

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH MEKANISME *INTERLOCKING* TERHADAP KUALITAS
SAMBUNGAN *ROTARY FRICTION WELDING* (RFW) PADA MATERIAL
PLA HASIL CETAK 3D**



Disusun Oleh:

Fauzan Al Fathurrahman

NIM: 2021250011

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DARMA PERSADA JAKARTA

TAHUN 2025

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL:

Pengaruh Mekanisme *Interlocking* Terhadap Kualitas Sambungan *Rotary Friction Welding (RFW)* Pada Material Pla Hasil Cetak 3d

Telah disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir untuk dipertahankan di depan Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Darma Persada, pada :

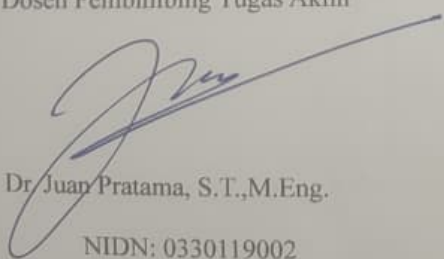
Hari : Senin
Tanggal : 28 Juli 2025

Disusun Oleh:

Nama : Fauzan Al Fathurrahman
NIM : 2021250011
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik


Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir


Dr. Juan Pratama, S.T.,M.Eng.

NIDN: 0330119002

Mahasiswa


Fauzan Al Fathurrahman

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan Judul:

Pengaruh Mekanisme *Interlocking* Terhadap Kualitas Sambungan (*Rotary Friction Welding*) RFW Pada Material Pla Hasil Cetak 3d

Telah disidangkan pada Tanggal 31 Juli 2025 dihadapan Dewan Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai Sarjana Teknik Mesin Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin

Nama : Fauzan Al Fathurrahman
NIM : 2021250011
Program Studi : Teknik Mesin

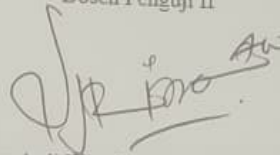
Mengesahkan,

Dosen Penguji I



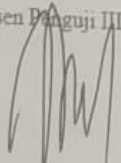
Dr. Ir. Erwin, S.T., M.T.
NIDN: 0430107902

Dosen Penguji II



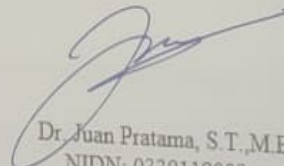
Trisna Ardi Wiradinata, S.T., M.Eng.
NIDN: 0303019501

Dosen Penguji III



Didik Sugiyanto, S.T., M.Eng.
NIDN: 0625098201

Dosen Penguji IV



Dr. Juan Pratama, S.T., M.Eng.
NIDN: 0330119002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Didik Sugiyanto, S.T., M.Eng.
NIDN: 0625098201

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fauzan Al Fathurrahman

NIM : 2021250011

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik Universitas Darma persada

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Mekanisme *Interlocking* Terhadap Kualitas Sambungan *Rotary Friction Welding* (RFW) Pada Material Pla Hasil Cetak 3d

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini saya susun sendiri berdasarkan hasil penelitian, bimbingan dan panduan dari buku-buku referensi yang terkait tema Tugas Akhir ini dengan menuliskan citasinya. Selanjutnya laporan Tugas ini bebas dari Plagiasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bertanggungjawab atas semua yang ditulis dalam laporan Tugas Akhir ini.

Jakarta, 28 Juli 2025

Penulis



Fauzan Al Fathurrahman

2021250011

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat, karunia, dan kekuatan yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Pengaruh Mekanisme *Interlocking* terhadap Kualitas Sambungan *Rotary Friction Welding* (RFW) pada Material PLA Hasil Cetak 3D”.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Mesin. Penelitian ini difokuskan pada kajian empiris mengenai bagaimana variasi geometri *interlocking* mempengaruhi kualitas sambungan termoplastik berbahan *Polylactic acid* (PLA) yang dibuat dengan teknologi 3D printing. Aspek yang dikaji meliputi karakteristik mekanik sambungan, pola patahan akibat uji tarik, serta relevansi desain *interlocking* terhadap performa struktural hasil proses RFW.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dekan Fakultas Teknik, Bapak Dr. Ade Supriatna, S.T., M.T.
2. Bapak Ketua Program Studi, Bapak Didik Sugiyanto, ST.,M.Eng.
3. Bapak Dosen Pembimbing, Bapak Dr. Juan Pratama, S.T.,M.Eng.
4. Bapak Dosen Penguji. Bapak Dr. Ir. Erwin, S,T., M.T, Bapak Trisna Ardi Wiradinata, S.T., M.Eng, Bapak Didik Sugiyanto, S.T.,M.Eng, dan Bapak Dr. Juan Pratama, S.T.,M.Eng

5. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan moral maupun material, serta semangat yang tiada henti.
6. Nur Ainunnisa Wahyu Raharjo, S.Psi., yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, serta pengertian sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
7. Eriko Chiesa Mukhti, S.E., yang telah memberikan bantuan, kebersamaan, serta semangat dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
8. Semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Harapannya, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi pengembangan teknologi penyambungan termoplastik, khususnya dalam aplikasi *Rotary Friction Welding* pada material hasil cetak 3D.

Jakarta, 28 Juli 2025

Penulis

Fauzan Al Fathurrahman

2021250011

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi mekanisme *interlocking* terhadap kualitas sambungan Rotary Friction Welding (RFW) pada bahan PLA hasil cetak 3D. Latar belakang dari penelitian ini adalah meningkatnya penggunaan teknologi manufaktur aditif dan perlunya metode penyambungan yang efektif untuk material termoplastik. Masalah utama yang diangkat adalah seberapa besar pengaruh bentuk geometri interlock terhadap kekuatan sambungan serta pola kegagalannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konfigurasi interlock yang mampu menghasilkan sambungan dengan kekuatan tarik optimal dan karakteristik fraktur yang seragam.

Metode pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan pencetakan spesimen PLA menggunakan printer 3D dengan tiga variasi interlock (diameter 1 mm, 3 mm, dan 5 mm), kemudian dilakukan proses penyambungan menggunakan metode RFW dengan parameter kecepatan dan waktu konstan. Setelah proses penyambungan selesai, spesimen diuji tarik menggunakan Universal Testing Machine serta diamati pola patahannya secara visual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua spesimen mengalami patahan di area sambungan, yang mengindikasikan zona sambungan sebagai titik lemah. Spesimen dengan interlock 3 mm menunjukkan kekuatan tarik rata-rata paling tinggi dan fraktur yang lebih stabil, sedangkan interlock 1 mm memiliki luas kontak yang kurang optimal dan 5 mm cenderung menyebabkan konsentrasi tegangan akibat aliran material yang tidak merata.

Kesimpulan dari hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa desain geometri interlock memberikan pengaruh yang signifikan terhadap performa sambungan RFW dan interlock 3 mm dinilai sebagai konfigurasi paling optimal. Studi ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pengembangan teknik penyambungan material termoplastik dalam aplikasi manufaktur aditif berbasis cetak 3D.

Kata kunci: *Rotary Friction Welding, Interlocking, PLA, 3D Printing, Kekuatan Tarik*

ABSTRACT

This research was carried out to analyze the influence of *interlocking* mechanism variations on the joint quality of *Rotary Friction Welding* (RFW) in 3D-printed *Polylactic acid* (PLA) materials. The foundation of this study originates from the growing use of additive manufacturing technology and the need for effective joining methods for thermoplastic materials. The main issue addressed is the extent to which interlock geometry influences joint strength and failure patterns. The purpose of this study is to determine the interlock configuration that produces joints with optimal tensile strength and consistent fracture characteristics.

The research method began with printing PLA specimens using a 3D printer featuring three interlock variations (diameters of 1 mm, 3 mm, and 5 mm), followed by a welding process using RFW with constant speed and time parameters. After the joining process, tensile testing was carried out using a Universal Testing Machine, and the fracture characteristics were examined visually. The test results showed that all specimens fractured in the joint area, indicating it as the weakest zone. The 3 mm interlock specimens exhibited the highest average tensile strength and more stable fracture behavior, while the 1 mm interlock had insufficient contact area and the 5 mm interlock tended to induce stress concentration due to uneven material flow.

The findings conclude that interlock geometry design significantly affects RFW joint performance, with the 3 mm interlock identified as the most optimal configuration. This research is anticipated to provide a reference for developing joining techniques for thermoplastic materials in additive manufacturing applications based on 3D printing.

Keywords: *Rotary Friction Welding, Interlocking, PLA, 3D Printing, Tensile Strength*

DAFTAR ISI

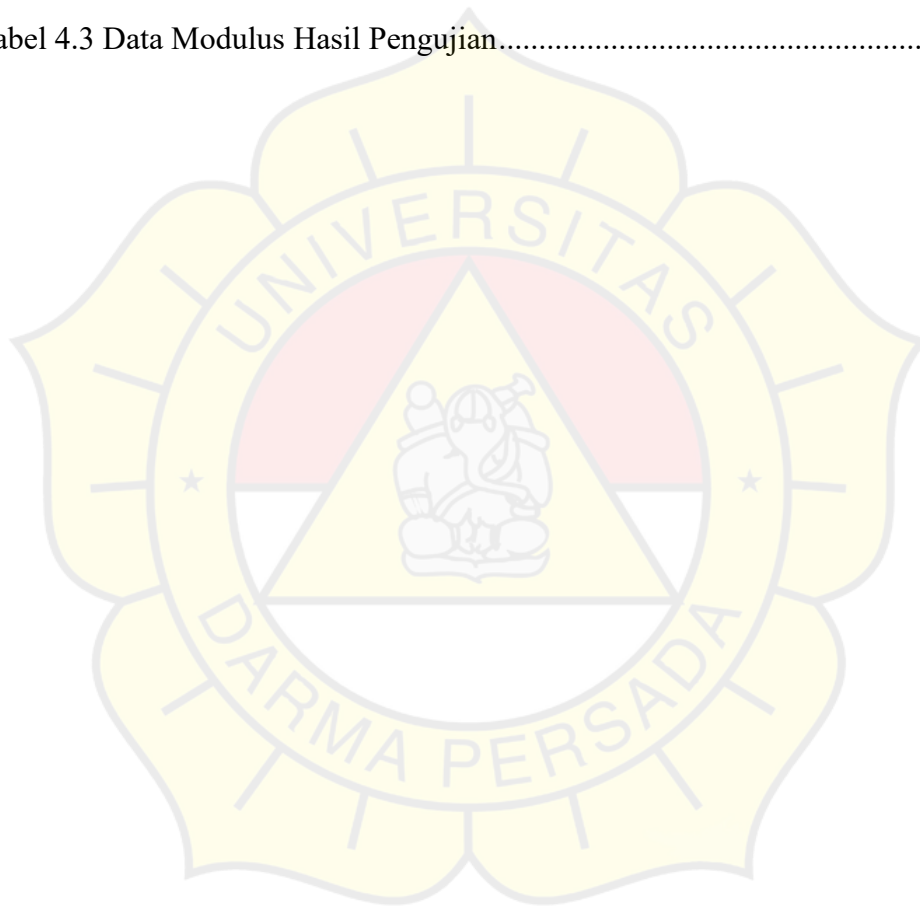
HALAMAN JUDUL.....	I
LEMBAR PERSETUJUAN.....	II
LEMBAR PENGESAHAN	III
LEMBAR PERNYATAAN	IV
KATA PENGANTAR.....	V
ABSTRAK	VII
ABSTRACT.....	VIII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR TABEL.....	XII
DAFTAR GAMBAR	XIII
DAFTAR SYMBOL	XV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Pengelasan.....	6

2.2	Klasifikasi Pengelasan	7
2.3	Pengelasan Gesek (<i>Friction Welding</i>)	8
2.3.1	Rotary Friction Welding (RFW)	10
2.4	Daerah Pengelasan	12
2.5	Rotary Friction Welding (RFW)	13
2.6	<i>Polylactic Acid</i> (PLA)	15
2.7	Mesin 3D <i>Printer</i>	18
2.8	Uji Kekuatan Tarik	19
2.8.1	Ultimate Tensile Strength (UTS).....	22
2.8.2	<i>Strain</i> (Regangan)	23
2.8.3	Modulus Elastisitas	24
2.9	Fusi.....	25
2.9.1	Prinsip Fusi pada Material Termoplastik	27
BAB III METODE PENELITIAN.....		30
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	30
3.2	Variabel Penelitian	31
3.3	Alat dan Bahan.....	31
3.3.1	Alat.....	31
3.3.2	Bahan.....	33
3.4	Desain Eksperimen.....	33
3.5	Langkah Penelitian	35

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Kekuatan Tarik	38
4.1.1 Ultimate Tensile Strength (UTS).....	39
4.1.2 <i>Strain</i>	43
4.1.3 Modulus Elastisitas	48
4.2 Analisa Kegagalan	52
4.2.1 Hasil Pengamatan Mikro Struktur.....	54
4.2.2 Pembahasan Pengamatan Mikro Struktur	57
4.2.3 Analisis Jenis Patahan.....	57
4.2.4 Analisis Kegagalan Spesimen Hasil Rotary Friction Welding.....	61
BAB V PENUTUP.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR TABEL

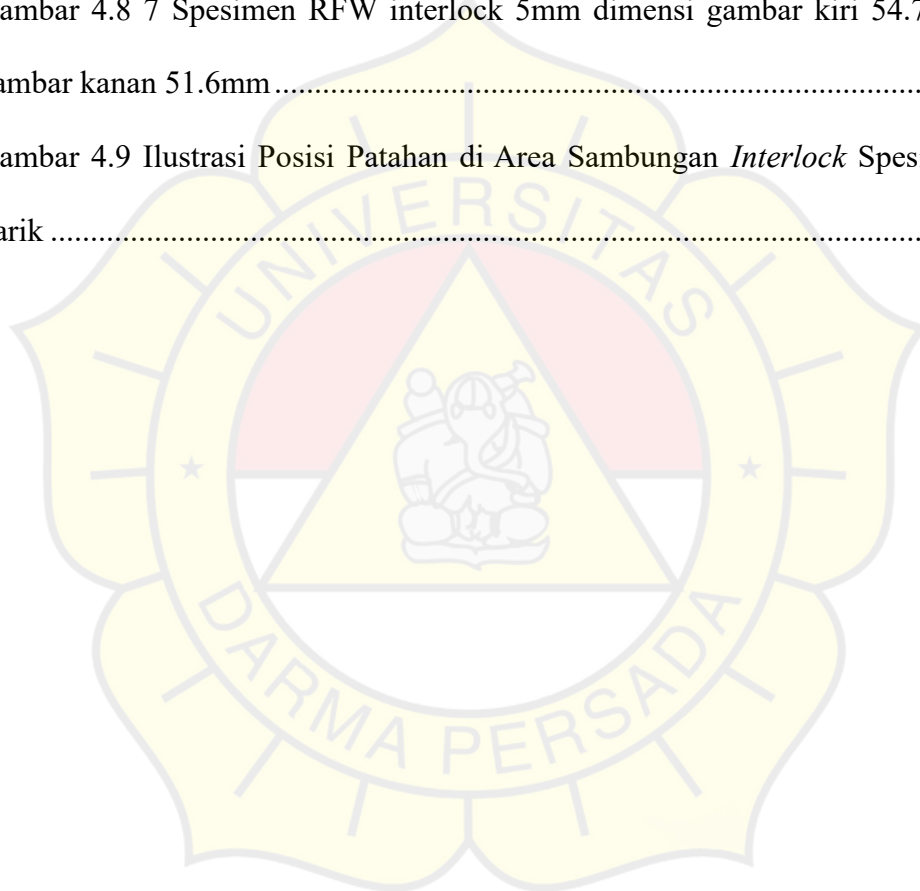
Tabel 2.1 Material Properties PLA.....	17
Tabel 3.1 Desain Eksperimen.....	35
Tabel 3.2 Parameter Pencetakan Spesimen.....	37
Tabel 4.1 Data UTS Hasil Pengujian.....	39
Tabel 4.2 Data <i>Strain</i> Hasil Pengujian.....	43
Tabel 4.3 Data Modulus Hasil Pengujian.....	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengelasan.....	6
Gambar 2.2 Klasifikasi Pengelasan.....	8
Gambar 2.3 Pengelasan Gesek.....	9
Gambar 2.4 <i>Rotary Friction Welding</i> (RFW).....	11
Gambar 2.5 Skema pengelasan gesek.....	11
Gambar 2.6 Pembagian Daerah Pengelasan.....	12
Gambar 2.7 <i>Rotary Friction Welding</i> (RFW).....	14
Gambar 2.8 <i>Polylactic acid</i> (PLA).....	15
Gambar 2.9 Sifat Mekanik PLA dan Polimer Lain.....	18
Gambar 2.10 Contoh Mesin Uji Tarik dengan Spesimen.....	20
Gambar 2.11 Kurva Tegangan Regangan.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	30
Gambar 3.2 Mesin 3D <i>Printer Bambu Lab A1</i>	31
Gambar 3.3 Jangka Sorong.....	33
Gambar 3.4 Desain Spesimen uji friction welding 1 mm dia 7 mm.....	34
Gambar 3.5 Desain Spesimen uji friction welding 3 mm dia 7 mm.....	34
Gambar 3.6 Desain Spesimen uji <i>friction welding</i> 5 mm dia 7 mm.....	35
Gambar 4.1 UTS Hasil Pengujian.....	41
Gambar 4.2 <i>Strain</i> Hasil Pengujian.....	45
Gambar 4.3 Modulus Hasil Pengujian.....	50
Gambar 4.4 Struktur Mikro Spesimen Uji : (a) Kontrol, (b) Interlock 1mm, (c) Interlock 3mm, (d) Interlock 5mm.....	54

Gambar 4.5 Spesimen control dimensi gambar kiri 45.3mm dan gambar kanan 53.4mm	58
Gambar 4.6 Spesimen RFW interlock 1mm dimensi gambar kiri 52.28mm dan gambar kanan 53.7mm	59
Gambar 4.7 Spesimen RFW interlock 3mm dimensi gambar kiri 53.4mm dan gambar kanan 52mm	59
Gambar 4.8 7 Spesimen RFW interlock 5mm dimensi gambar kiri 54.7mm dan gambar kanan 51.6mm	60
Gambar 4.9 Ilustrasi Posisi Patahan di Area Sambungan <i>Interlock</i> Spesimen Uji Tarik	62



DAFTAR SYMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan	Kgf/mm ² atau N/mm ² (MPa)
F	Beban	Kgf
A	Luas Penampang	mm ²
ϵ	Regangan (<i>Strain</i>)	-
ΔL	Pertambahan panjang spesimen	mm
Lo	Panjang awal spesimen	mm
E	Modulus elastisitas (Young's Modulus)	Mpa

