

**PENGARUH PEMANASAN DAN PENDINGINAN TERHADAP
PRESISI DAN MICROSTRUKTUR DARI HASIL
3D PRINTING DENGAN BAHAN PLA+**

SKRIPSI

Oleh

STEVEN AUSTIN TONDANG
1851050011



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2023**

**PENGARUH PEMANASAN DAN PENDINGINAN
TERHADAP PRESISI DAN MICROSTRUKTUR DARI HASIL
3D PRINTING DENGAN BAHAN PLA+**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia.

Oleh

STEVEN AUSTIN TONDANG

1851050011



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2023**



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Steven Austin Tondang

NIM : 1851050011

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang ber judul “Pengaruh Pemanasan dan Pendinginan Terhadap Presisi dan Microstruktur Dari Hasil 3D Printing Dengan Bahan PLA+” adalah

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku–buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 06 Februari 2023



Steven Austin Tondang



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
PENGARUH PEMANASAN DAN PENDINGINAN TERHADAP
PRESISI DAN MICROSTRUKTUR DARI HASIL 3D PRINTING
DENGAN BAHAN PLA+

Oleh:

Nama : Steven Austin Tondang
NIM : 1851050011
Program Studi : Teknik Mesin
Peminatan : Material Manufacture

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam sidang tugas akhir guna mencapai gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

Jakarta, 06 Februari 2023
Menyetujui:

Pembimbing I

(Dikky Antonius, S.T.,M.Sc)
NIDN : 030128801

Pembimbing II

(Ir. Surjo Abadi, M.Sc)
NIDN : 0321126505

Ketua Program Studi Teknik Mesin

(Ir. Budiarto, M.Sc)

Dekan

(Dikky Antonius, S.T.,M.Sc)



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada tanggal 29 juli 2022 telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Steven Austin Tondang
NIM : 1851050011
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Pemanasan dan Pendinginan Terhadap Presisi dan Microstruktur Dari Hasil 3D Printing Dengan Bahan PLA+” oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
1. Ir. Budiarto, M.Sc	Sebagai Ketua	
2. Dikky Antonius, S.T.,M.Sc	Sebagai Anggota	
3. Ir. Surjo Abadi, M.Sc	Sebagai Anggota	
4. Ir. Rahmat Samosir, MT	Sebagai Anggota	

Jakarta, 06 Februari 2023



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

Pernyataan dan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Steven Austin Tondang

NIM : 1851050011

Fakultas : Fakultas Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Judul :

Pengaruh Pemanasan dan Pendinginan Terhadap Presisi dan Microstruktur Dari Hasil 3D Printing Dengan Bahan PLA+

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta

Pada Tanggal 06 Februari 2023



Steven Austin Tondang

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunianya yang tiada batas sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi syarat dalam menempuh ujian akhir sarjana Strata satu (S-1) pada program studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat bimbingan dan bantuan baik secara moral dan moril dari berbagai pihak, dan pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan cinta kasihnya sehingga skripsi ini dapat selesai.
2. Bapak Dicky Antonius, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing satu yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan pengarahan selama proses bimbingan skripsi.
3. Bapak Ir. Surjo Abadi, M.Sc selaku dosen pembimbing dua, yang telah meluangkan waktu untuk membimbing serta memberikan pengarahan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Kepada Kedua orang tua yang saya hormati, atas segala cinta dan penuh kasih sayang dan dukungan, sehingga perkuliahan dan Laporan Tugas Akhir ini dapat selesai.
5. Kepada Kakak tercinta Eva Cristhora yang selalu mendukung dan membantu dalam perkuliahan.
6. Kepada saudara kembarku Rayven Austin Tondang yang selalu membuat termotivasi dalam segala kegiatan perkuliahan.
7. Kepada diriku sendiri, terimakasih sudah menjadi pribadi yang kuat dan selalu membuat dirimu bangga, tetap sehat dan kuat untuk kehidupan yang akan datang.
8. Kepada teman-teman se-angkatan Mechanical Engineering 2018, segala kenangan tawa tangis, suka dan duka sudah kita jalani selama perkuliahan.

9. Kepada teman-teman Gerakan Bawah Tanah yang awalnya 9 anggota sekarang sudah menjadi 8. Terimakasih atas kasih simpati dan kebaikan disaat yang sulit dalam perkuliahan.

Laporan tugas Akhir ini memang sangat jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritikan dari pembaca sekalian, yang akhirnya buku laporan Tugas Akhir ini nantinya semakin sempurna dan dapat berguna serta bermanfaat untuk kemajuan bersama. Diakhir kata penulis mengucapkan banyak terimakasih.

Jakarta, 06 Februari 2023



(Steven Austin Tondang)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR	ii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Jadwal Kegiatan.....	3
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI	6
2.1 3D <i>Printing</i>	6
2.2 Parameter Pada Mesin 3D Printing	8
2.3 Mekanisme pada mesin 3D Printing.....	9
2.4 <i>Rapid Prototyping</i> tipe <i>Fused Deposition Modelling</i> (FDM).....	10
2.5 Jenis-jenis Filament pada 3D Printer.....	12
2.5.1 ABS (<i>Acetonitrile Butadiene Styrene</i>).....	12
2.5.2 PLA (<i>Polylactic acid</i>).....	13
2.5.3 HIPS (<i>High Impact Polystyrene</i>).....	14
2.5.4 Nylon	15

2.5.5 VA (<i>Polyvinyl Alcohol</i>)	15
2.5.6 PETG (<i>Glycol-modified Polyethylene Terephthalate</i>)	16
2.5.7 TPU (<i>Thermoplastic Polyurethane</i>)	17
2.5.8 ASA (<i>Acrylonitrile Styrene Acrylate</i>).....	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Diagram Alir Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat	20
3.2.2 Bahan	23
3.3 Spesimen Cetak	24
3.4 Parameter Proses.....	24
3.5 Metode yang Digunakan.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Ukuran Actual pada Baut dan Mur.....	26
4.2 Hasil pengukuran presisi spesimen baut setelah dicetak	26
4.3 Hasil Pengujian pendinginan I baut temperature 31°C	28
4.4 Hasil Pengujian pendinginan II baut temperature 33°C	29
4.5 Hasil Pengujian pendinginan III baut temperature 32°C.....	31
4.6 Grafik nilai rata-rata kesalahan baut setelah dicetak	33
4.7 Grafik nilai rata-rata kesalahan baut pendinginan I (31°C).....	37
4.8 Grafik nilai rata-rata kesalahan baut pendinginan II (33°C)	41
4.9 Grafik nilai rata-rata kesalahan baut pendinginan III (22°C)	45
4.10 Hasil pengukuran presisi spesimen mur setelah dicetak.....	48
4.11 Hasil pengujian pendinginan I Mur dengan temperature (31°C).....	50
4.12 Hasil pengujian pendinginan II Mur dengan temperature (33°C)	51
4.13 Hasil pengujian pendinginan III Mur dengan temperature (22°C).....	53
4.14 Grafik nilai rata-rata kesalahan mur setelah dicetak.....	54
4.15 Grafik nilai rata-rata kesalahan mur pendinginan I (31°C)	57
4.16 Grafik nilai rata-rata kesalahan mur pendinginan II (33°C).....	59
4.17 Grafik nilai rata-rata kesalahan mur pendinginan III (22°C).....	61
4.18 Hasil Pengujian SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	63

BAB V PENUTUP.....	74
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN.....	78



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Filament PLA+	14
Tabel 3.1 Nilai Parameter yang Diuji	25
Tabel 4.1 Ukuran Spesimen Baut.....	26
Tabel 4.2 Ukuran Spesimen Mur	26
Tabel 4.3 Ukuran Presisi Baut Setelah dicetak	26
Tabel 4.4 Pengukuran Presisi Baut Pendinginan I 31°C.....	28
Tabel 4.5 Pengukuran Presisi Baut Pendinginan II 33°C	30
Tabel 4.6 Pengukuran Presisi Baut Pendinginan III 22°C	31
Tabel 4.7 Ukuran Presisi Mur Setelah dicetak.....	49
Tabel 4.8 Pengukuran Presisi Mur Pendinginan I 31°C	50
Tabel 4.9 Pengukuran Presisi Mur Pendinginan II 33°C.....	51
Tabel 4.10 Pengukuran Presisi Mur Pendinginan III 22°C.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rapid Prototyping	12
Gambar 2.2. Filament ABS	12
Gambar 2.3. Filament PLA+	13
Gambar 2.4. Filament HIPS	14
Gambar 2.5. Nylon Filament.....	15
Gambar 2.6. PVA Filament.....	16
Gambar 2.7. Filament PETG.....	16
Gambar 2.8. Filament TPU	17
Gambar 2.9. Filament ASA.....	18
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3.2. Mesin 3D Printing CR-10 S5	20
Gambar 3.3. Jangka Sorong Digital	21
Gambar 3.4. Thermo Gun	21
Gambar 3.5. Alat Uji SEM (Scanning Electron Microscope).....	22
Gambar 3.6 Proses Scanning Electron Microscope	23
Gambar 3.7 Filament PLA+ grey.....	23
Gambar 3.8 Spesimen Cetak	24
Gambar 4.1 Grafik ukuran tebal kepala baut fan speed 80%	33
Gambar 4.2 Grafik ukuran tebal kepala baut fan speed 100%	33
Gambar 4.3 Grafik ukuran diameter batang baut fan speed 80%	34
Gambar 4.4 Grafik ukuran diameter batang baut fan speed 100%	34
Gambar 4.5 Grafik ukuran diameter kepala baut fan speed 80%	35
Gambar 4.6 Grafik ukuran diameter kepala fan speed 100%	35
Gambar 4.7 Grafik ukuran tinggi baut fan speed 80%.....	36
Gambar 4.8 Grafik ukuran tinggi baut fan speed 100%.....	36
Gambar 4.9 Grafik ukuran tebal kepala baut fan speed 80%	37

Gambar 4.10 Grafik ukuran tebal kepala fan speed 100%.....	37
Gambar 4.11 Grafik ukuran diameter batang baut fan speed 80%	38
Gambar 4.12 Grafik ukuran diameter batang baut fan speed 100%	38
Gambar 4.13 Grafik ukuran diameter kepala baut fan speed 80%	39
Gambar 4.14 Grafik ukuran diameter kepala baut fan speed 100%	39
Gambar 4.15 Grafik tinggi baut fan speed 80%.....	40
Gambar 4.16 Grafik tinggi baut fan speed 100%.....	40
Gambar 4.17. Grafik ukuran tebal kepala baut fan speed 80%.....	41
Gambar 4.18. Grafik ukuran tebal kepala baut fan speed 100%.....	41
Gambar 4.19. Grafik ukuran diameter batang baut fan speed 80%	42
Gambar 4.20. Grafik ukuran diameter batang baut fan speed 100%	42
Gambar 4.21. Grafik ukuran diameter kepala baut fan speed 80%	43
Gambar 4.22. Grafik ukuran diameter kepala baut fan speed 100%	43
Gambar 4.23 Grafik ukuran tinggi baut fan speed 80%.....	44
Gambar 4.24. Grafik ukuran tinggi baut fan speed 100%.....	44
Gambar 4.25. Ukuran tebal kepala baut fan speed 80 %	45
Gambar 4.26. Ukuran tebal kepala baut fan speed 100%	45
Gambar 4.27. Grafik ukuran diameter baut fan speed 80%	46
Gambar 4.28. Grafik ukuran diameter baut fan speed 100%	46
Gambar 4.29. Grafik ukuran diameter kepala baut fan speed 80%	47
Gambar 4.30. Grafik ukuran diameter kepala baut fan speed 100%	47
Gambar 4.31. Grafik ukuran tinggi baut fan speed 80%.....	48
Gambar 4.32. Grafik ukuran tinggi baut fan speed 100%.....	48
Gambar 4.33. Grafik ukuran diameter mur fan speed 80%	54
Gambar 4.34. Grafik ukuran diameter mur fan speed 80%	55
Gambar 4.35. Grafik ukuran diameter dalam nut fan speed 80%	55
Gambar 4.36. Grafik ukuran diameter dalam mur fan speed 100%.....	55
Gambar 4.37. Grafik ukuran tebal mur fan speed 80%.....	56
Gambar 4.38. Grafik ukuran tebal mur fan speed 100%.....	56
Gambar 4.39. Ukuran diameter mur fan speed 80%	57
Gambar 4.40. Ukuran diameter mur fan speed 100%	57

Gambar 4.41. Ukuran Diameter Dalam Mur fan speed 80%	57
Gambar 4.42. Ukuran diameter dalam mur fan speed 100%	58
Gambar 4.43. Ukuran tebal mur fan speed 80%	58
Gambar 4.44. Ukuran tebal mur fan speed 100%	58
Gambar 4.45. Grafik ukuran diameter mur fan speed 80%	59
Gambar 4.46. Grafik ukuran diameter mur fan speed 100%	59
Gambar 4.47. Grafik ukuran diameter dalam mur fan speed 80%.....	59
Gambar 4.48. Grafik ukuran diameter dalam mur fan speed 100%.....	60
Gambar 4.49. Grafik ukuran tebal mur fan speed 80%.....	60
Gambar 4.50. Grafik ukuran tebal mur fan speed 100%.....	60
Gambar 4.51. Grafik ukuran diameter mur fan speed 80%	61
Gambar 4.52. Grafik ukuran diameter mur fan speed 100%	61
Gambar 4.53. Grafik ukuran diameter dalam mur fan speed 80%.....	61
Gambar 4.54. Grafik ukuran diameter dalam mur fan speed 100%.....	62
Gambar 4.55. Grafik Ukuran Tebal Mur fan speed 80%	62
Gambar 4.56. Grafik Ukuran Tebal Mur fan speed 80%	62
Gambar 4.57. Struktur Micro Spesimen 200°C-100%	63
Gambar 4.58. Kekasaran Spesimen 200°C-100%	64
Gambar 4.59. Struktur Micro Spesimen 210°C-100%	65
Gambar 4.60. Kekasaran Spesimen 210°C-100%	66
Gambar 4.61. Struktur Micro Spesimen 220°C-100%	67
Gambar 4.62. Kekasaran Spesimen 220°C-100%	68
Gambar 4.63. Struktur Micro Spesimen 230°C-100%	69
Gambar 4.64. Kekasaran Spesimen 230°C-100%	70
Gambar 4.65. Struktur Micro Spesimen 240°C-100%	71
Gambar 4.66. Kekasaran Spesimen 240°C-100%	72
Gambar 4.67. Kekasaran drat baut Printing Temperature 230°C dan 240°C	73
Gambar 4.68. Kekasaran drat baut Printing Temperature 200°C, 210°C, 220°C.	73

ABSTRAK

Pada penelitian ini pengaruh parameter pemanasan dan pendinginan mempengaruhi keakurasian dan struktur dari hasil 3D Printing. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan variabel pemanasan dan pendinginan dengan nilai variabel yang berbeda. material yang digunakan PLA+. Hasilnya menunjukkan bahwa pemanasan dan pendinginan berpengaruh signifikan terhadap presisi dan mikrostruktur dari hasil 3d printing dengan bahan PLA+. Penelitian ini menggunakan Ultimaker Cura 5.1.0 dalam mencetak spesimen. dengan *infill density* 100%, sementara *printing temperature* diatur pada 200°C, 210°C, 220°C, 230°C, dan 240°C, 2 (dua) variasi *fan speed* diatur pada 80% dan 100%. Parameter proses tetap seperti *build plate temperature* 60°C, *infill pattern Grid*, *printing speed* 50 mm/s. Spesimen uji dicetak masing-masing 3 buah untuk setiap *fan speed dan printing temperature* yang berbeda, Spesimen hasil 3D printing diukur menggunakan jangka sorong dan setelah itu dipanaskan dan didinginkan dengan suhu ruangan berbeda lalu diukur kembali. Nilai penyimpangan rata-rata terkecil diperoleh pada nozzle temperature 240°C dengan fan speed 80% dan 100% yaitu pada spesimen B-09 dengan tinggi baut 17,60 mm, diameter kepala 12,70 mm, diameter batang baut 6,40 mm dan tebal kepala 4,80 mm, dan pada spesimen B-10 dengan tinggi baut 17,60 mm, diameter kepala 12,80 mm, diameter batang baut 6,40 mm dan tebal kepala 4,80 mm. sementara dari hasil mikrostruktur didapat bahwa hasil temperatur yang terlalu tinggi akan membuat penyimpangan menjadi besar dikarenakan struktur yang seperti mencair.

Kata Kunci : *nozzle temperature*; *fan speed*; 3D Printing; *infill*; PLA+

ABSTRACT

In this research, the effect of heating and cooling parameters affect the accuracy and structure of 3D Printing results. This research uses experimental method with variable of heating and cooling with different variable values. Two materials used are PLA and ABS. The results show that heating and cooling has a significant effect on the precision and microstructure of 3D printing results with PLA+ material. This research uses Ultimaker Cura 5.1.0 in printing specimens. with infill density 100%, while printing temperature is set at 200°C, 210°C, 220°C, 230°C, and 240°C, 2 (two) variations of fan speed are set at 80% and 100%. Process parameters remain the same such as build plate temperature 60°C, infill pattern Grid, printing speed 50 mm/s. Test specimens are printed 3 pieces each for each fan speed and different printing temperature, 3D printing results specimens are measured using a caliper and then heated and cooled with different room temperatures and then measured again. The smallest average deviation value is obtained at nozzle temperature 240°C with fan speed 80% and 100% that is on specimen B-09 with bolt height 17.60 mm, head diameter 12.70 mm, bolt stem diameter 6.40 and head thickness 4.80 mm, and on specimen B-10 with bolt height 17.60 mm, head diameter 12.80 mm, bolt stem diameter 6.40 mm and head thickness 4.80 mm. Meanwhile from the Microstructure results it was found that the results of too high temperatures will make the deviation become large due to the structure like melting.

Keywords : nozzle temperature; fan speed; 3D Printing; infill; PLA+