



LAPORAN

TUGAS AKHIR SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH ORIENTASI PENCETAKAN
TERHADAP UJI GESER 3D *PRINTING* FILAMEN PET
DAUR ULANG

Muhammad Raihan
03211063

TEKNIK MESIN
Jurusan Teknologi Industri
Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri
Institut Teknologi Kalimantan
Balikpapan, 2025



Halaman Sengaja dikosongkan

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN



LAPORAN
TUGAS AKHIR SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH ORIENTASI PENCETAKAN
TERHADAP UJI GESER 3D *PRINTING* FILAMEN PET DAUR
ULANG

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Muhammad Raihan
03211063

Dosen Pembimbing

Ir. Alfian Djafar, S.T., M.T

I Made Ivan Wiyarta Cakra Sujana, S.T., M.T

TEKNIK MESIN
Jurusan Teknologi Industri
Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri
Institut Teknologi Kalimantan
Balikpapan, 2025



Halaman Sengaja Dikosongkan

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul Analisis Pengaruh Orientasi Percetakan Terhadap Uji Geser 3D *Printing* Filamen PET Daur Ulang adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Balikpapan, 5 Desember 2025

Ma
tera

Muhammad Raihan

NIM. 03211063

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN



Halaman Sengaja Dikosongkan

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi Kalimantan, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Raihan
NIM : 03211063
Program Studi : Teknik Mesin
Jurusan : Jurusan Teknologi Industri
Fakultas : Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi Kalimantan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Pengaruh Orientasi Percetakan Terhadap Uji Geser 3D Printing Filamen PET Daur Ulang

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Institut Teknologi Kalimantan berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Balikpapan, 5 Desember 2025

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN

Muhammad Raihan
03211063



Halaman Sengaja Dikosongkan

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknik (S.T.)

pada

Program Studi S-1 Teknik Mesin

Jurusan Teknologi Industri

Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri

Institut Teknologi Kalimantan

Judul Tugas Akhir:

ANALISIS PENGARUH ORIENTASI PERCETAKAN TERHADAP UJI GESER 3D *PRINTING* FILAMEN PET DAUR ULANG

Muhammad Raihan

NIM. 03211063

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | | |
|--|---------------|-------|
| 1. Ir. Alfian Djafar, S.T., M.T | Pembimbing I | |
| 2. I Made Ivan Wiyarta Cakra Sujana, S.T., M.T | Pembimbing II | |
| 3. Andi Idhil Ismail, S.T., M.Sc., Ph.D. | Penguji I | |
| 4. Ir. Gad Gunawan, S.T., M.T | Penguji II | |

BALIKPAPAN

Desember 2025



Halaman Sengaja Dikosongkan

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul :

ANALISIS PENGARUH ORIENTASI PENCETAKAN TERHADAP UJI GESER 3D *PRINTING* FILAMEN PET DAUR ULANG

Laporan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk menyelesaikan Program Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan (ITK) Balikpapan. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua beserta keluarga yang selalu mendukung dan menyemangati saya dalam melaksanakan perkuliahan.
2. Bapak Alfian Djafar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak I Made Ivan Wiyarta Cakra Sujana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
3. Bapak Gad Gunawan, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknologi Industri dan Proses ITK.
4. Bapak Ir. Gad Gunawan, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknologi Industri dan Proses ITK.
5. Semua Mahasiswa Teknik Mesin ITK Angkatan 2021.
6. Nazwa Octavia Ramadani selaku pendukung emosional dalam pembuatan proposal tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa penyusunan proposal tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, karena itu kami mengharapkan segala kritik dan saran yang membangun. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Balikpapan, 5 Desember 2025

Muhammad Raihan



Halaman ini sengaja dikosongkan

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN

“ANALISIS PENGARUH ORIENTASI PENCETAKAN TERHADAP UJI GESER 3D PRINTING FILAMEN PET DAUR ULANG”

Nama Mahasiswa : Muhammad Raihan
NIM : 03211063
Dosen Pembimbing I : Ir. Alfian Djafar, S.T., M.T
Dosen Pembimbing II : I Made Ivan Wiyarta Cakra Sujana, S.T., M.T

ABSTRAK

Additive Manufacturing (AM) adalah contoh perkembangan dalam dunia manufaktur. Penerapannya yang dahulu hanya sebagai proses dalam pembuatan prototipe, kini berkembang menjadi proses dalam pembuatan produk dan komponen utuh serta kompleks. *Fused Deposition Modelling* (FDM) adalah salah satu teknologi dalam proses 3D *Printing*. Banyak pengaturan yang dapat dilakukan untuk mempengaruhi hasil cetak pada produk 3D *Printing*. Penelitian ini berfokus dalam menyelidiki serta menguji pengaruh dari *printing orientation* pada proses pencetakan produk 3D *Printing* filamen *Polyethylene Terephthalate* daur ulang (rPET) terhadap nilai kekuatan geser, dimana untuk membandingkannya digunakan variasi *printing orientation* 3 jenis orientasi berbeda (X, Y, Z). Hasil data uji geser yang didapatkan akan dianalisis dan akan disimpulkan. Pengujian ini dilakukan pada laboratorium Universitas Gadjah Mada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa orientasi percetakan tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan geser spesimen, namun sangat berpengaruh terhadap *shear strain* dari spesimen. Nilai kekuatan geser tertinggi dicapai pada orientasi X *flat* 0/90 dengan rata-rata sebesar 18,16 MPa. Pada orientasi Y *on-edge* 0/90 sebagian tegangan geser ditahan oleh filamen yang sejajar arah pembebanan dan lainnya ditahan oleh antar layer, sehingga kekuatan yang dihasilkan lebih rendah. Lalu, pada orientasi Z *upright* 0/90, memiliki kekuatan geser terkecil dikarenakan pembebanan ditahan keseluruhan oleh ikatan antar-layer sehingga menghasilkan kekuatan terkecil. Analisis ANOVA mengonfirmasi bahwa perbedaan hasil pada setiap orientasi percetakan adalah tidak signifikan secara statistik, dengan nilai P-Value 0.220 untuk uji geser. Kesimpulannya, walaupun berdasarkan statistik tidak signifikan, tetapi nilai tertinggi tetap didapat oleh orientasi percetakan X *flat* 0/90 dan memiliki nilai regangan tertinggi diantara 2 orientasi lainnya.

Kata kunci: 3D *Printing*, *Fused Deposition Modelling* (FDM), *Polyethylene Terephthalate* daur ulang (rPET), Orientasi Pencetakan 3D *Printing*, Uji Geser

“Analysis of the Effect of Printing Orientation on Shear Testing of 3D Printing with Recycled PET Filament”

Nama Mahasiswa : Muhammad Raihan
NIM : 03211063
Dosen Pembimbing I : Ir. Alfian Djafar, S.T., M.T
Dosen Pembimbing II : I Made Ivan Wiyarta Cakra Sujana, S.T., M.T

ABSTRACT

Additive Manufacturing (AM) is an example of advancements in the manufacturing world. Its application, which was initially only used for prototyping, has now developed into a process for producing complete and complex products and components. Fused Deposition Modelling (FDM) is one of the technologies used in the 3D printing process. Various settings can be adjusted to influence the print quality of 3D printed products. This study focuses on investigating and testing the effect of printing orientation in the 3D printing process using recycled Polyethylene Terephthalate (rPET) filament on shear strength. To compare the results, three different printing orientations (X, Y, Z) are used. The shear test data obtained will be analyzed and concluded. This testing is conducted in the laboratory of Universitas Gadjah Mada. The results of the study show that the printing orientation does not have a significant effect on the shear strength of the specimens, but it has a strong influence on the shear strain. The highest shear strength was obtained in the X-flat 0/90 orientation, with an average value of 18.16 MPa. In the Y on-edge 0/90 orientation, part of the shear stress is carried by the filaments aligned with the loading direction, while the rest is carried by the inter-layer bonding, resulting in lower strength. Meanwhile, the Z upright 0/90 orientation exhibits the lowest shear strength because the loading is entirely supported by the inter-layer bonds, which produce the weakest resistance. ANOVA analysis confirmed that the differences among the printing orientations were not statistically significant, with a P-value of 0.220 for the shear test. In conclusion, although the statistical analysis shows no significant differences, the highest value was still achieved by the X-flat 0/90 orientation, which also had the highest strain among the three orientations.

Keywords: 3D Printing, Fused Deposition Modelling (FDM), Recycled Polyethylene Terephthalate (rPET), 3D Printing Orientation, Shear Testing

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Kerangka Pemikiran.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 3D Printing.....	7
2.2 Fused Deposition Modelling (FDM)	8
2.3 Filamen.....	9
2.4 Polyethylene Terephthalate (PET)	9
2.5 Shear Strength	10
2.6 Standar Uji kekuatan geser ASTM D-5379	12

2.7	Orientasi Percetakan.....	12
2.8	Uji ANOVA <i>one-way</i>	14
2.9	Penelitian Terdahulu	16
BAB III METODE PENELITIAN.....		19
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2	Alat dan Bahan.....	19
3.2.1	Alat.....	19
3.2.2	Bahan.....	23
3.3	Prosedur Penelitian.....	23
3.3.1	Studi Literatur	23
3.3.2	Persiapan Spesimen.....	23
3.3.3	Pembuatan Spesimen	24
3.3.4	Percetakan Spesimen.....	25
3.3.5	Pengujian Spesimen	25
3.3.6	Analisis Data dan Hasil.....	26
3.4	Diagram Alir	26
3.5	Variabel Penelitian.....	27
3.5.1	Variabel Kontrol.....	27
3.5.2	Variabel Bebas	28
3.5.3	Variabel Terikat	28
BAB IV HASIL DATA DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Hasil Data Shear Strength	29
4.2	Uji Normalitas dan Homogenitas.....	40
4.2.1	Uji Normalitas Pengujian Geser.....	40
4.2.2	Uji Homogenitas Pengujian Geser	42
4.3	Uji ANNOVA (<i>one way</i>)	45

4.4	Diagram <i>Fishbone</i> Pengujian.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN.....		54





Halaman Sengaja Dikosongkan

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka pemikiran	5
Gambar 2. 1 <i>Fused Deposition Modelling</i> (Vyavahare dkk., 2020)	8
Gambar 2. 2 Diagram Tegangan-Regangan <i>Shear</i>	11
Gambar 2. 3 Spesimen <i>shear test</i> ASTM D-5379 (ASTM International, 2019)..	12
Gambar 2. 4 <i>Slicing</i> spesimen <i>Shear Test Ultimaker Cura</i> pada orientasi	13
Gambar 2. 5 Orientasi percetakan <i>shear test</i> (Gonabadi dkk., 2020)	14
Gambar 3. 1 3D Printer Sovol SV-06	20
Gambar 3. 2 Jangka Sorong	20
Gambar 3. 3 <i>Dryer Filament</i>	21
Gambar 3. 4 <i>Filament Maker</i>	21
Gambar 3. 5 UTM (<i>Universal Testing Machine</i>)	22
Gambar 3. 6 Pompa	22
Gambar 3. 7 Botol Lemineral	23
Gambar 3. 8 <i>Filament PET</i> daur ulang	24
Gambar 3. 9 3D <i>printing</i> spesimen <i>Shear Test</i> Orientasi Pencetakan X, Y, Z	24
Gambar 3. 10 Gambar Proses Percetakan	25
Gambar 3. 11 spesimen yang sudah dipattern dan proses pengujian	25
Gambar 3. 12 Diagram Alir	27
Gambar 4. 1 Grafik Rata-Rata <i>Ultimate Shear Strength</i>	30
Gambar 4. 2 Diagram Tegangan Regangan Maksimal	31
Gambar 4. 3 <i>Slicing</i> Spesimen Orientasi X	32
Gambar 4. 4: <i>Slicing</i> Spesimen orientasi Y	33
Gambar 4. 5 <i>Slicing</i> Spesimen Orientasi Z	33
Gambar 4. 6 Perbesaran <i>Slicing</i> Spesimen Orientasi Z	34
Gambar 4. 7 Hasil pengujian Orientasi X	35
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian Orientasi Y	35
Gambar 4. 9 Hasil Pengujian Orientasi Z	36
Gambar 4. 10 Diagram Fishbone	47



Halaman Sengaja Dikosongkan

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 One – Way ANOVA	15
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	16
Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin 3D	19
Tabel 3. 2 Variabel Kontrol	28
Tabel 3. 3 Variabel Bebas	28
Tabel 3. 4 Variabel Terikat	28
Tabel 4. 1 Data hasil uji geser	29
Tabel 4. 2 Uji Normalitas Data Pengujian Geser	40
Tabel 4. 3 Uji homogenitas	42
Tabel 4. 4 Uji Statistik ANOVA Uji Geser	45





Halaman ini sengaja dikosongkan

INSTITUT TEKNOLOGI
KALIMANTAN

BAB I

PENDAHULUAN

Pada BAB I ini sebagai pengantar dimana akan memberikan gambaran-gambaran singkat pada penelitian yang akan dilakukan. Terdapat 6 subbab diantaranya latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan kerangka penelitian.

1.1 Latar Belakang

Sampah plastik sekarang menjadi salah satu masalah utama pencemaran lingkungan yang belum diselesaikan. Hal ini telah menjadi masalah besar di banyak negara, bukan hanya di negara berkembang tetapi juga di negara maju. Di Indonesia, konsumsi plastik sekali pakai yang berlebihan, serta kurangnya kesadaran untuk mengelola sampah plastik yang menyebabkan peningkatan jumlah sampah plastik yang tidak terkendalikan (Ailsa Agripina and Santoso, 2016). Jumlah sampah plastik di Indonesia terus meningkat setiap tahun. Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) menunjukkan bahwa total sampah masyarakat Indonesia akan mencapai 69 juta ton pada tahun 2022, dengan 12,5 juta ton atau 18,1% dari total tersebut merupakan sampah plastik (Ailsa Agripina and Santoso, 2016). Oleh karena itu, diperlukan penanganan sampah plastik berupa botol agar bisa didaur ulang atau dimanfaatkan kembali menjadi filamen.

Peneliti maupun inovator telah menunjukkan minat yang besar dalam mendaur ulang botol plastik PET menjadi filamen untuk pencetakan 3D. Prinsip pultrusi, yang secara historis digunakan dalam sektor konstruksi untuk membuat profil dan struktur berkekuatan tinggi, kini semakin dimodifikasi untuk mengubah limbah botol plastik menjadi filamen untuk pencetakan 3D (Bima, Siddiq and Oka, 2024). Sebelum menjadi produk percetakan 3D yang diinginkan, filamen-filamen tersebut berbentuk seperti lilitan kawat, serta filamen itu sendiri memiliki karakteristik dan nilai mekanik yang berbeda-beda dari tiap filamen yang hendak digunakan. Salah satunya yaitu PET.