

**PENGARUH JUMLAH SAMBUNGAN MIG *SPOT WELD* TERHADAP
UJI BENDING MENGGUNAKAN ANALISIS SIMULASI DAN
ANOVA PADA PANEL *SANDWICH* LOGAM BERBEDA**

SKRIPSI



Oleh:

RENDI NUR WAHYUDIANTO

NIM. 210481100042

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI DAN MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRUNODJOYO MADURA
BANGKALAN
2026**

**PENGARUH JUMLAH SAMBUNGAN MIG *SPOT WELD* TERHADAP
UJI BENDING MENGGUNAKAN ANALISIS SIMULASI DAN
ANOVA PADA PANEL *SANDWICH* LOGAM BERBEDA**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memenuhi Gelar Sarjana Strata Satu (S1)
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Trunodjoyo Madura**

Disusun Oleh:

RENDI NUR WAHYUDIANTO

NIM. 210481100042

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI DAN MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRUNODJOYO MADURA
BANGKALAN**

2026

SKRIPSI

PENGARUH JUMLAH SAMBUNGAN MIG *SPOT WELD* TERHADAP UJI BENDING
MENGUNAKAN ANALISIS SIMULASI DAN ANOVA PADA PANEL *SANDWICH*
LOGAM BERBEDA

Disusun oleh:

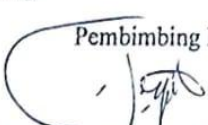
RENDI NUR WAHYUDIANTO
NIM. 210481100042

Susunan Tim Pembimbing

Pembimbing I


Dr. Ir. Hakam Muzakki, S.T., M.T.
NIP. 197409012008121003

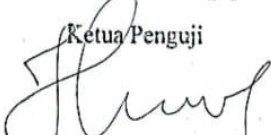
Pembimbing II


Ir. Teguh Prasetyo, S.T., M.T.
NIP. 197904162005011001

telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 24 Juli 2026

Susunan Tim Penguji

Ketua Penguji


Dr. Ir. Hakam Muzakki, S.T., M.T.
NIP. 197409012008121003

Penguji Utama


Ir. Ibnu Irawan, S.T., M.Si., M.T.
NIP. 198606262019031007

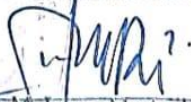
Penguji Anggota


Ir. Khamdi Mubarak, S.T., M.Eng.
NIP. 197907302003121003

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan menyelesaikan pendidikan pada
Program Studi S1 Teknik Mesin

Tanggal 27 Juli 2026

Ketua Jurusan Teknik Industri dan Mesin


Prof. Dr. H. M. Inron Mustajib, ST., M.T.
NIP. 197804282003121001

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi dengan judul:

**“PENGARUH JUMLAH SAMBUNGAN MIG *SPOT WELD* TERHADAP
UJI BENDING MENGGUNAKAN ANALISIS SIMULASI DAN ANOVA
PADA PANEL *SANDWICH* LOGAM BERBEDA”**

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ilmiah ini sepenuhnya merupakan hasil pemikiran, penelitian, dan analisis saya sendiri. Karya ini belum pernah diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar akademik di perguruan tinggi mana pun, termasuk di Universitas Trunojoyo Madura. Seluruh sumber yang digunakan dalam penyusunan karya tulis ini telah dikutip dan dicantumkan secara lengkap dalam daftar pustaka sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah yang berlaku.

Bangkalan, 24 Juli 2026

Yang menyatakan,



RENDI NUR WAHYUDIANTO

NIM.210481100042

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat taufik serta hidayah-Nya yang memungkinkan penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan secara optimal dengan judul "PENGARUH JUMLAH SAMBUNGAN MIG *SPOT WELD* TERHADAP UJI BENDING MENGGUNAKAN ANALISIS SIMULASI DAN ANOVA PADA PANEL *SANDWICH* LOGAM BERBEDA". Penulisan skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dalam jangka waktu signifikan dan cukup intensif. Proses tersebut memberikan pemahaman yang lebih mendalam serta pengalaman yang bermanfaat dalam mengkaji dan mengembangkan topik penelitian ini.

Selama proses penyusunan laporan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dan dukungan sehingga dapat menyelesaikan laporan ini dengan optimal. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua saya yaitu Alm. Sutianto, dan Siti Nur Asiyah selaku orang tua penulis yang tidak ada kata lelah sedikitpun yang terucap untuk memberikan dukungan moril, moral, semangat
2. Bapak Dr. Hakam Muzakki S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin, serta dosen Pembimbing I skripsi yang telah menjadi inspirasi dan mendampingi penulis selama aktif di perkuliahan memberikan motivasi, saran dan nasehat yang sangat membantu
3. Bapak Ir. Teguh Prasetyo, ST., MT. selaku dosen Pembimbing II atas didikan dan masukan dalam penyelesaian penelitian ini.
4. Bapak Ibnu Irawan S.T., MT, Bapak Ir. Khamdi Mubarak, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang memberikan arahan serta masukan untuk kebaikan penulisan skripsi.
5. Muhammad Yogi Maulana, Fais Munajar, Nino Revanza dan seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2021 yang telah memotivasi penulis untuk terus menyelesaikan skripsi.
6. Seseorang yang membuatku selalu menunggu di fase tersulitku yang dimana fase skripsi semua orang curhat kepada pasangannya sedangkan aku memendamnya sendiri. Aku ga perlu banyak kata semoga kamu bahagia dengan orang barumu dan maaf karena menganggunu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, kritik dan saran

yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca.

Bangkalan, 24 juli 2026

Yang Menyatakan,

RENDI NUR WAHYUDIANTO

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Disiplin Ilmu Pendukung.....	7
2.1.1 Teknologi Pengelasan.....	7
2.1.2 Material Teknik	7
2.1.3 Proses Manufaktur.....	8
2.2 Teori Dasar.....	8
2.2.1 Panel <i>Sandwich Honeycomb</i>	8
2.2.2 <i>Metal Inert Gas (MIG)</i>	14
2.2.3 <i>Resistance Spot weld</i>	16
2.2.4 Dissimilar Welding.....	18
2.2.5 <i>Aluminium 1100</i>	19
2.2.6 Galvanized	21
2.2.7 <i>Stainless Steel 304</i>	22
2.2.8 Simulasi <i>Inventor</i>	24
2.2.9 Uji <i>Bending</i>	26
2.2.10 Anova 2 Arah.....	29
2.3 Penelitian Terdahulu	32
2.4 Posisi Penelitian	35
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Jenis Penelitian.....	36
3.2 Variabel Penelitian.....	36
3.2.1 Variabel Bebas.....	36
3.2.2 Variabel Terikat.....	37
3.2.3 Variabel Terkontrol	37
3.3 Tahapan Penelitian.....	37
3.3.1 Identifikasi Masalah	39
3.3.2 Rumusan Masalah Dan Tujuan.....	39

3.3.3	Studi Literatur.....	39
3.3.4	Pemilihan Material	40
3.3.5	Desain Panel <i>Sandwich</i>	46
3.3.6	Parameter Pengelasan Las titik (<i>Spot Welding</i>).....	47
3.3.7	Persiapan Alat Dan Bahan.....	57
3.3.8	Pembuatan Spesimen.....	58
3.3.9	Proses Pengelasan Las Titik (<i>Resistance Spot Welding</i>).....	58
3.3.10	Pengujian	58
3.3.11	Analisis Data.....	59
3.4	Alat Dan Bahan.....	59
3.4.1	Alat	60
3.4.2	Bahan.....	64
3.5	Rancangan Percobaan	65
3.6	Pengambilan data	65
3.7	Analisis statistika	68
3.8	Tempat Dan Jadwal Penelitian.....	69
3.8.1	Tempat Penelitian.....	69
3.8.2	Jadwal Penelitian	69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		71
4.1	Data angka bending.....	71
4.1.1	Hasil analisis beban tekuk dengan simulasi inventor	71
4.1.2	Data bending Eksperimen.....	104
4.2	Analisis varian data eksperimental	120
4.2.1	Uji Normalitas bending eksperimental	120
4.2.2	Uji Kesetaraan varian bending eksperimental	121
4.2.3	Uji Anova Dua arah bending eksperimental.....	123
4.3	Pembahasan.....	126
4.3.1	Pembahasan analisis bending simulasi inventor.....	126
4.3.2	Pembahasan uji bending	128
4.3.3	Hubungan Simulasi dan Eksperimen.....	131
BAB V PENUTUP		133
5.3	Kesimpulan	133
5.2	Saran	134
DAFTAR PUSTAKA.....		136
LAMPIRAN		144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Panel <i>sandwich</i>	4
Gambar 2.1 Panel <i>sandwich</i>	10
Gambar 2.2 Panel sandwich core sinusoidal.....	13
Gambar 2.3 pengelasan MIG	16
Gambar 2.4 Resistance spot welding	18
Gambar 2.5 Autodesk Inventor.....	24
Gambar 2.6 Von Mises Stress.....	25
Gambar 2.7 Displacement.....	25
Gambar 2.8 Safety Factor	26
Gambar 2.9 Pengujian bending titik tunggal	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 3.2 Ukuran aluminium 1100	41
Gambar 3.3 Properti material aluminium 1100	42
Gambar 3.4 Ukuran Galvanis.....	43
Gambar 3.5 Properti material Galvanis.....	44
Gambar 3.6 Ukuran Stainless Steel 304.....	45
Gambar 3.7 Properti material stainless steel 304	46
Gambar 3.8 Panel Sandwich	47
Gambar 3.9 Jumlah Spot 4 diameter titik 0,6 mm	49
Gambar 3.10 Jumlah Spot 4 diameter titik 0,8 mm	50
Gambar 3.11 Jumlah Spot 4 diameter titik 1,0 mm	51
Gambar 3.12 Jumlah Spot 6 diameter titik 0,6 mm	52
Gambar 3.13 Jumlah Spot 6 diameter titik 0,8 mm	53
Gambar 3.14 Jumlah Spot 6 diameter titik 1,0 mm	54
Gambar 3.15 Jumlah Spot 8 diameter titik 0,8 mm	55
Gambar 3.16 Spot 8 diameter titik 1,0 mm.....	56
Gambar 3.17 Spot 8 diameter titik 1,2 mm.....	57
Gambar 3.18 Spesimen yang sudah jadi	58
Gambar 3.19 Universal Testing Machine (UTM), Model UH-300kNX	59
Gambar 3.20 Skema uji bending.....	59
Gambar 3.21 MIG PAZTO 130	60
Gambar 3.22 Gunting.....	61
Gambar 3.23 Topeng las	61
Gambar 3.24 Penggaris.....	61
Gambar 3.25 Spidol hitam	62
Gambar 3.26 Besi ST 41	62
Gambar 3.27 Besi hollow.....	63
Gambar 3.28 Kayu	63
Gambar 3.29 Clamp	63
Gambar 3.30 aluminium 1100	64
Gambar 3.31 Galvanized sinusoidal	64
Gambar 3.32 Stainless Steel 304.....	65

Gambar 4.1 Hasil Von Misses JT 4 DT 0,6	71
Gambar 4.2 Hasil Displacement JT 4 DT 0,6	73
Gambar 4.3 Hasil Safety Factor JT 4 DT 0,6.....	74
Gambar 4.4 Hasil Von Mises JT 4 DT 0,8.....	76
Gambar 4.5 Hasil Displacement JT 4 DT 0,8	77
Gambar 4.6 Hasil Safety Factor JT 4 DT 0,8.....	78
Gambar 4.7 Hasil Von Mises JT 4 DT 1,0.....	80
Gambar 4.8 Hasil Displacement JT 4 DT 1,0	81
Gambar 4.9 Hasil Safety Factor JT 4 DT 1,0.....	82
Gambar 4.10 Hasil Von mises JT 6 DT 0,6	83
Gambar 4.11 Hasil Displacement JT 6 DT 0,6	84
Gambar 4.12 Hasil Safety Factor JT 6 DT 0,6.....	85
Gambar 4.13 Hasil Von Mises JT 6 DT 0,8.....	86
Gambar 4.14 Hasil Displacement JT 6 DT 0,8	87
Gambar 4.15 Hasil Safety Factor JT 6 DT 0,8.....	88
Gambar 4.16 Hasil Von mises JT 6 DT 1,0	89
Gambar 4.17 Hasil Displacement JT 6 DT 1,0	90
Gambar 4.18 Hasil Safety Factor JT 6 DT 1,0.....	91
Gambar 4.19 Hasil Von Mises JT 8 DT 0,6.....	92
Gambar 4.20 Hasil Displacement JT 8 DT 0,6	93
Gambar 4.21 Hasil Safety Factor JT 8 DT 0,6.....	94
Gambar 4.22 Hasil Von Mises JT 8 DT 0,8.....	95
Gambar 4.23 Hasil Displacement JT 8 DT 0,8	96
Gambar 4.24 Hasil Safety Factor JT 8 DT 0,8.....	97
Gambar 4.25 Hasil Von Mises JT 8 DT 1,0.....	98
Gambar 4.26 Hasil Displacement JT 8 DT 1,0	99
Gambar 4.27 Hasil Safety Factor JT 8 DT 1,0.....	100
Gambar 4.28 Plot pengaruh parameter untuk Von Mises	102
Gambar 4.29 Plot pengaruh parameter untuk Displacement	103
Gambar 4.30 Grafik variasi parameter terhadap Max Force	106
Gambar 4.31 Grafik variasi parameter terhadap tegangan geser core	109
Gambar 4.32 Grafik variasi parameter terhadap tegangan lentur aluminium.....	113
Gambar 4.33 Grafik variasi parameter terhadap tegangan lentur stainless steel	116
Gambar 4.34 Uji normalitas rata rata max force bending.....	120
Gambar 4.35 Uji homogenitas jumlah titik terhadap max force bending.....	121
Gambar 4.36 Uji homogenitas diameter titik terhadap max force bending	122
Gambar 4.37 Hasil ANOVA dua arah uji bending.	123
Gambar 4.38 Plot pengaruh parameter untuk max force bending	124

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia aluminium 1100.....	21
Tabel 2.2 Properti Material aluminium 1100.....	21
Tabel 2.3 Properti material galvanized steel.....	22
Tabel 2.4 Properties material Stainless steel 304.....	24
Tabel 2.5 Parameter bending ASTM C393.....	28
Tabel 2.6 Rumus menghitung jumlah kuadrat.....	30
Tabel 2.7 Tabel analisis data anova	31
Tabel 3.1 Variabel bebas	36
Tabel 3.2 Design of Eksperimen.....	65
Tabel 3.3 Hasil inventor.....	66
Tabel 3.4 Hasil bending eksperimental.....	66
Tabel 3.5 hasil perhitungan bending tegangan geser core	67
Tabel 3.6 Hasil perhitungan tegangan lentur aluminium.....	67
Tabel 3.7 Hasil perhitungan tegangan lentur permukaan stainless steel	68
Tabel 3.8 Anova bending.....	69
Tabel 3.9 Jadwal penelitian.....	70
Tabel 4.1 Data hasil bending Inventor.....	101
Tabel 4.2 Data hasil bending Eksperimen	105
Tabel 4.3 Tabel hasil Perhitungan tegangan geser core.....	108
Tabel 4.4 Data perhitungan bending tegangan lentur permukaan Aluminium.....	112
Tabel 4.5 Data perhitungan bending tegangan lentur permukaan SS.....	115

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Potong Core Seng Galvanis tebal 0,3	144
Lampiran 2. lembaran Aluminium tebal 0,5 yang sudah di potong	144
Lampiran 3. Lembaran Stainless Steel tebal 0,3 yang sudah di potong	144
Lampiran 4. Pembuatan spesimen.....	145
Lampiran 5. Invoice Galvanis BJLS	145
Lampiran 6. Invoice Aluminium 1100	145
Lampiran 7. Invoice Stainless Steel 304	146
Lampiran 8 Material sebelum Uji	146
Lampiran 9 Kerusakan spesimen	155