



**ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL 3D *PRINTING* DENGAN
MATERIAL FILAMEN NYLON (PA6 + CF) TERHADAP *INFILL*
PATTERN DAN *INFILL DENSITY***

SKRIPSI

IMADUDDIN AULIA LASMANA

2110311080

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN
2025**



**ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL 3D *PRINTING* DENGAN
MATERIAL FILAMEN *NYLON* (PA6 + CF) TERHADAP *INFILL*
PATTERN DAN *INFILL DENSITY***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

IMADUDDIN AULIA LASMANA

2110311080

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2025

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Imaduddin Aulia Lasmana
NIM : 2110311080
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL 3DPRINTING
DENGAN MATERIAL FILAMEN NYLON (PA6+CF)
TERHADAP INFILL PATTERN DAN INFILL
DENSITY

Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,

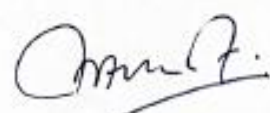

Sigit Pradana, S.T., M.T.
Penguji Utama


Budhi Martana, S.T., M.M.
Penguji Lembaga


Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri,
S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng
Penguji III (Pembimbing)



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri,
S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng
Plt. Dekan Fakultas Teknik


Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Kepala Program Studi Teknik Mesin

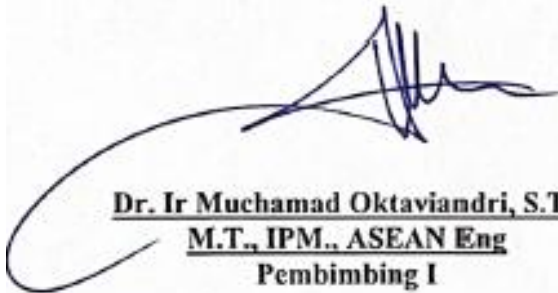
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh:

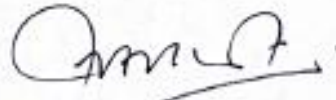
Nama : Imaduddin Aulia Lasmana
NIM : 2110311080
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL 3DPRINTING
DENGAN MATERIAL FILAMEN NYLON (PA6+CF)
TERHADAP INFILL PATTERN DAN INFILL DENSITY

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,

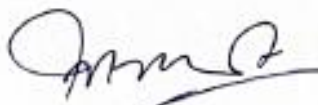


Dr. Ir Muchamad Oktaviandri, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN Eng
Pembimbing I



Fahrudin S.T., M.T.
Pembimbing II

Mengetahui,



Ir. Fahrudin S.T., M.T.
Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Imaduddin Aulia Lasmana

NIM : 2110311080

Prodi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 17 Juli 2025



(Imaduddin Aulia Lasmana)

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
Saya yang akan bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Imaduddin Aulia Lasmana

NIM : 2110311080

Fakultas : Teknik

Program studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL 3D *PRINTING* DENGAN
MATERIAL FILAMEN NYLON (PA6 + CF) TERHADAP *INFILL*
PATTERN DAN *INFILL DENSITY*”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi/PKL saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 17 Juli 2025

Yang menyatakan



(Imaduddin Aulia Lasmana)

ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL 3D PRINTING DENGAN MATERIAL NYLON (PA6 + CF) TERHADAP *INFILL PATTERN* DAN *INFILL DENSITY*

Imaduddin Aulia Lasmana

ABSTRAK

Additive Manufacturing (AM) atau 3D printing telah menjadi teknologi penting dalam industri otomotif karena mampu mencetak komponen kompleks dengan bobot ringan dan kekuatan tinggi. Salah satu material yang menjanjikan adalah Nylon 6 yang diperkuat serat karbon (PA6 + CF), karena kombinasi kekuatan mekanis dan ketahanan termalnya. Namun, performa material ini sangat dipengaruhi oleh parameter pencetakan, khususnya *infill pattern* dan *infill density*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pola isian (*Concentric*, *Gyroid*, *Honeycomb*) dan kerapatan isian (25%, 50%, 75%) terhadap kekuatan tarik spesimen hasil cetak 3D berbahan PA6 + CF20%. Sebanyak 27 spesimen dicetak menggunakan 3D Printer Bambulab P1S dan diuji tarik berdasarkan standar ASTM D638 Tipe I dengan kecepatan pengujian 5 mm/menit. Data dianalisis menggunakan metode Representatif Sampel dan Taguchi dengan pendekatan *Signal to Noise Ratio* (SNR) *Larger-The-Better*. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa pola *infill* dan tingkat densitas isian berpengaruh signifikan terhadap nilai *Ultimate Tensile Strength* (UTS). Kombinasi terbaik diperoleh pada pola *Concentric* dengan densitas 75%, menghasilkan nilai UTS tertinggi sebesar 46,19 MPa. Sebaliknya, nilai UTS terendah tercatat pada pola *Gyroid* dengan densitas 25%. Peningkatan *infill density* memperbesar volume material yang dicetak, sehingga memperkuat struktur internal spesimen. Sementara itu, pola *Concentric* menunjukkan distribusi tegangan yang lebih merata, menghasilkan spesimen dengan kekuatan tarik yang lebih baik.

Kata kunci: *3D Printing*, PA6 + CF, *Infill Pattern*, *Infill Density*, Uji Tarik, Taguchi, SNR

ANALYSIS OF TENSILE STRENGTH IN 3D-PRINTED NYLON (PA6+CF) BASED ON INFILL PATTERN AND INFILL DENSITY

Imaduddin Aulia Lasmana

ABSTRACT

Additive Manufacturing (AM) or 3D printing has become a vital technology in the automotive industry due to its ability to produce complex components with lightweight and high strength. One of the promising materials is carbon fiber-reinforced Nylon 6 (PA6 + CF), owing to its mechanical strength and thermal resistance. However, its performance is highly influenced by printing parameters, especially infill pattern and infill density. This study aims to analyze the effect of infill patterns (Concentric, Gyroid, Honeycomb) and infill densities (25%, 50%, 75%) on the tensile strength of 3D printed specimens using PA6 + CF20%. A total of 27 specimens were printed using the Bambulab P1S printer and tested following ASTM D638 Type I standard at a speed of 5 mm/min. Data analysis was performed using the Representative Sample Method and Taguchi method with the Larger-The-Better Signal to Noise Ratio (SNR) approach. Tensile test results indicated that both infill pattern and density significantly affect the Ultimate Tensile Strength (UTS). The best result was obtained from the Concentric pattern with 75% density, yielding the highest UTS value of 46.19 MPa. In contrast, the lowest UTS was recorded for the Gyroid pattern with 25% density. Higher infill density increases the material volume inside the specimen, enhancing its internal strength. Additionally, the Concentric pattern provides better stress distribution, leading to superior tensile performance.

Keywords: 3D Printing, PA6 + CF, Infill Pattern, Infill Density, Tensile Strength, Taguchi, SNR

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul "Analisis Kekuatan Tarik Hasil Cetakan 3D *Printing* dengan material filamen *Nylon* (PA6+CF) terhadap Infill Patern dan Infill Density" ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak wawasan dan pengalaman yang sangat berharga. Pengalaman ini tentu memberikan kontribusi besar dalam pengembangan pengetahuan dan keterampilan penulis di bidang teknik mesin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan karunia-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan proposal skripsi dengan baik.
2. Orang tua dan keluarga, Diah Marliana dan Yandi Lasmana serta Iqbal Lasmana, Aisyah Inayah Turahmah Lasmana, Hana Humairah Paramitha Lasmana yang selalu memberikan dukungan moral dan material kepada penulis.
3. Bapak Dr. Muchamad Oktaviandri, S.t., M.t., IPM., ASEAN Eng selaku dosen pembimbing I dalam penulisan proposal skripsi
4. Bapak Fahrudin S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini.
5. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.

7. Audrina Putri Aulia yang selama ini memberikan dukungan dan semangat.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2021 yang telah menemani, memberikan dukungan serta doa guna kelancaran penyelesaian proposal skripsi ini.
9. Bang Ilman, Ejaqlazy, Ucup, Jordan, Bamto, Daneeew, Bule, Idzar, Yudis Jul, Akmal, Diandra dan Gading yang sudah membantu saya dalam penulisan dan dukungan.

Penulis menyadari bahwa penelitian masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak guna penyempurnaan penelitian ini.

Akhir kata, semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berguna bagi semua pihak.

Jakarta, Juli 2025

(Penulis)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengaruh <i>Infill Pattern</i> dan <i>Infill Density</i> Terhadap UTS.....	4
2.2 <i>3D Printing</i>	6
2.2.1 <i>Fused Deposition Modelling</i>	6
2.2.2 Bagian dari Mesin <i>3D Printing</i> FDM.....	7
2.3 <i>Slicing</i> (Pembuatan Lapisan).....	9
2.4 <i>Nylon 6 + Carbon Fiber 20%</i>	9
2.5 Uji Tarik Polimer	11
2.6 Grafik Uji Tarik.....	13
2.7 Metode Taguchi	15
2.7.1 <i>Signal To Noise Ratio</i> (SNR)	16
2.7.2 <i>Larger The Better</i> (L.T.B).....	16

2.8 Metode Representatif Sampel: <i>Purposive Sampling</i>	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	18
3.1 Diagram Alir	18
3.2 Ideasi	19
3.2.1 Latar Belakang Ide Penelitian	19
3.2.2 Identifikasi Masalah	19
3.2.3 Pemilihan Metode.....	21
3.2.4 Keterkaitan Ide dan Tujuan Penelitian	22
3.3 Persiapan Alat dan Bahan	23
3.3.1 Alat	23
3.3.2 Bahan.....	26
3.4 Pembuatan Spesimen.....	26
3.4.1 Desain Spesimen	26
3.4.2 Filamen.....	28
3.4.3 Metode Pembuatan	29
3.4.4 Jumlah dan Variasi Spesimen.....	29
3.5 Pengujian.....	30
3.5.1 Pengukuran Dimensi Spesimen.....	30
3.5.2 Pengukuran Massa Spesimen	31
3.5.3 Uji Tarik	32
3.6 Analisis Data	32
3.6.1 <i>Signal to Noise Ratio (SNR) Larger The Better (LTB)</i>	32
3.6.2 Metode Representatif Sampel: <i>Purposive Sampling</i>	33
3.7 Kesimpulan Data	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pembuatan Spesimen.....	34
4.1.1 <i>Design CAD</i>	34
4.1.2 Bambulab Studio/Aplikasi <i>Slicer</i>	35
4.1.3 Proses Pencetakan	36
4.1.4 Massa Spesimen dan Waktu Pencetakan.....	39
4.1.5 Hasil Pengukuran Dimensi Produk	41
4.2 Pengujian <i>Destructive (Tensile Test)</i>	43
4.3 Analisis Data	45

4.4 Pembahasan.....	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Bagian FDM	7
Gambar 2. 2	Grafik Stress-Strain Elastic and Plastic Deformation, And Yield Strength (Callister et al., 2020)	13
Gambar 2. 3	Grafik stress-strain to Fracture	14
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3. 2	Bambulab P1S	23
Gambar 3. 3	Bambulab Studio	25
Gambar 3. 4	Minitab.....	25
Gambar 3. 5	Filamen PA6+CF20%.....	26
Gambar 3. 6	ASTM D638	27
Gambar 3. 7	ASTM D638	31
Gambar 3. 8	Skema Uji Tarik.....	32
Gambar 4. 1	Desain CAD Spesimen.....	35
Gambar 4. 3	Proses <i>Slicing</i> dan <i>Printing</i>	36
Gambar 4. 4	<i>Bed Plate</i> yang sudah dibersihkan.....	36
Gambar 4. 5	<i>Display Monitor</i> Mesin 3D Printing saat memanaskan <i>nozzle</i>	37
Gambar 4. 6	Sampel spesimen produk 3D <i>printing</i>	38
Gambar 4. 7	Spesimen <i>Gyroid</i> -25% (R2) mengalami <i>warping</i>	38
Gambar 4. 8	Panduan Pengukuran Spesimen.....	41
Gambar 4. 9	Spesimen <i>Gyroid</i> (25%,50% dan 75%).....	43
Gambar 4. 10	Spesimen <i>Honeycomb</i> (25, 50%, dan 75%)	43
Gambar 4. 11	Spesimen Concentruic (25% %0%, dan 75%)	43
Gambar 4. 12	<i>Scatter plot Infill Density</i> 25%	46
Gambar 4. 13	<i>Scatter Plot Infill Density</i> 50%	47
Gambar 4. 14	<i>Scatter plot Infill Density</i> 75%.....	48
Gambar 4. 15	Grafik <i>main effect plot</i> SNR Tegangan Tarik.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Karakteristik Filamen PA6 + CF20%	10
Tabel 2. 2	Sifat Fisika PA6 + CF20%	10
Tabel 2. 3	Sifat Kimia PA6 + CF20%	11
Tabel 2. 4	Standar Uji Tarik ASTM D638	11
Tabel 3. 1	Spesifikasi Bambulab P1S	24
Tabel 3. 2	Dimensi ASTM D638 Tipe 1	27
Tabel 3. 3	Tabel Parameter 3D <i>Printing</i>	29
Tabel 3. 4	Tabel Jumlah dan Variasi Spesimen	30
Tabel 3. 5	ASTM D638 Tipe 1 (mm)	31
Tabel 4. 1	Desain Penelitian Spesimen	34
Tabel 4. 2	Massa dan Waktu pencetakan Penelitian	40
Tabel 4. 3	Data hasil pengukuran dimensi spesimen dalam satuan (mm)	42
Tabel 4. 4	Nilai UTS Hasil Uji Tarik	44
Tabel 4. 5	UTS untuk <i>Scatter Plot</i>	45
Tabel 4. 6	Pengolahan data Hasil Uji Tarik	49
Tabel 4. 7	Respon SNR terhadap Tegangan Tarik	50

DAFTAR LAMPIRAN

- Gambar Lamp. 1** Grafik Uji Tarik *Concentric* 25% Replikasi 1
Gambar Lamp. 2 Grafik Uji Tarik *Concentric* 25% Replikasi 2
Gambar Lamp. 3 Grafik Uji Tarik *Concentric* 25% Replikasi 3
Gambar Lamp. 4 Grafik Uji Tarik *Concentric* 50% Replikasi 1
Gambar Lamp. 5 Grafik Uji Tarik *Concentric* 50% Replikasi 2
Gambar Lamp. 6 Grafik Uji Tarik *Concentric* 50% Replikasi 3
Gambar Lamp. 7 Grafik Uji Tarik *Concentric* 75% Replikasi 1
Gambar Lamp. 8 Grafik Uji Tarik *Concentric* 75% Replikasi 2
Gambar Lamp. 9 Grafik Uji Tarik *Concentric* 75% Replikasi 3
Gambar Lamp. 10 Grafik Uji Tarik *Gyroid* 25% Replikasi 1
Gambar Lamp. 11 Grafik Uji Tarik *Gyroid* 25% Replikasi 2
Gambar Lamp. 12 Grafik Uji Tarik *Gyroid* 25% Replikasi 3
Gambar Lamp. 13 Grafik Uji Tarik *Gyroid* 50% Replikasi 1
Gambar Lamp. 14 Grafik Uji Tarik *Gyroid* 50% Replikasi 2
Gambar Lamp. 15 Grafik Uji Tarik *Gyroid* 50% Replikasi 3
Gambar Lamp. 16 Grafik Uji Tarik *Gyroid* 75% Replikasi 1
Gambar Lamp. 17 Grafik Uji Tarik *Gyroid* 75% Replikasi 2
Gambar Lamp. 18 Grafik Uji Tarik *Gyroid* 75% Replikasi 3
Gambar Lamp. 19 Grafik Uji Tarik *Honeycomb* 25% Replikasi 1
Gambar Lamp. 20 Grafik Uji Tarik *Honeycomb* 25% Replikasi 2
Gambar Lamp. 21 Grafik Uji Tarik *Honeycomb* 25% Replikasi 3
Gambar Lamp. 22 Grafik Uji Tarik *Honeycomb* 50% Replikasi 1
Gambar Lamp. 23 Grafik Uji Tarik *Honeycomb* 50% Replikasi 2
Gambar Lamp. 24 Grafik Uji Tarik *Honeycomb* 50% Replikasi 3
Gambar Lamp. 25 Grafik Uji Tarik *Honeycomb* 75% Replikasi 1
Gambar Lamp. 26 Grafik Uji Tarik *Honeycomb* 75% Replikasi 2
Gambar Lamp. 27 Grafik Uji Tarik *Honeycomb* 75% Replikasi 3
Gambar Lamp. 28 Lembar Konsultasi Pembimbing 1
Gambar Lamp. 29 Lembar Kosnultasi Pembimbing 2