

TUGAS AKHIR
ANALISIS CACAT SAMBUNGAN *BUTT JOINT* PIPA *CARBON STEEL*
A106 AKIBAT VARIASI ARUS PENGELASAN 1G GTAW
MENGGUNAKAN METODE NDT RADIOGRAFI



Panca Mahardhika Pribadi
22DK50004

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI CILACAP
2026

PERNYATAAN ORISINILITAS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Panca Mahardhika Pribadi
NIM : 22DK50004
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknologi Industri/ Teknik Mesin
Tahun : 2022
Judul Tugas Akhir : Analisis Cacat Sambungan *Butt Joint* Pipa *Carbon Steel* A106 akibat Variasi Arus Pengelasan
1G *GTAW* menggunakan Metode *NDT Radiografi*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini benar-benar orisinil/asli dibuat oleh saya sendiri, tidak ada pihak lain yang membuat laporan ini, tidak ada unsur plagiat kecuali pada bagian-bagian yang disebutkan rujukkannya. Jika suatu hari ditemukan adanya indikasi dibuat oleh pihak lain atau plagiat, maka saya bersedia menerima konsekuensi dari institusi.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran tanpa ada paksaan.

Cilacap, 31 Maret 2026

Yang Menyatakan

Panca Mahardhika Pribadi

NIM 22DK50004

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai Civitas Akademik Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali UUNUGHA)
Cilacap, saya yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Panca Mahardhika Pribadi
NIM : 22DK50004
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul: **“Analisis Cacat Sambungan *Butt Joint* Pipa Carbon Steel A106 akibat Variasi Arus Pengelasan 1G GTAW menggunakan Metode NDT Radiografi”** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Adanya Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) berhak menyimpan, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada unsur paksa dari pihak lain.

Cilacap, 31 Maret 2026

Yang Menyatakan

Panca Mahardhika Pribadi

NIM 22DK50004

NOTA PEMBIMBING

Hal : Naskah Laporan Tugas Akhir Panca Mahardhika Pribadi
Lamp : -

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Teknologi Industri
UNUGHA Cilacap
Di –
Cilacap

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, mengkoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka pembimbing berpendapat bahwa Laporan Tugas Akhir saudara:

Nama : Panca Mahardhika Pribadi
NIM : 2DK50004
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Analisis Cacat Sambungan *Butt Joint* Pipa *Carbon Steel A106* Akibat Variasi Arus Pengelasan *1G GTAW* Menggunakan Metode *NDT Radiografi*

Telah dapat diajukan kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Strata Satu (S-1) Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Cilacap, Maret 2026
Pembimbing,



Frida Amriyati Azzizzah, S.Pd., M.Pd
NIDN. 0607049101

NOTA KONSULTAN

Hal : Naskah Laporan Tugas Akhir Panca Mahardhika Pribadi
Lamp : -

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Teknologi Industri
UNUGHA Cilacap
Di –
Cilacap

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

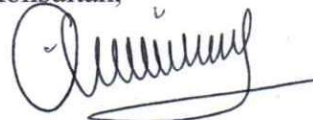
Setelah membaca, mengoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka konsultan berpendapat bahwa Laporan Tugas Akhir saudara:

Nama : Panca Mahardhika Pribadi
NIM : 22DK50004
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Analisis Cacat Sambungan *Butt Joint* Pipa *Carbon Steel* A106 Akibat Variasi Arus Pengelasan 1G *GTAW* Menggunakan Metode *NDT Radiografi*

Telah dapat diajukan kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Strata Satu (S-1) Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Cilacap, Maret 2026
Konsultan,



Christian Soolany, S.TP., M.Si.
NIDN. 0627128801

PENGESAHAN

Tugas Akhir Saudara,

Nama : **Panca Mahardhika Pribadi**
NIM : 22DK50004
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Analisis Cacat Sambungan *Butt Joint* Pipa Carbon Steel A106 Akibat Variasi Arus Pengelasan 1G GTAW Menggunakan Metode NDT Radiografi

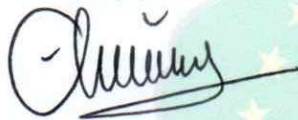
Telah disidang Tugas Akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap pada :

Rabu, 11 Maret 2026

Dan dapat diterima sebagai pemenuhan tugas akhir mahasiswa Program Strata 1 (S-1) Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.

Mengetahui,

Penguji 1



Christian Soolany, S.TP., M.Si.
NIDN. 0627128801

Penguji 2



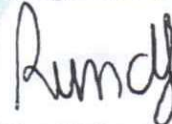
Dhimas Oki Permata Aji, S.Pd., M.Pd
NIDN. 0612109001

Pembimbing 1/Ketua Sidang



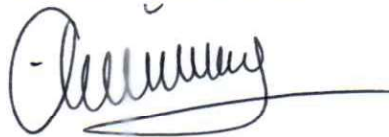
Frida Amriyati Azzizzah, S.Pd., M.Pd
NIDN. 0607049101

Pembimbing 2/Sekretaris Sidang



Dr. Rina Krisnayana, M.T
NIDN. 0603048301

Cilacap, Maret 2026
Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Industri



Christian Soolany, S.TP., M.Si.
NIDN. 0627128801

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada ALLAH S.W.T yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNYA sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Cacat Sambungan *Butt Joint* Pipa *Carbon Steel A106* akibat Variasi Arus Pengelasan 1G *GTAW* menggunakan Metode *NDT Radiografi*”**. Yang saya susun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapat gelar sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap. Penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang sudah membantu dalam laporan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Maka dari itu, penyusun mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT dengan berkat dan rahmatNya berupa kesehatan dan juga kelimpahan rezekinya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir dengan baik dan lancar.
2. Bapak Dr. A. Luthfi Hamidi, M.Ag. selaku Rektor Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.
3. Bapak Christian Soolany, S.TP, M.Si selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri dan Penguji I.
4. Ibu Frida Amriyati Azzizzah, M.Pd selaku selaku Sekretaris Fakultas Teknologi Industri dan Pembimbing I.
5. Bapak Dhimas Oki Permata Aji, M.Pd selaku Kaprodi Teknik Mesin dan Penguji II.
6. Ibu Dr Rina Krisnayana, S.T, M.T selaku Pembimbing II.
7. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin FTI UNUGHA Cilacap.
8. Bapak/Ibu Dosen Penguji Sidang Tugas Akhir.
9. Bu Umami Rif'ah, S.E, selaku Staf FTI UNUGHA Cilacap.
10. Istri Tercinta Tanti Ariyani Serta Kedua Anak saya Gania Syaquila Anjali dan Jan Ernest Adipati Langit, yang selalu memberikan doa, kesabaran serta dukungan luar biasa kepada saya dalam menyelesaikan Pendidikan S1 Teknik Mesin di UNUGHA Cilacap.

11. Teman – Teman Teknik Mesin Kelas Karyawan Angkatan 2022.
12. Seluruh Mahasiswa FTI UNUGHA Cilacap.
13. Kepada Seluruh Pihak yang terlibat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Dengan demikian penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam pembuatan Tugas Akhir ini, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun khususnya untuk pengembangan ke ilmunan di bidang Teknik Mesin.

Cilacap, 31 Maret 2026

Yang Menyatakan

Panca Mahardhika Pribadi

NIM 22DK50004

ABSTRAK

Sistem perpipaan bertekanan tinggi pada industri minyak dan gas menuntut kualitas sambungan las yang optimal. Pipa *Carbon Steel* ASTM A106 Grade B merupakan material standar yang rentan mengalami cacat pengelasan akibat parameter arus yang tidak terkontrol, namun karakteristik cacat lasnya pada posisi 1G belum terdokumentasi secara komprehensif. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi arus pengelasan GTAW (80A–130A) terhadap jenis, ukuran, dan distribusi cacat pada sambungan *butt joint* pipa ASTM A106 Grade B posisi 1G, terfokus pada cacat internal berupa *porosity*, *lack of fusion*, dan *incomplete penetration*. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan teknik pengelasan multi-pass (*root, hot, filler, capping pass*) menggunakan elektroda BOHLER ER 70S-6, diinspeksi menggunakan *Radiography Testing* sesuai standar ASME Section V dan ASME B31.3. Penelitian ini diharapkan menghasilkan rekomendasi rentang arus optimal untuk setiap lapisan pengelasan guna meminimalkan cacat sambungan las pipa bertekanan tinggi di industri.

Keyword : GTAW, Butt Joint, Carbon Steel A106, Variasi Arus, Multi-Pass Welding, Posisi 1G, Radiography Testing

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINILITAS TUGAS AKHIR	I
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	II
KATA PENGANTAR.....	VI
ABSTRAK	VIII
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR TABEL.....	XII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Ruang Lingkup.....	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
A. Bagi Peneliti	8
B. Bagi Industri	8
C. Bagi Akademisi / Pendidikan / Masyarakat.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Pengelasan.....	10
2.2 Gas Tungsten Arc Welding (GTAW).....	11
2.3 Posisi Pengelasan Pipa 1G	12
2.4 Material <i>Carbon Steel</i> ASTM A106.....	13
2.5 Sambungan Las <i>Butt Joint</i> pada Pipa.....	14
2.6 Parameter Pengelasan.....	15
2.7 <i>Multi-Pass Welding (Multilayer Welding)</i>	16
2.8 <i>Heat Input</i> pada Proses Pengelasan.....	17
2.9 <i>Discontinuity</i> dan Cacat Pengelasan	18
2.10 Non-Destructive Testing (NDT).....	19

2.11 Radiographic Testing (RT) Sinar-X.....	19
2.12 Penelitian Terdahulu.....	21
2.13 Kerangka Pemikiran Penelitian.....	25
2.14 Hipotesis Penelitian.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1 Metode Penelitian.....	28
3.2 Instrumen Penelitian.....	28
3.3 Tahapan Prosedur Penelitian	30
1. Tahap Persiapan Material	30
2. Tahap Persiapan <i>Filler Wire</i> dan Elektroda Tungsten	31
3. Tahap Pelaksanaan Pengelasan	31
3.4 Variabel Penelitian	32
3.5 Analisis Data	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Hasil Pembuatan Spesimen.....	38
4.2 Hasil Persiapan Elektroda	39
4.3 Hasil Proses Pengelasan.....	39
4.4 Hasil Inspeksi RT	40
4.5 Rekapitulasi Seluruh Indikasi Cacat	49
4.6 Analisis Pengaruh Variasi Arus terhadap Jenis Cacat	50
4.7 Analais Karakteristik dan Distribusi Cacat	52
4.8 Analisis Korelasi Arus, Heat Input dan Cacat.....	54
4.9 Penentuan Arus Optimal per Lapisan.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Posisi Pengelasan Pipa 1G	12
Gambar 2. 2 Discontinuity	18
Gambar 3. 1 Acceptance Criteria for Welds	30
Gambar 4. 1 Spesimen uji pipa Carbon Steel ASTM A106 Grade B.....	38
Gambar 4. 2 Persiapan Sudut Kampuh	38
Gambar 4. 3 Persiapan Elektroda BOHLER ER 70S-6	39
Gambar 4. 4 Variasi 1 Spesimen 1 Siswanto	41
Gambar 4. 5 Variasi 1 Spesimen 2 Jupriadi.....	42
Gambar 4. 6 Variasi 1 Spesimen 3 Sofiyani	43
Gambar 4. 7 Variasi 2 Spesimen 1 Adani.....	44
Gambar 4. 8 Variasi 2 Spesimen 2 Faturahman.....	45
Gambar 4. 9 Variasi 2 Spesimen 3 Wang SS	45
Gambar 4. 10 Variasi 3 Spesimen 1 Taisir	46
Gambar 4. 11 Variasi 3 Spesimen 2 Sukirman	47
Gambar 4. 12 Variasi 3 Spesimen 3 Asep S	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Chemical Requirements ASTM A106 Grade B (Nofri et al., 2018)....	13
Tabel 2. 2 Literatur Review	21
Tabel 2. 3 Kerangka Berpikir.....	25
Tabel 3. 1 Instrumen Penelitian	28
Tabel 3. 2 Parameter Pengelasan Masing-Masing Variasi.....	31
Tabel 3. 3 Variabel Penelitian.....	33
Tabel 3. 4 Metode Analisis Data.....	36
Tabel 4. 1 Hasil kalkulasi heat input.....	40
Tabel 4. 2 Variasi 1 – Spesimen 1.....	41
Tabel 4. 3 Variasi 1 – Spesimen 2.....	42
Tabel 4. 4 Variasi 1 – Spesimen 3.....	43
Tabel 4. 5 Variasi 2 – Spesimen 1.....	44
Tabel 4. 6 Variasi 2 – Spesimen 2.....	45
Tabel 4. 7 Variasi 2 – Spesimen 3.....	46
Tabel 4. 8 Variasi 3 – Spesimen 1.....	46
Tabel 4. 9 Variasi 3 – Spesimen 2.....	48
Tabel 4. 10 Variasi 3 - Spesimen 3	48
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Seluruh Indikasi Cacat Berdasarkan Inspeksi RT.....	49
Tabel 4. 12 Distribusi Jenis Cacat per Variasi Arus	51
Tabel 4. 13 Evaluasi Acceptance Criteria ASME B31.3 Seluruh Spesimen	53
Tabel 4. 14 Ringkasan Parameter Arus Optimal GTAW Multi-Pass Posisi 1G Pipa ASTM A106 Grade B	57