

**Analisis Kekasaran Permukaan *3D Printing* Terhadap Variasi
Layer Thickness Pada Dua Geometri Dasar**

Tugas Akhir



Dimas Aryanto

1212003014

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Dimas Aryanto

NIM : 1212003014

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Dimas', with a stylized flourish extending to the right.

Tanggal : 30 Juli 2025

HALAMAN PENGESAHAN

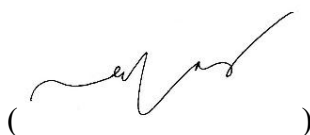
Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dimas Aryanto
NIM : 1212003014
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Analisis Kekasaran Permukaan 3D Printing Terhadap Variasi *Layer Thickness* Pada Dua Geometri Dasar

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Invanos Tertiana, M.M.
MBA ()

Penguji 1 : Edo Suryo Pratomo, S. T.,
M. Sc., CAMF ()

Penguji 2 : Wijaya Adidarma, S. T.,
M.M., CRMO ()

Ditetapkan : Jakarta

Tanggal : 30 Juli 2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tugas Akhir ini diperlukan dalam rangka memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Srata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan tidak terlepas dari adanya kerja sama dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang senantiasa memberi kemudahan, kesehatan, dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas ini. Tanpa rahmat-Nya, semua usaha ini tidak akan terwujud.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Tasnyan dan Ibu Tarwi, serta kakak saya Eni Citra Dewi, atas cinta, doa, pengorbanan, dukungan moril, dan motivasi yang tiada henti. Kasih sayang dan keyakinan mereka menjadi pilar terkuat yang selalu menguatkan langkah penulis di saat susah maupun senang.
3. Program Studi Teknik Industri, Universitas Bakrie, yang telah memberikan kesempatan, fasilitas, dan bimbingan akademik sehingga penulis memperoleh pengalaman berharga selama proses perkuliahan dan penelitian.
4. Dr. 林彦昆 (Robert Lin) serta seluruh pihak di Biomedical Big Data Laboratory dan Precision Measurement Laboratory, National Formosa University — terima kasih atas izin pemakaian sumber daya, bimbingan, dan dukungan fasilitas yang sangat membantu penyelesaian tugas akhir ini.
5. Tasya Julia Devintasari, terima kasih atas kehadiranmu, bantuan, dan keceriaan yang menemani penulis sejak awal hingga akhir proses ini. Keberadaanmu banyak memberi semangat ketika penulis menghadapi tantangan.
6. Rekan-rekan Teknik Industri angkatan 2021, terima kasih atas kebersamaan, solidaritas, dan dukungan selama masa perkuliahan,

terlebih di masa-masa sulit selama pandemi. Kenangan dan kerja sama kita menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis.

7. Untuk diri penulis sendiri, terima kasih atas ketekunan, kesabaran, dan semangat yang terus dipupuk. Semoga pencapaian ini menjadi awal untuk terus berkembang, belajar lebih baik lagi, dan tidak cepat berpuas diri. Penulis ingin mempertahankan motto pribadi sebagai pengingat dan pendorong: *“Keep moving forward”* dan *”Don’t says it’s imposible if you are not die trying”*.
8. Untuk segala hal yang pernah terjadi — langsung maupun tidak langsung — yang telah memberi warna dan arah pada hidup penulis, penulis mengucapkan terima kasih. Baik masa lalu yang menjadi guru, ide-ide yang menyalakan rasa ingin tahu, semangat dan motivasi yang mendorong maju, maupun keterpurukan yang mengajarkan ketabahan; semua pengalaman, kenangan, serta pengaruh kecil dan besar itu telah membentuk siapa penulis hari ini. Setiap peristiwa menjadi bekal berharga untuk melangkah lebih mantap ke depan.

Sekian ucapan syukur penulis, Tugas Akhir ini merupakan bentuk kegigihan dan keseriusan peneliti dalam mengemban amanat orang tua dan sebagai bentuk pengabdian seorang mahasiswa teladan. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik dalam materi maupun teknik penulisan, oleh karena itu, penulis mengharapkan bimbingan, saran maupun kritik yang bersifat membangun untuk dapat memperbaiki Tugas Akhir ini, sehingga dapat memberikan manfaat yang bersifat keilmuan bagi penulis dan pembaca.

Taiwan, 6 Juni 2025



1212003014

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dimas Aryanto
NIM : 1212003014
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Analisis Kekasaran Permukaan 3D Printing Terhadap Variasi *Layer Thickness* Pada Dua Geometri Dasar”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola data bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 3 September 2025

Yang Menyatakan



Dimas Aryanto
1212003014

ABSTRAK

Penelitian ini menguji pengaruh ketebalan lapisan (0,05 mm vs 0,10 mm) dan bentuk geometri (kubus vs silinder) terhadap kekasaran permukaan pada pencetakan 3D berbasis Digital Light Processing (DLP) menggunakan resin model-S2. Sampel dibuat dengan orientasi cetak seragam, tanpa post-curing (hanya dicuci alkohol) dan diukur parameter kekasaran Ra dan Rz menggunakan profilometer optik Surfcom SE3500 (total 12 sampel $\times$ 8 titik = 96 titik pengukuran). Analisis statistik dilakukan dengan two-way ANOVA. Hasil menunjukkan bahwa ketebalan lapisan secara konsisten meningkatkan nilai Ra dan Rz (mis. Ra tertinggi 22,367 μm pada silinder 0,10 mm; terendah 4,847 μm pada kubus 0,05 mm; Rz tertinggi 109,697 μm pada silinder 0,10 mm; terendah 38,087 μm pada kubus 0,05 mm). Two-way ANOVA memperlihatkan efek signifikan untuk ketebalan (Ra: $F=2126.789$, $p<0.001$; Rz: $F=12843.894$, $p<0.001$), geometri (Ra: $F=133.177$, $p<0.001$; Rz: $F=1353.286$, $p<0.001$) dan interaksi keduanya (Ra: $F=11.789$, $p=0.009$; Rz: $F=19.411$, $p=0.002$). Besar efek mengindikasikan ketebalan lapisan sebagai faktor dominan ($\omega^2 \approx 0.90$). Kesimpulannya, untuk pencetakan DLP tanpa post-curing, pengurangan ketebalan lapisan direkomendasikan untuk memperbaiki kehalusan permukaan; bentuk melengkung (silinder) memperkuat dampak ketebalan akibat efek diskretisasi/pixelization pada kontur melengkung.

Kata kunci: DLP, ketebalan lapisan, kekasaran permukaan, Ra, Rz.

ABSTRACT

This study investigates the effect of layer thickness (0.05 mm vs 0.10 mm) and specimen geometry (cube vs cylinder) on surface roughness in Digital Light Processing (DLP) 3D printing using model-S2 resin. Samples were printed with uniform orientation, no post-curing (only alcohol washing), and surface roughness parameters Ra and Rz were measured with a Surfcorder SE3500 optical profilometer (12 samples $\times$ 8 points = 96 measurement points). Two-way ANOVA was used for statistical analysis. Results indicate that increased layer thickness raises both Ra and Rz (e.g., highest Ra 22.367 μm for cylinder at 0.10 mm; lowest Ra 4.847 μm for cube at 0.05 mm; highest Rz 109.697 μm for cylinder at 0.10 mm; lowest Rz 38.087 μm for cube at 0.05 mm). ANOVA shows significant main effects of thickness (Ra: $F=2126.789$, $p<0.001$; Rz: $F=12843.894$, $p<0.001$), geometry (Ra: $F=133.177$, $p<0.001$; Rz: $F=1353.286$, $p<0.001$) and their interaction (Ra: $F=11.789$, $p=0.009$; Rz: $F=19.411$, $p=0.002$). Effect sizes indicate layer thickness as the dominant factor ($\omega^2 \approx 0.90$). For DLP prints without post-curing, reducing layer thickness is recommended to improve surface finish; curved geometries amplify discretization (pixelization) effects and thus increase roughness.

Keywords: DLP, layer thickness, surface roughness, Ra, Rz.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	I
HALAMAN PENGESAHAN	II
KATA PENGANTAR.....	III
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	V
ABSTRAK	VI
ABSTRACT	VII
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR GAMBAR	XII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat Bagi Penulis	4
1.5.2 Manfaat Bagi Universitas	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6

2.1 Literature Review.....	6
2.2 Additive Manufacturing	6
2.2.1 Sejarah	6
2.2.2 Teknologi 3D Printing	6
2.3 3D Printing	7
2.3.1 3D Printer DLP	7
2.3.2 Parameter Pencetakan.....	7
2.3.3 Rasterization.....	7
2.4 Bentuk Geometri	8
2.4.1 Karakteristik Permukaan Cetak Akibat Proses Pelapisan	8
2.4.2 Area Pengukuran Kekasaran Pada Geometri.....	8
2.4.3 Kompleksitas Bentuk Geometri.....	9
2.5 Kekasaran Permukaan	9
2.5.1 Parameter Kekasaran	9
2.5.2 Surface Roughness Tester (Non-Contact).....	10
2.6 Design of Experiment.....	10
2.6.1 Identifikasi Variable.....	10
2.6.2 Menentukan Jenis Desain	10
2.6.3 Memilih Jumlah Sample dan Ulangan.....	11
2.6.4 Prosedur Eksperimen.....	11
2.6.5 Analisis Statistik	11
2.7 Penelitian Terdahulu	12
 BAB III METODOLOGI	 15
3.1 Diagram Alir Penulisan.....	15
3.2 Uraian Diagram Alir Penulisan.....	16
3.2.1 Rumusan Masalah, Tujuan, dan Batasan Masalah.....	16
3.2.2 Studi Pendahuluan (<i>Literature Study</i>).....	16
3.2.3 Mengidentifikasi Variable.....	16
3.2.4 Menentukan Jenis Desain	16
3.2.5 Memilih Jumlah <i>Sample</i> dan Ulangan.....	17
3.2.6 Prosedur Eksperimen.....	17
3.2.7 Analisis Statistik	22

3.2.8 Kesimpulan dan Saran	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Deskripsi Data Eksperimen.....	25
4.2 Hasil Eksperimen	25
4.3 Analisis Data	25
4.3.1 Pengaruh Ketebalan Lapisan Terhadap Kekasaran Permukaan	25
4.3.2 Pengaruh Geometri Terhadap Kekasaran Permukaan.....	26
4.3.3 Interaksi Antara Ketebalan Lapisan dan Geometri	26
4.4 Uji Statistik <i>Two-Way ANOVA</i>	27
4.4.1 Uji ANOVA terhadap Nilai Ra	27
4.4.2 Uji ANOVA terhadap Nilai Rz	28
4.4.3 Uji Asumsi Homogenitas.....	30
4.5 Pembahasan	30
4.5.1 Pengaruh Ketebalan Lapisan	30
4.5.2 Pengaruh Geometri.....	31
4.5.3 Interaksi Ketebalan dan Geometri	31
4.5.4 Interpretasi Mekanistik: Rasterization, Peel, dan Post-Processing.....	31
4.5.5 Keterbatasan Geometri dan Instrumen	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR TABEL

Table 1 Peneleitian Terdahulu	14
Table 2 Variable Penelitian.....	16
Table 3 Desain Penelitian.....	16
Table 4 Struktur Data Mentah	23
Table 5 Struktur Data Analisis Statistik	23
Table 6 Pengaturan Type	23
Table 7 Rekapitulasi Nilai Rata-Rata Kekasaran Permukaan (Ra dan Rz) Berdasarkan Geometri, Ketebalan Lapisan, dan Ulangan Analisis Data.....	25
Table 8 Descriptive Statistic Ra	27
Table 9 ANOVA Ra	28
Table 10 Descriptive Statistic Rz	28
Table 11 ANOVA Rz	29
Table 12 Homogenitas Ra	30
Table 13 Homogenitas Rz	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Theoretical Mind Map.....	6
Gambar 2 Diagram Alir Penulisan	15
Gambar 3 Desain Kubus	18
Gambar 4 Desain Silinder	18
Gambar 5 Resin MODEL-S2	19
Gambar 6 Proses Printing	19
Gambar 7 Proses Perendaman Sample Menggunakan Ethanol 95%	20
Gambar 8 Proses Pengeringan Sample	21
Gambar 9 Surface Roughness Tester Kosaka Laboratory Ltd.	22
Gambar 10 Proses Pengambilan Data Kekasaran Permukaan	22
Gambar 11 Descriptive Plot Ra.....	27
Gambar 12 Descriptive Plot Rz	29