ANALISA PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN GTAW PADA BAJA AISI 1020 TERHADAP PENGUJIAN KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Samuel Sambije Nauw

NIM : 2111052

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSITITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

JULI 2026

ANALISA PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN GTAW PADA BAJA AISI 1020 TERHADAP PENGUJIAN KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)
Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

Nama : Samuel Sambije Nauw

NIM : 2111052

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSITITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

JULI 2026

LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

ANALISA PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN GTAW PADA BAJA AISI 1020 TERHADAP PENGUJIAN KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

Disusun Oleh :

Nama : Samuel Sambije Nauw

NIM : 2111052

Malang, 6 Juli 2026

Diperika/Disetujui Dosen Pembimbing I	Diperika/Disetujui Dosen Pembimbing II
Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng	Tito Arif Sutrisno, S.Pd., M.T
NIP. P. 1031500492	NIP. P. 1032100598

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Mesin S – 1

Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.
NIP. P. 1013140047

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK
PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG
Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Samuel Sambije Nauw

NIM : 2111052

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Judul Skripsi : ANALISA PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN GTAW PADA BAJA AISI 1020 TERHADAP PENGUJIAN KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

Di perhatahankan di hadapan tim penguji tugas akhir jenjang Strata I (S-1) Pada :

Hari / Tanggal :

Telah dievaluasi dengan Nilai :

Panitia Ujian Skripsi

Ketua	Sekretaris
Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST., MT.	Tutut Nani Prihatmi, SS. SPd, M.Pd.
NIP. P. 1031400477	NIP. P. 1031500493

Anggota Penguji

Penguji I	Penguji II
Sibut, ST., MT.	Arif Kurniawan, ST., MT.
NIP. Y. 1030300379	NIP. P. 1031500491

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Samuel Sambije Nauw

NIM : 2111052

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Menyatakan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skrispsi saya yang ‘**ANALISA PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN GTAW PADA BAJA AISI 1020 TERHADAP PENGUJIAN KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO ”** adalah hasil karya sendiri bukan hasil karya orang lain, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya.

Malang, 6 Juli 2026



Samuel Sambije Nauw

NIM. 2111052

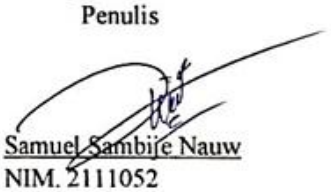
KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmat dan karunia-Nya. Dalam menulis proposal konsep tugas akhir ini oleh karena itu, penulis banyak mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan dan bimbingan dari:

1. Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata,, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang
3. Bapak Dr. Eko Yohanes Setyawan., ST. MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 ITN Malang
4. Bapak Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I
5. Bapak Tito Arif Sutrisno, S.Pd., MT., selaku Dosen Pembimbing II
6. Bapa dan Mama yang selalu mendukung dalam segi doa serta finansial dalam proses pembuatan skripsi ini
7. Teman-teman yang memberikan semangat dan banyak membantu hingga terselesaikan skripsi ini

Saya berharap dengan membaca skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, dalam hal ini yang dapat menambah wawasan kita mengenai ilmu pengetahuan bagaimana berproses pada saat melaksanakan tugas akhir. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, maka penulis mengharapkan kritik dan saran dari Bapak/Ibu Dosen demi kebaikan menuju ke arah yang lebih baik.

Malang, 6 Juli 2026
Penulis



Samuel Sambije Nauw
NIM. 2111052

LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Samuel Sambije Nauw

NIM : 2111052

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Judul Skripsi : ANALISA PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN GTAW PADA BAJA AISI 1020 TERHADAP PENGUJIAN KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF/TANDA TANGAN		
			Mahasiswa	Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
1	10 Oktober 2025	• Konsultasi Judul Skripsi			
2	14 Oktober 2025	• Pengajuan Judul Skripsi			
3	15 Oktober 2025	• Pemantapan Judul Skripsi			
4	16 Oktober 2025	Konsultasi Proposal BAB I, II, Dan III			
5	Jum'at 17 Oktober 2025	• Seminar Proposal dan Revisi			
6	Sabtu	• Konsultasi			

	11 Juli 2026	Laporan Skripsi BAB IV Dan V			
7		• Seminar Hasil dan Revisi			
8		• Konsultasi Hasil Akhir Skripsi			

Malang, 6 Juli 2026
Penulis

Samuel Sambije Nauw
NIM. 2111052

Diperika/Disetujui
Dosen Pembimbing I

Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng
NIP. P. 1031500492

Diperika/Disetujui
Dosen Pembimbing II

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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama	: Samuel Sambije Nauw
NIM	: 2111052
Program Studi	: Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi	: ANALISA PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN GTAW PADA BAJA AISI 1020 TERHADAP PENGUJIAN KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO
Dosen Pembimbing I	: Gerald Adityo Pohan, S.T., M.Eng
Dosen Pembimbing II	: Tito Arif Sutrisno, S.Pd., M.T
Tanggal Mengajukan Skripsi	: 10 Oktober 2025
Tanggal Menyelesaikan Skripsi	: 6 Juli 2026
Nilai	:

Malang, 6 Juli 2026

Diperika/Disetujui Dosen Pembimbing I	Diperika/Disetujui Dosen Pembimbing II
Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng	Tito Arif Sutrisno, S.Pd., M.T
NIP. P. 1031500492	NIP. P. 1032100598

ABSTRAK

Proses pengelasan pada baja karbon rendah AISI 1020 dapat menyebabkan perubahan struktur mikro dan sifat mekanik akibat siklus termal selama proses pengelasan. Perubahan tersebut umumnya terjadi pada daerah *Fusion Line* (FL), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Base Metal*, yang dapat memengaruhi kualitas serta keandalan sambungan las. Salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki karakteristik sambungan las adalah *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN), yaitu perlakuan panas setelah pengelasan yang bertujuan mengurangi tegangan sisa, memperbaiki homogenitas struktur mikro, serta menghasilkan distribusi sifat mekanik yang lebih seragam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN terhadap nilai kekerasan Vickers dan struktur mikro pada sambungan las *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) baja AISI 1020. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Material baja AISI 1020 dilas menggunakan proses GTAW, kemudian diberi perlakuan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN pada temperatur 300°C dan 500°C dengan waktu penahanan sesuai parameter penelitian, selanjutnya didinginkan di udara. Pengujian dilakukan menggunakan uji kekerasan Vickers dan pengamatan struktur mikro pada daerah *Base Metal*, HAZ, dan FL untuk mengetahui perubahan karakteristik material akibat perlakuan panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN berpengaruh terhadap distribusi nilai kekerasan dan struktur mikro sambungan las. Nilai kekerasan pada spesimen yang diberi PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN mengalami penurunan dibandingkan spesimen tanpa PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN, dengan penurunan yang lebih besar pada temperatur 500°C. Pengamatan struktur mikro menunjukkan distribusi ferrit dan perlit yang lebih homogen serta berkurangnya tegangan sisa akibat proses pengelasan. Perubahan struktur mikro tersebut berkorelasi dengan penurunan nilai kekerasan dan pemerataan sifat mekanik pada setiap daerah sambungan las. Dengan demikian, perlakuan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN terbukti mampu meningkatkan kualitas sambungan las GTAW pada baja AISI 1020 melalui homogenisasi struktur mikro, pengurangan tegangan sisa, dan pemerataan distribusi kekerasan.

Kata kunci: *Post Weld Heat Treatment* (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN), GTAW, baja AISI 1020, kekerasan Vickers, struktur mikro.

ABSTRACT

The welding process of AISI 1020 low-carbon steel can cause changes in the microstructure and mechanical properties due to the thermal cycle occurring during welding. These changes generally occur in the Fusion Line (FL), Heat Affected Zone (HAZ), and Base Metal regions, which may affect the quality and reliability of the welded joint. One method commonly used to improve the characteristics of welded joints is Post Weld Heat Treatment (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN), a heat treatment process performed after welding to reduce residual stress, improve microstructural homogeneity, and produce a more uniform distribution of mechanical properties. This study aimed to analyze the effect of PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN on the Vickers hardness and microstructure of Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) joints made from AISI 1020 steel. An experimental research method was employed in this study. AISI 1020 steel specimens were welded using the GTAW process and subsequently subjected to PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN at temperatures of 300°C and 500°C with holding times determined according to the experimental parameters, followed by air cooling. Vickers hardness testing and microstructural observations were carried out in the Base Metal, HAZ, and FL regions to evaluate the changes in material characteristics resulting from the heat treatment. The results showed that PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN significantly affected the hardness distribution and microstructure of the welded joints. The Vickers hardness values of the PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN-treated specimens decreased compared with those of the as-welded specimens, with a greater reduction observed at 500°C. Microstructural observations revealed a more homogeneous distribution of ferrite and pearlite, accompanied by a reduction in residual stress caused by the welding process. These microstructural changes were closely associated with the decrease in hardness values and the more uniform distribution of mechanical properties across the welded joint. Therefore, PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN was proven to improve the quality of GTAW joints in AISI 1020 steel by promoting microstructural homogenization, reducing residual stress, and producing a more uniform hardness distribution.

Keywords: Post Weld Heat Treatment (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN), Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), AISI 1020 steel, Vickers hardness, microstructure.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN ..... **iii**
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI ..... **iv**
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI ..... **vii**
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI ..... **ix**
ABSTRAK ..... **x**
ABSTRACT ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Sistematika Penulisan 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **9**
2.1 Penelitian Terdahulu 9
2.2 Baja 13
2.2.1 Diagram Fasa Fe–Fe_3C 13
2.2.2 Diagram TTT (Time Temperature Transformation) 15
2.2.3 Diagram CCT (Continuous Cooling Transformation) 16
2.2.4 Transformasi Ferrite 17
2.2.5 Transformasi Pearlite 17
2.3 Baja AISI 1020 18
2.3.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1020 18
2.3.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1020 19
2.3.3 Struktur Mikro Baja AISI 1020 20
2.3.4 Pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN terhadap Baja AISI 1020 20

2.4 Pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) 21
2.4.1 *Heat Input* 22
2.4.2 Efisiensi Panas (*Thermal Efficiency*) 22
2.4.3 *Arc Efficiency* 23
2.4.4 Pengaruh Heat Input terhadap *Heat Affected Zone* (HAZ) 23
2.5 Zona Pada Sambungan Las 24
2.5.1 Logam Las (*Weld Metal)* 25
2.5.2 *Heat Affected Zone* (HAZ) 26
2.5.3 Logam Induk (*Base Metal*) 28
2.6 Perlakuan Panas Pasca Pengelasan (PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN) 30
2.6.1 Annealing 31
2.6.2 Normalizing 32
2.6.3 Stress Relieving 33
2.7 Sifat Mekanik Sambungan Las 34
2.7.1 Pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN Terhadap Kekerasan 34
2.7.2 Pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN Terhadap Struktur Mikro 36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 38
3.1 Diagram Alir Penelitian 38
3.2 Penjelasan Diagram Alir 39
3.3 Jenis Penelitian 39
3.4 Alat dan Bahan Penelitian 40
3.4.1 Alat Penelitian 40
3.4.2 Bahan Penelitian 43
3.5 Variabel Peneltian 46
3.5.1 Variabel Bebas 46
3.5.2 Variabel Terikat 46
3.5.3 Variabel terkontrol 46
3.7 Pengujian 48
3.7.1 Pengujian Kekerasan Vickers 48
3.7.2 Pengujian Struktur Mikro 49
3.8 Teknik Analisis Data 49

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 51
4.1 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers 51
4.1.1 Analisis Kekerasan Spesimen Tanpa PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 52
4.1.2 Analisis Pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN Suhu 300°C 55
4.1.3 Analisis Pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN Suhu 500°C 59
4.1.4 Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Vickers 64
4.2.1 Struktur Mikro *Base Metal* 67
4.2.2 Struktur Mikro *Heat Affected Zone* (HAZ) 69
4.2.3 Struktur Mikro *Fusion Line* 72
4.2.4 Pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 300°C terhadap Struktur Mikro 75
4.2.5 Pengaruh PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 500°C terhadap Struktur Mikro 79
4.2.6 Hubungan Struktur Mikro dengan Kekerasan 83
4.2.7 Mekanisme Metalurgi Selama PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 87
4.2.8 Perbandingan dengan Hasil Penelitian Lain 89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 92
5.1 Kesimpulan 92
5.2 Saran 93
DAFTAR PUSTAKA 95
LAMPIRAN 97
Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup 97
Lampiran 2. Data Hasil Pengujian Struktur Mikro 79
Lampiran 3. Data Hasil Pengujian Kekerasan Vickers 89
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian 90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Baja..... 13
Gambar 2. 2 Baja AISI 1020..... 18
Gambar 2. 3 Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding..... 21
Gambar 2. 4 Zona sambungan pengelasan..... 24
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian..... 38
Gambar 3. 2 Mesin las GTAW..... 40
Gambar 3. 3 Furnace untuk PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN .. 41
Gambar 3. 4 Mesin uji kekerasan vickers..... 42
Gambar 3. 5 Mikroskop optik metalografi..... 42
Gambar 3. 6 Mesin Grinding dan polishing..... 43
Gambar 3. 7 Elektroda tungsten..... 44
Gambar 3. 8 Larutan Nital..... 44
Gambar 3. 9 Amplas..... 45
Gambar 3. 10 Autosol..... 45
Gambar 4. 1 Grafik kekerasan spesimen tanpa PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN..... 52
Gambar 4. 2 Grafik proses pengelasan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN suhu 300℃..... 56
Gambar 4. 3 Grafik proses pengelasan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN suhu 500℃..... 59
Gambar 4. 4 Struktur mikro sebelum perlakuan daerah *Base Metal* a) pembesaran 200x b) pembesaran 500x c) pembesaran 1000x..... 67
Gambar 4. 5 Struktur mikro sebelum perlakuan daerah HAZ a) pembesaran 200x b) pembesaran 500x c) pembesaran 1000x..... 70
Gambar 4. 6 Struktur mikro sebelum perlakuan daerah *Fusion Line* a) pembesaran 200x b) pembesaran 500x c) pembesaran 1000x..... 72
Gambar 4. 7 Struktur mikro pengelasan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 300℃ daerah *Base Metal* a) pembesaran 200x b) pembesaran 500x c) pembesaran 1000x..... 75

Gambar 4. 8 Struktur mikro pengelasan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 300℃ daerah HAZ a) pembesaran 200x b) pembesaran 500x c) pembesaran 1000x 76
Gambar 4. 9 Struktur mikro pengelasan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 300℃ daerah *Fusion Line* a) pembesaran 200x b) pembesaran 500x c) pembesaran 1000x 77
Gambar 4. 10 Struktur mikro pengelasan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 500℃ daerah *Base Metal* a) pembesaran 200x b) pembesaran 500x c) pembesaran 1000x 79
Gambar 4. 11 Struktur mikro pengelasan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 500℃ daerah HAZ a) pembesaran 200x b) pembesaran 500x c) pembesaran 1000x 80
Gambar 4. 12 Struktur mikro pengelasan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN 500℃ daerah Fasion line a) pembesaran 200x b) pembesaran 500x c) pembesaran 1000x 81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu 9
Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Baja AISI 1020 19
Tabel 2. 3 Sifat Mekanik Baja AISI 1020..... 19
Tabel 2. 4 Efisiensi Panas Beberapa Proses Pengelasan..... 23
Tabel 3.1 Parameter pengelasan..... 47
Tabel 4. 1 Rata-rata Kekerasan Vickers..... 51
Tabel 4. 2 Data Nilai Kekerasan spesimen tanpa PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN..... 52
Tabel 4. 3 Data hasil kekerasan Vickers proses pengelasan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN suhu 300℃..... 55
Tabel 4. 4 Data hasil kekerasan Vickers proses pengelasan PERLAKUAN PANAS PASCA PENGELASAN suhu 500℃..... 59