : 11 Agustus 2022


Dengan Nilai : 77 (B+)

## **PANITIA MAJELIS PENGUJI SKRIPSI**

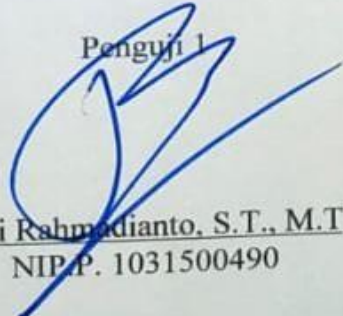
Ketua

  
Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T  
NIP.Y. 103400405

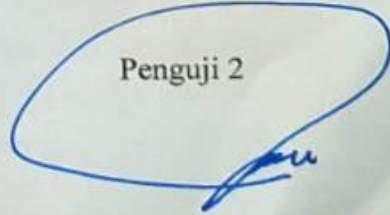
Sekretaris

  
Febi Rahmadiano, S.T., M.T  
NIP.P. 1031500490

Penguji 1

  
Febi Rahmadiano, S.T., M.T  
NIP.P. 1031500490

Penguji 2

  
Tito Arif Sutrisno, S.pd., M.T  
NIP.P. 1032100598

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alfian Nugroho Haryoyudanto

N I M : 17.11.008

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa isi skripsi yang berjudul **“ANALISA SAMBUNGAN BAJA AISI 1020 DAN AISI 1040 DENGAN VARIASI KOMBINASI ELEKTRODA MENGGUNAKAN METODE PENGELASAN SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW)”** adalah skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip sebagian atau sepenuhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan sumber aslinya.

Malang, 4 Agustus 2022

Penulis



Alfian Nugroho Haryoyudanto

NIM. 1711023

## LEMBAR ASISTENSI

Nama : Alfian Nugroho Haryoyudhanto  
NIM : 17.11.008  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Analisa Sambungan Baja AISI 1020 dan AISI 1040 Menggunakan Variasi Kombinasi Elektroda Dengan Metode Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

No	Materi Bimbingan	Tanggal	Paraf
1.	Pengajuan Judul Penelitian	15 Maret 2022	
2.	Pengajuan Proposal Penelitian	17 Maret 2022	
3.	Konsultasi Bab I	25 Maret 2022	
4.	Konsultasi Bab II	2 April 2022	
5.	Konsultasi Bab III	11 April 2022	
6.	Seminar Proposal	27 April 2022	
7.	Konsultasi Bab IV	22 Juli 2022	
8.	Konsultasi Bab V	28 Juli 2022	
9.	Seminar Hasil	9 Agustus 2022	
10.	ACC Laporan Skripsi	11 Agustus 2022	

Diperiksa dan disetujui  
Dosen Pembimbing

Dr. Eko Yohanes S, S.T.,M.T  
NIP.P. 1031400477

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Alfian Nugroho Haryoyudanto  
N I M : 17.11.008  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Fakultas : Teknologi Industri  
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang  
Judul Skripsi : Analisa Sambungan Baja AISI 1020 dan AISI 1040 Menggunakan Variasi Kombinasi Elektroda Dengan Metode Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

Tanggal Pengajuan Skripsi : 15 Maret 2022  
Tanggal Penyelesaian Skripsi : 9 Agustus 2022  
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 77 (B+)

Diperiksa dan disetujui,  
Dosen Pembimbing

Dr. Eko Yohanes S, S.T., M.T  
NIP. 103140047

**ANALISA SAMBUNGAN BAJA AISI 1020 DAN AISI 1040 DENGAN  
VARIASI KOMBINASI ELEKTRODA MENGGUNAKAN METODE  
PENGELASAN SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW)**

**Alfian Nugroho Haryoyudanto**

Program Studi Teknik Mesin S–1, Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang

Jawa Timur 65143, (0341) 417636

E-mail : [alfian.nugroho221@gmail.com](mailto:alfian.nugroho221@gmail.com)

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh sambungan pengelasan pada baja AISI 1020 dan baja AISI 1040 dengan variasi kombinasi elektroda terhadap sifat mekanik dan struktur mikro. Penelitian ini dapat mengetahui pengaruh sambungan pengelasan kombinasi elektroda 6010-7018, 6013-7018, 7018-7016. Diharapkan memiliki sifat mekanik yang baik sehingga dapat digunakan dalam sektor industri, konstruksi, dan otomotif. Metode penelitian ini menggunakan eksperimental dengan tiga kali pengujian yang bertujuan untuk mengetahui hasil eksperimen dari perbedaan pada hasil pengujian sampel. Setelah proses pengelasan selanjutnya dilakukan beberapa pengujian, seperti pengujian Kekerasan (*Rockwell*), Kekuatan Tarik, dan Struktur Mikro. Hasil pengujian didapat nilai kekerasan tertinggi pada daerah HAZ baja AISI 1040 pada kombinasi elektroda 6013-7016 dengan nilai kekerasan 56,6 HRB, yang menyebabkan tingginya nilai kekerasan adalah fasa bainit dan ferit *acicular*. Pada daerah logam las nilai kekerasan tertinggi pada kombinasi elektroda 6013-7016, pengaruh unsur paduan dan elektroda inilah yang menyebabkan meningkatnya jumlah fasa bainit pada daerah logam las sehingga membuat nilai kekerasannya tinggi. Nilai tertinggi yang didapat pada pengujian kekuatan tarik terjadi pada kombinasi elektroda 7018-7016 sebesar 43,37 Kgf/mm<sup>2</sup>.

**Kata kunci** : *Kombinasi Elektroda, SMAW, Kekerasan, Kekuatan Tarik, Struktur Mikro*

# **ANALYSIS OF AISI 1020 AND AISI 1040 STEEL JOINTS WITH VARIATIONS OF ELECTRODE COMBINATIONS USING SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW) METHOD**

**Alfian Nugroho Haryoyuudanto**

Mechanical Engineering Study Program S-1, Faculty of Industrial

Technology National Institute of Technology Malang

Jl. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Malang City East

Java 65143, (0341) 417636

E-mail : [alfian.nugroho221@gmail.com](mailto:alfian.nugroho221@gmail.com)

## **ABSTRACT**

This study aims to determine how the effect of welding joints on AISI 1020 steel and AISI 1040 steel with various electrode combinations on the mechanical properties and microstructure. This study can determine the effect of the combination of electrode welding joints 6010-7018, 6013-7018, 7018-7016. It is expected to have good mechanical properties so that it can be used in the industrial, construction, and automotive sectors. This research method uses experimental testing with three times which aims to determine the experimental results from differences in the results of sample testing. After the welding process, several tests were carried out, such as testing for Hardness (Rockwell), Tensile Strength, and Microstructure. The test results obtained the highest hardness value in the HAZ area of AISI 1040 steel at a combination of electrodes 6013-7016 with a hardness value of 56.6 HRB, which caused the high hardness values to be bainite and acicular ferrite phases. In the weld metal area, the highest hardness value is at the electrode combination 6013-7016, the influence of the alloying element and the electrode causes an increase in the amount of bainite phase in the weld metal area, thus making the hardness value high. The highest value obtained in the tensile strength test occurred at the 7018-7016 electrode combination of 43.37 Kgf/mm<sup>2</sup>.

**Keywords:** *Electrode Combination, SMAW, Hardness, Tensile Strength, Microstructure*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat Rahmat, Hidayah, serta Karunia-Nya sehingga penulisan ini dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul “ANALISA SAMBUNGAN BAJA AISI 1020 DAN AISI 1040 DENGAN VARIASI KOMBINASI ELEKTRODA MENGGUNAKAN METODE PENGELASAN SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW)”. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan skripsi pada program Strata-1 di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari adanya bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Ibu Dr. Ellysa Nursanti, ST.,MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.
4. Dosen Pembimbing Skripsi Institut Teknologi Nasional Malang bapak Dr. Eko Yohanes S, ST., MT.
5. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materil dan spiritual.
6. Seluruh teman-teman mahasiswa mesin S-1 yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
7. Dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun dari pembaca demi tercapainya laporan ini dengan baik kedepannya.

Malang 9 Agustus 2022  
Penulis

Alfian Nugroho Haryoyudhanto  
NIM. 1711008

viii

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....</b>	<b>1</b>
<b>BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI .....</b>	<b>2</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI.....</b>	<b>3</b>
<b>LEMBAR ASISTENSI.....</b>	<b>4</b>
<b>LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>6</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>8</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>9</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>13</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>15</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>16</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>17</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>17</b>
1.1 Latar Belakang .....	17
1.2 Rumusan masalah.....	19
1.3 Batasan Masalah.....	20
1.4 Tujuan Penelitian.....	21
1.5 Manfaat Penelitian.....	21
1.6 Sistematika Penulisan.....	22
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>23</b>
2.1 Peneliti Terdahulu .....	23
2.2 Perkembangan Jenis-jenis Pengelasan.....	26
2.3 Pengelasan .....	29
2.3.1 Proses Pengelasan.....	30
2.3.2 Klasifikasi Cara Pengelasan .....	30
2.4 Definisi Pengelasan .....	31
2.5 Metalurgi Las .....	32

2.6 Siklus Termal Daerah Lasan.....	34
2.7 Diagram Fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C.....	35
2.8 Pembekuan dan Struktur Logam Las.....	37
2.9 Shield Metal Arc Welding (SMAW).....	38
2.9.1 Parameter Las SMAW.....	41
2.9.2 Peralatan Las SMAW.....	42
2.9.3 Pemilihan Jenis Elektroda.....	44
2.9.4 Kelebihan dan Kekurangan Las SMAW.....	45
2.9.5 Elektroda Las SMAW.....	46
2.9.6 Jenis Elektroda.....	47
2.10 Klasifikasi Baja AISI 1020 Dan Baja AISI 1040.....	49
2.10.1 Baja AISI 1020.....	49
2.10.2 Baja AISI 1040.....	50
2.10.3 Unsur Paduan Baja.....	50
2.10.4 Pengaruh Unsur Paduan Baja.....	54
2.11 Persiapan Sambungan.....	57
2.12 Pengujian Tarik.....	58
2.13 Pengujian Kekerasan.....	60
2.14 Pengujian Struktur Mikro.....	62
2.15 Arus Listrik Las.....	66
2.16 Kampuh Las.....	66
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>68</b>
3.1 Diagram Alir.....	68
3.2 Penjelasan Diagram Alir.....	69
3.3 Study Literatur.....	69
3.4 Persiapan Baja AISI 1020 dan Baja AISI 1040.....	69
3.5 Pembuatan Spesimen.....	70
3.6 Proses Pengujian.....	73
3.7 Pengumpulan Data.....	76
3.7.1 Pengumpulan Data Pengujian Struktur Mikro.....	76

3.7.2 Pengumpulan Data Pengujian Kekerasan.....	77
3.7.3 Pengumpulan Data Pengujian Kekuatan Tarik.....	77
3.8 Analisa Data Dan Pembahasan.....	78
3.8.1 Analisa Struktur Mikro.....	78
3.8.1 Analisa Kekerasan.....	79
3.8.2 Analisa Kekuatan Tarik.....	79
3.9 Kesimpulan.....	79

**BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....80**

4.1 Data Hasil Pengujian .....	80
4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik .....	80
4.1.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan Baja AISI 1020 dan AISI 1040 .....	80
4.2 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja AISI 1020 .....	82
4.2.1 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Logam Induk.....	82
4.2.2 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Elektroda 6010-7016 .....	82
4.2.3 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Elektroda 6013-7016 .....	83
4.2.4 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Elektroda 7018-7016 .....	84
4.3 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja AISI 1040 .....	85
4.3.1 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Logam Induk.....	86
4.3.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Elektroda 6010-7016.....	86
4.3.3 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Elektroda 6013-7016.....	87
4.3.4 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Elektroda 7018-7016.....	88
4.4 Analisa Data Dan Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan Baja AISI 1020.....	89
4.5 Analisa Data dan Pembahasan Kekerasan Permukaan Daerah HAZ .....	90
4.6 Analisa Data dan Pembahasan Kekerasan Permukaan Daerah Las.....	92
4.7 Analisa Data Dan Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan Baja AISI 1040.....	95
4.8 Analisa Data dan Hasil Pengujian Kekerasan Daerah HAZ.....	95
4.9Analisa Data dan Pembahasan Hasil Kekerasan Pengujian Daerah Las .....	97
4.10 Analisa Dan Pembahasan Hasil Pengujian Kekuatan Tarik .....	100
4.11 Analisa Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja AISI 1020 .....	102
4.11.1 Struktur Mikro Kombinasi Elektroda E6010-E7016.....	103

4.11.2 Struktur Mikro Kombinasi Elektroda E6013-E7016 .....	105
4.11.3 Struktur Mikro Kombinasi Elektroda E7018-E7016 .....	107
4.12 Analisa Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja AISI 1040 .....	110
4.12.1 Struktur Mikro Kombinasi Elektroda E6010-E7016 .....	110
4.12.2 Struktur Mikro Kombinasi Elektroda E6013-E7016 .....	112
4.12.3 Struktur Mikro Kombinasi Elektroda E7018-E7016 .....	114
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>117</b>
5.1 Kesimpulan.....	117
5.2 Saran.....	120
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>121</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>124</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Hasil pengelasan .....	32
Gambar 2.2 : Proses pengelasan .....	33
Gambar 2.3 Daerah Logam Lasan Dan Logam Induk.....	34
Gambar 2.4 Diagram fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	36
Gambar 2.5 : Arah Pembekuan dari Logam Las .....	38
Gambar 2 .6 : Direct Current Elektroda Positif .....	40
Gambar 2.7 : Direct Current Elektroda Negatif.....	40
Gambar 2.8 : Parameter Las SMAW .....	41
Gambar 2.9 : Struktur Mesin Las SMAW .....	44
Gambar 2.10 : Mesin Las SMAW .....	44
Gambar 2.11 Unsur-unsur Paduan Baja .....	55
Gambar 2.12 : Macam – Macam Saambungan Las .....	57
Gambar 2.13 : Pengujian Tarik.....	58
Gambar 2.14 : Kekuatan Regangan .....	59
Gambar 2 .15 : Pengujian Kekerasan Rockwell .....	61
Gambar 2.16 : Diagram Fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	63
Gambar 2.17 : Garis Bantu Perhitungan Persentase Fasa Dalam Struktur Mikro.....	64
Gambar 2.18 : Alat Uji Struktur Mikro (Mikroskop optic).....	64
Gambar 2.19 : Jenis Kampuh Las .....	67
Gambar 3.1 : Diagram Alir .....	68
Gambar 3.2 Baja AISI 1020 dan AISI 1040 .....	69
Gambar 4.1 Struktur Mikro Logam Induk Baja AISI 1020.....	82
Gambar 4.3 Struktur Mikro Daerah Las .....	83
Gambar 4.4 : HAZ AISI 1020.....	83
Gambar 4.5: Logam Las elektroda E6013-7016.....	84

Gambar 4.6 : HAZ Baja AISI 1020 .....	84
Gambar 4.7: Logam Las elektroda E7018-7016 .....	85
Gambar 4.8 Struktur Mikro Logam Induk 1040 .....	86
Gambar 4.9 HAZ AISI 1040.....	86
Gambar 4.10 Logam Las Elektroda E6010-7016.....	87
Gambar 4.11 HAZ AISI 1040 .....	87
Gambar 4.12: Logam Las elektroda E6013-7016 .....	88
Gambar 4.13 HAZ AISI 1040 .....	88
Gambar 4.14: Logam Las elektroda E7018-7016 .....	89

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Komposisi Kimia Baja AISI 1020 .....	49
Tabel 2.2 : komposisi kimia baja AISI 1040.....	53
Table 2.3: sifat mekanik baja AISI 1040 .....	53
Tabel 3.1 Data Pengujian Kekerasan .....	77
Tabel 3.2 Data pengujian Tarik.....	78
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian kekuatan tarik .....	80
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian kekerasan permukaan baja AISI 1020.....	81



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 : Kekerasan Permukaan Baja AISI 1020.....	89
Grafik 4.2 : Rata-rata Kekerasan Permukaan Baja AISI 1040.....	95
Grafik 4.3 Grafik Hasil Pengujian Kekuatan Tarik.....	100