

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS KUALITAS SAMBUNGAN *ROTARY FRICTION WELDING*
(*RFW*) PADA MULTI-MATERIAL *POLYLACTIC ACID (PLA)* DAN *NYLON*
HASIL CETAK 3D**



Disusun Oleh:

Fathur Rahman Naufal Santoso

NIM: 2018250036

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DARMA PERSADA JAKARTA

TAHUN 2025

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL:

Analisis Kualitas Sambungan *Rotary Friction Welding (RFW)* Pada Multi-
Material *Polylactic Acid (PLA)* Dan *Nylon* 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

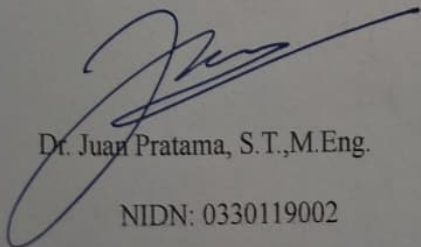

Disusun Oleh:

Nama : Fathur Rahman Naufal Santoso
NIM : 2018250036
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Mahasiswa


Dr. Juan Pratama, S.T.,M.Eng.
Fathur Rahman Naufal Santoso

NIDN: 0330119002

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan Judul:

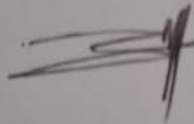
Analisis Kualitas Sambungan Rotary Friction Welding (RFW) Pada Multi-Material *Polylactic Acid (PLA)* Dan Nylon Hasil Cetak 3d

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 : Fathur Rahman Naufal Santoso
NIM : 2018250036
Program Studi : Teknik Mesin

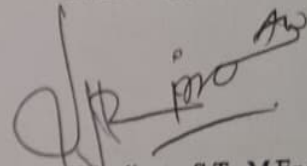
Mengesahkan,

Dosen Penguji I



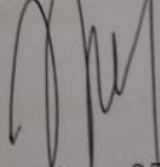
Dr. Ir. Erwin, S.T., M.T.
NIDN: 0430107902

Dosen Penguji II



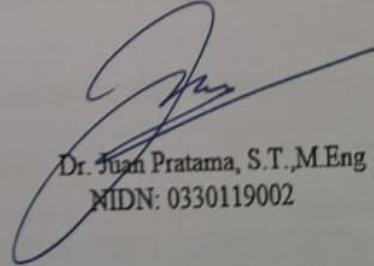
Trisna Ardi Wiradinata, S.T., M.Eng.
NIDN: 0303019501

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 : Fathur Rahman Naufal Santoso

NIM : 2018250036

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik Universitas Darma persada

Judul Tugas Akhir : Analisis Kualitas Sambungan *Rotary Friction Welding (RFW)* Pada Multi- Material *Polylactic Acid (PLA)* Dan *Nylon* 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



Fathur Rahman Naufal Santoso

2018250036

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Kualitas Sambungan *Rotary Friction Welding (RFW)* pada Multi-Material *Polylactic Acid (PLA)* dan *Nylon* Hasil Cetak 3D”.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin. Penelitian yang dilakukan berfokus pada evaluasi sambungan *Rotary Friction Welding* pada material hasil cetak 3D, khususnya kombinasi multi-material *PLA* dan *Nylon*. Kajian meliputi pengaruh proses penyambungan terhadap dimensi spesimen, karakteristik mekanik, serta pola kegagalan yang muncul setelah dilakukan pengujian tarik, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai integritas dan keandalan sambungan termoplastik.

Dalam perjalanan penyusunan tugas akhir ini, penulis memperoleh bimbingan, bantuan, serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dekan Fakultas Teknik, Bapak Dr. Ade Supriatna, S.T., M.T.
2. Bapak Ketua Program Studi Teknik Mesin, Bapak Didik Sugiyanto, S.T., 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. Kedua orang tua tercinta atas doa, dukungan, dan kasih sayangnya.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Besar harapan penulis, hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai referensi ilmiah dalam pengembangan metode penyambungan termoplastik menggunakan *Rotary Friction Welding* pada material hasil cetak 3D.

Jakarta,

Penulis

Fathur Rahman Naufal Santoso

2018250036

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas sambungan *Rotary Friction Welding (RFW)* pada material polimer *Polylactic Acid (PLA)* dan *Nylon* hasil cetak 3D. Latar belakang penelitian ini berangkat dari meningkatnya kebutuhan teknologi penyambungan termoplastik dalam aplikasi manufaktur aditif, namun masih terbatas kajian mengenai efektivitas *RFW* pada material multi-polimer. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengevaluasi kelayakan *RFW* sebagai metode penyambungan *PLA* dan *Nylon*.

Proses *RFW* dilakukan pada spesimen *PLA* dan *Nylon* dengan variasi tertentu, kemudian hasil sambungan dianalisis melalui uji tarik serta pengamatan struktur mikro. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak ada spesimen hasil *RFW* yang berhasil menyambung sempurna sehingga uji tarik hanya dapat dilakukan pada material kontrol (*PLA* dan *Nylon* tanpa sambungan). Nilai rata-rata tegangan tarik maksimum (*UTS*) untuk *PLA* sebesar 27,96 MPa, sedangkan *Nylon* mencapai 39,56 MPa. Pada parameter regangan, *PLA* memiliki rata-rata 3,42%, sementara *Nylon* menunjukkan nilai jauh lebih tinggi yaitu 12,87%.

Hasil pengamatan mikrostruktur juga memperlihatkan adanya celah dan *void* pada area sambungan yang menjadi indikasi utama kegagalan ikatan antar material. Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses *RFW* tidak efektif untuk menggabungkan material *PLA* dan *Nylon* dengan parameter yang digunakan. Namun demikian, penelitian ini memberikan wawasan penting mengenai perbedaan sifat mekanik antara kedua material serta dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan dalam mengembangkan metode maupun parameter penyambungan yang lebih sesuai.

Kata kunci: *Rotary Friction Welding*, *PLA*, *Nylon*, Uji Tarik, Struktur Mikro

ABSTRACT

This research aims to analyze the quality of *Rotary Friction Welding (RFW)* joints on 3D-printed polymer materials, *Polylactic Acid (PLA)* and *Nylon*. The study is motivated by the increasing demand for thermoplastic joining technologies in additive manufacturing applications, while research on the effectiveness of *RFW* in multi-polymer materials remains limited. Therefore, this study focuses on evaluating the feasibility of *RFW* as a joining method for *PLA* and *Nylon*.

The *RFW* process was applied to *PLA* and *Nylon* specimens under specific variations, and the results were examined through tensile testing and microstructural observations. The experimental findings revealed that none of the welded specimens successfully formed a complete joint, leading to tensile testing being conducted only on the control materials (*PLA* and *Nylon* without welding). The average *Ultimate Tensile Strength (UTS)* of *PLA* was 27.96 MPa, while *Nylon* reached 39.56 MPa. In terms of *Strain*, *PLA* exhibited an average of 3.42%, whereas *Nylon* demonstrated a significantly higher value of 12.87%.

Microstructural analysis further identified gaps and *voids* at the joint interface, which were the primary indicators of bonding failure. Based on these results, it can be concluded that the *RFW* process was not effective for joining *PLA* and *Nylon* under the applied parameters. Nevertheless, this study provides valuable insights into the differences in mechanical behavior between the two polymers and establishes a foundation for future research to develop more suitable welding methods or parameter settings.

Keywords: *Rotary Friction Welding*, *PLA*, *Nylon*, Tensile Test, Microstructure

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
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	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Pengelasan.....	8

2.2	Pengelasan Gesek (<i>Friction Welding</i>).....	8
2.3	<i>Rotary Friction Welding (RFW)</i>	9
2.4	Proses Fusi	10
2.5	<i>Filament PLA (Polylactic Acid)</i>	12
2.6	<i>Filament Nylon</i>	13
2.7	Mesin 3D Printer	15
2.8	Uji Kekuatan Tarik.....	16
2.8.1	<i>Ultimate Tensile Strength (UTS)</i>	20
2.8.2	<i>Strain</i> (Regangan)	21
2.8.3	Modulus Elastisitas	23
BAB III METODE PENELITIAN.....		25
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2	Variabel Penelitian	26
3.3	Alat dan Bahan.....	26
3.3.1	Alat.....	26
3.3.2	Bahan.....	29
3.4	Desain Eksperimen.....	30
3.5	Langkah Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		34
4.1	Kekuatan Tarik	34
4.1.1	<i>Ultimate Tensile Strength (UTS)</i>	35

4.1.2	<i>Strain</i>	38
4.1.3	Modulus Elastisitas	41
4.2	Analisa Kegagalan	46
4.2.1	Hasil Pengamatan Mikro Struktur.....	46
4.2.2	Pembahasan Hasil Observasi Mikro dan Keterkaitannya dengan Uji Tarik	50
4.2.3	Pengaruh Proses <i>RFW</i> terhadap Dimensi Spesimen.....	52
BAB V PENUTUP.....		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN.....		64

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Pengujian Spesimen	31
Tabel 4.1 Data <i>UTS</i> Spesimen.....	36
Tabel 4.2 Data Regangan Spesimen.....	39
Tabel 4.3 Data Modulus Spesimen.....	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tiga Jenis Proses Pengelasan Gesek	9
Gambar 2.2 Skema Proses <i>Rotary Friction Welding</i>	10
Gambar 2.3 <i>Filament PLA (Polyactic Acid)</i>	13
Gambar 2.4 <i>Filament Nylon</i>	15
Gambar 2.5 Mesin Uji Tarik Dilengkapi Spesimen Ukuran Standar	16
Gambar 2.6 Standar dimensi dan ukuran untuk uji Tarik	17
Gambar 2.7 Contoh kurva uji tarik	18
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	25
Gambar 3.2 Laptop.....	26
Gambar 3.3 Mesin <i>Printer 3D Bambu Lab A1</i>	27
Gambar 3.4 Jangka Sorong	28
Gambar 3.5 Micro Optic	29
Gambar 3.6 Filament PLA	30
Gambar 3.7 Desain Spesimen Uji Pengelasan Dia 7 mm	30
Gambar 3.8 Desain Spesimen Uji Tarik Dia 7 mm.....	31
Gambar 4.1 Grafik <i>UTS</i> Spesimen.....	37
Gambar 4.2 Grafik Regangan Spesimen.....	40
Gambar 4.3 Grafik Modulus Spesimen.....	43
Gambar 4.4 Struktur Mikro Spesimen Uji : (a) PLA Kontrol, (b) <i>Nylon</i> Kontrol, (c) <i>Nylon-PLA</i> 1300 RPM, (d) PLA Diam 2000 RPM, (e) <i>Nylon</i> Diam 2000 RPM .	48
Gambar 4.5 Dimensi Spesimen <i>RFW</i> 1300 RPM	53
Gambar 4.6 Dimensi Spesimen <i>RFW</i> PLA Diam 2000 RPM.....	54
Gambar 4.7 Dimensi Spesimen <i>RFW Nylon</i> Diam 2000 RPM.....	55

DAFTAR SYMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan	Kgf/mm ² atau N/mm ² (MPa)
F	Beban	Kgf
A/ A ₀	Luas Penampang	mm ²
ϵ	Regangan (Strain)	-
ΔL	Pertambahan panjang spesimen	mm
L ₀	Panjang awal spesimen	mm
E	Modulus elastisitas (Young's Modulus)	Mpa
l	Panjang akhir spesimen setelah uji	mm
δ	Tegangan nominal	Kgf/mm ² atau N/mm ² (MPa)
ρ	Regangan nominal	-

