



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS GEOMETRI *HEATBREAK* 3D PRINTING
FDM UNTUK APLIKASI FILAMEN PCL-HA-Mg**

SKRIPSI

Oleh:
Bagus Cahyo Wibowo
NIM. 2202411045

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ANALISIS GEOMETRI *HEATBREAK* 3D PRINTING FDM UNTUK APLIKASI FILAMEN PCL-HA-Mg

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik
Mesin

Oleh:
Bagus Cahyo Wibowo
NIM. 2202411045

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**ANALISIS GEOMETRI *HEATBREAK* 3D *PRINTING* FDM UNTUK APLIKASI
FILAMEN PCL-HA-Mg**

Oleh:

Bagus Cahyo Wibowo
NIM. 2202411045

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Skrripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr., Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE.
NIP. 197707142008121005

Pembimbing 2

Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T.
NIP. 198608302009122001

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Radhi Maladzi, S.T., M.T.
NIP. 199307282024061001



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS GEOMETRI *HEATBREAK 3D PRINTING FDM* UNTUK APLIKASI FILAMEN PCL-HA-Mg

Oleh:

Bagus Cahyo Wibowo

NIM 2202411045

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji
pada tanggal 9 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr., Vika Rizkia, S.T., M.T. NIP. 198608302009122001	Ketua		20/7 2026
2.	Ifa Saidatuningtyas, S.Si., M.T. NIP. 198808272022032005	Anggota		16/7 2026
3.	Tia Rahmiati, S.T., M.T. NIP. 198001252006042001	Anggota		16/7 2026

Depok, ... Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.

197602252000121002



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINILITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bagus Cahyo Wibowo

NIM : 2202411045

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-bearnya.

Depok, 9 Juli 2026



Bagus Cahyo Wiibowo

NIM. 2202411045

JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Analisis Geometri *Heatbreak* 3D Printing FDM Untuk Aplikasi Filamen PCL-HA-Mg

Bagus Cahyo Wibowo¹⁾, Dr., Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE.²⁾

Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T.³⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok 16425

Email: bagus.cahyo.wibowo@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Fenomena *heat creep* pada sistem *hotend* 3D printing berbasis *Fused Deposition Modeling* (FDM) dapat menyebabkan pelunakan filamen sebelum mencapai zona leleh sehingga meningkatkan risiko *clogging*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi diameter *neck*, panjang *neck*, dan sudut *taper heatbreak* terhadap *temperature cool zone* dan *total heat flux*, serta menentukan geometri *heatbreak* yang optimal. Penelitian menggunakan pendekatan *Design of Experiment* metode Taguchi dengan matriks *orthogonal* L9, simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) pada ANSYS, serta analisis *Signal-to-Noise Ratio* dan ANOVA. Desain optimum kemudian difabrikasi dan divalidasi menggunakan *thermal imager* FLIR E6 serta pengujian pencetakan filamen komposit PCL-HA-Mg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi geometri *heatbreak* mampu menurunkan *temperature cool zone* dan *total heat flux*, sehingga mengurangi potensi *heat creep* dan meningkatkan kestabilan proses ekstrusi. Geometri optimum yang diperoleh direkomendasikan sebagai acuan pengembangan *heatbreak* untuk aplikasi filamen komposit PCL-HA-Mg.

Kata Kunci: ANSYS, FDM, *heatbreak*, PCL-HA-Mg, Taguchi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Analisis Geometri *Heatbreak* 3D Printing FDM Untuk Aplikasi Filamen PCL-HA-Mg

Bagus Cahyo Wibowo¹⁾, Dr., Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE.²⁾
Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T.³⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok 16425
Email: bagus.cahyo.wibowo@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

Heat creep in the hotend system of Fused Deposition Modeling (FDM) 3D printers may soften the filament before it reaches the melting zone, increasing the risk of clogging. This study aimed to analyze the effects of heatbreak neck diameter, neck length, and taper angle on the cool-zone temperature and total heat flux, and to determine the optimum heatbreak geometry. The research employed the Taguchi Design of Experiment approach using an L9 orthogonal array, Finite Element Analysis (FEA) in ANSYS, and Signal-to-Noise Ratio and ANOVA analyses. The optimum design was then fabricated and validated using a thermal imager and printing tests with PCL-HA-Mg composite filament. The results showed that the modified heatbreak geometry reduced the cool-zone temperature and total heat flux, thereby minimizing the potential for heat creep and improving extrusion stability. The optimum geometry can serve as a reference for developing heatbreaks for PCL-HA-Mg composite filament applications.

Keyword: ANSYS, FDM, heatbreak, PCL-HA-Mg, Taguchi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan kemudahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Geometri Heatbreak 3D Printing FDM Untuk Aplikasi Filamen PCL-HA-Mg**” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, arahan, doa, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Radhi Maladzi, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta, atas masukan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr., Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE., dan Ibu Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, masukan, saran, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas kesabaran, perhatian, dan ilmu yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, bimbingan, bantuan, serta dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Politeknik Negeri Jakarta.
5. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Bapak, yang telah menjadi sosok penuh keteguhan, pengorbanan, dan kasih sayang dalam kehidupan penulis. Terima kasih atas setiap doa, kerja keras, nasihat, serta dukungan yang tidak pernah putus sehingga penulis dapat menempuh pendidikan dan menyelesaikan skripsi ini.
6. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Mama, yang senantiasa menjadi tempat pulang, sumber kekuatan, dan penyemangat bagi penulis. Terima kasih atas segala doa, kasih sayang, perhatian,



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

pengorbanan, serta kesabaran dalam mendampingi setiap langkah kehidupan penulis hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

7. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Abang tercinta, yang selalu memberikan perhatian, dukungan, motivasi, serta semangat kepada penulis. Terima kasih telah menjadi sosok yang selalu hadir untuk membantu dan menguatkan penulis dalam setiap proses hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan.
8. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Bude beserta keluarga yang telah merawat, membesarkan, dan memberikan kasih sayang kepada penulis sejak kecil. Terima kasih telah menjadi keluarga kedua yang selalu memberikan doa, perhatian, dukungan, serta tempat untuk pulang.
9. Teman-teman Akal Aktif yang telah menemani penulis selama proses pengerjaan skripsi dalam keadaan suka maupun duka, serta memberikan bantuan, semangat, dan dukungan sehingga penulis dapat melalui proses penyusunan skripsi ini dengan lebih baik.
10. Terima kasih kepada Bintang, yang telah menjadi partner penulis sejak awal proses penyusunan skripsi hingga akhirnya dapat menyelesaikan perjuangan ini bersama. Terima kasih atas kerja sama, semangat, diskusi, bantuan, serta motivasi yang selalu diberikan sehingga setiap tantangan selama penyusunan skripsi dapat dilalui dengan lebih baik.
11. Terima kasih kepada Dira, Intan, Bayu, Rifky, Fio, Rey, Zahran, Khafidz, Emery, Revo, dan Rafiel, selaku teman terdekat penulis di Kelas S. Terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, dukungan, bantuan, serta semangat yang selalu diberikan selama masa perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini. Kehadiran kalian telah menjadi bagian yang berarti dalam perjalanan akademik maupun kehidupan penulis.
12. Teman-teman Kelas S, sebagai teman selama masa perkuliahan yang telah memberikan bantuan, semangat, dan dukungan satu sama lain sejak awal perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini, sehingga penulis dapat



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

menjalani masa perkuliahan dengan lebih baik serta menyelesaikan skripsi secara tepat waktu.

13. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Iewat Oktavianti Puspito Roto. Terima kasih telah menjadi bagian dalam proses perjalanan hidup penulis menyusun skripsi. Berkontribusi baik tenaga, waktu, menemani, mendukung, serta menghibur penulis dalam kesedihan, mendengarkan keluh kesah dan meyakinkan penulis untuk pantang menyerah hingga penyusunan skripsi ini terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan skripsi ini di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang manufaktur.

Depok, 9 Juli 2026

Bagus Cahyo Wibowo
NIM. 2202411045

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Pertanyaan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Landasan Teori	7
2.1.1 3D Printing.....	7
2.1.2 Sistem <i>Extruder–Hotend</i> dan <i>Cool Zone</i>	8
2.1.3 Filamen Komposit.....	10
2.1.4 Polycaprolactone	10
2.1.5 Magnesium (Mg).....	11
2.1.6 <i>Hydroxiapatite</i>	11
2.1.7 <i>Heat Creep</i>	12
2.1.8 <i>Clogging</i>	13



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2	Metode Taguchi.....	14
2.2.1	<i>Orthogonal Array</i>	14
2.2.2	<i>Signal Noise to Ratio</i>	15
2.2.3	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i>	16
2.3	Finite Element Analysis	19
2.3.1	<i>Steady-State Thermal</i>	20
2.3.2	<i>Heat Flux</i>	20
2.4	Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive Spectroscopy (SEM EDS)	21
2.5	Kajian Literatur	22
2.6	Kerangka Pemikiran	23
2.7	Hipotesa Penelitian.....	25
BAB III	METODE PENELITIAN	26
3.1	Jenis Penelitian	26
3.2	Objek Penelitian	27
3.3	Metode Pengambilan Sampel.....	27
3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian	27
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian	28
3.6	Metode Analisis Data	28
3.7	Diagram Alir Penelitian.....	29
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Matriks <i>Orthogonal Array</i>	35
4.2	Desain Variasi Geometri <i>Heatbreak</i>	35
4.3	Analisis <i>Steady State Thermal</i> ANSYS.....	38
4.3.1	<i>Temperature Cool Zone</i>	38



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.2	<i>Total Heat Flux</i>	40
4.3.3	Hasil Simulasi <i>Steady State Thermal</i>	42
4.4	Analisis Taguchi	42
4.4.1	Analisis Taguchi <i>Temperature Cool Zone</i>	42
4.4.2	Analisis Taguchi <i>Total Heat Flux</i>	44
4.5	Hasil <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	45
4.5.1	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) <i>Temperature Cool Zone</i>	45
4.5.2	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) <i>Total Heat Flux</i>	46
4.6	Pengujian Performa <i>Heatbreak</i>	47
4.6.1	Pengujian <i>Clogging</i>	47
4.6.2	Pengujian Thermal Imager	50
4.6.3	Hasil Uji SEM-EDS	51
BAB V	PENUTUP	54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		56
LAMPIRAN		62



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 3D Printing Ender 3 V3 KE	7
Gambar 2. 2 Sistem Ekstrusi 3D Printing FDM	8
Gambar 2. 3 Simulasi Fenomena Heat Creep	13
Gambar 2. 4 Simulai Gejala Clogging	14
Gambar 2. 5 Simulasi Steady-State Thermal pada Software ANSYS	20
Gambar 2. 6 Kerangka Pemikiran	24
Gambar 3. 1 Flowchart Diagram alir penelitian	30
Gambar 4. 1 Grafik Main Effects Plot for Signal to Noise Ratios Temperature Cool Zone.....	43
Gambar 4. 2 Grafik Main Effects Plot for Signal to Noise Total Heat Flux.....	45
Gambar 4. 3 Void pada hasil cetak filamen PCL-Mg-HA.....	49
Gambar 4. 4 Stringing pada hasil cetak filamen PCL-Mg-HA.....	49
Gambar 4. 5 Hasil Visualisasi Heatblock (Hot Zone) dari Thermal Imager FLIR E6	50
Gambar 4. 6 Hasil Visualisasi Heatsink (Cool Zone) dari Thermal Imager FLIR E6	50
Gambar 4. 7 Hasil SEM EDS Sampel 9 500µm	52
Gambar 4. 8 Grafik Komposisi Hasil SEM EDS Sampel 9 500µm	52



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Mesin 3D Printing Ender 3 V3 KE.....	8
Tabel 2. 2 Design Orthogonal Array.....	15
Tabel 2. 3 Kajian Jurnal	22
Tabel 3. 1 Faktor dan Level Penelitian	26
Tabel 3. 2 Parameter Printing	27
Tabel 4. 1 Hasil Matriks Orthogonal Array L9.....	35
Tabel 4. 2 Hasil desain semua variasi	35
Tabel 4. 3 Hasil Simulasi ANSYS Temperature Cool Zone.....	38
Tabel 4. 4 Hasil Simulasi ANSYS Total Heat Flux.....	40
Tabel 4. 5 Hasil Simulasi Steady State Thermal ANSYS.....	42
Tabel 4. 6 Response Table for Signal to Noise Ratios Temperature Cool Zone ..	43
Tabel 4. 7 Response Table for Signal to Noise Ratios Total Heat Flux	44
Tabel 4. 8 Hasil Analysis of Variance (ANOVA) Temperature Cool Zone.....	46
Tabel 4. 9 Hasil Analysis of Variance (ANOVA) Total Heat Flux	46
Tabel 4. 10 Komposisi dari 9 Sampel Filamen.....	47
Tabel 4. 11 Hasil Pencetakan 9 sampel PCL-HA-Mg	47



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Clogging pada heatbreak Standar saat mencetak filamen PCL-Mg-HA	62
Lampiran 2 Proses Pencetakan Sampel 1	62
Lampiran 3 Proses Pencetakan Sampel 2	63
Lampiran 4 Proses Pencetakan Sampel 3	63
Lampiran 5 Proses Pencetakan Sampel 4	64
Lampiran 6 Proses Pencetakan Sampel 5	64
Lampiran 7 Proses Pencetakan Sampel 6	65
Lampiran 8 Proses Pencetakan Sampel 7	65
Lampiran 9 Proses Pencetakan Sampel 8	66
Lampiran 10 Proses Pencetakan Sampel 9	66
Lampiran 11 Drawing Desain Heatbreak Variasi 1	67
Lampiran 12 Drawing Desain Heatbreak Variasi 2	69
Lampiran 13 Drawing Desain Heatbreak Variasi 3	71
Lampiran 14 Drawing Desain Heatbreak Variasi 4	72
Lampiran 15 Drawing Desain Heatbreak Variasi 5	73
Lampiran 16 Drawing Desain Heatbreak Variasi 6	74
Lampiran 17 Drawing Desain Heatbreak Variasi 7	75
Lampiran 18 Drawing Desain Heatbreak Variasi 8	76
Lampiran 19 Drawing Desain Heatbreak Variasi 9	77
Lampiran 20 Heatbreak hasil kombinasi optimum	79

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai optimasi geometri *heatbreak* pada proses 3D *printing* filamen komposit PCL-Mg-HA, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi geometri *heatbreak* memberikan pengaruh yang berbeda terhadap temperatur *cool zone*. Berdasarkan hasil analisis ANOVA, diameter *neck* berpengaruh signifikan terhadap temperatur *cool zone*, sedangkan panjang *neck* dan sudut *taper* tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan pada rentang variasi yang digunakan.
2. Variasi geometri *heatbreak* memberikan pengaruh yang berbeda terhadap *total heat flux*. Berdasarkan hasil analisis ANOVA, diameter *neck* dan panjang *neck* berpengaruh signifikan terhadap *total heat flux*, sedangkan sudut *taper* tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan pada rentang variasi penelitian.
3. Hasil validasi menggunakan *thermal imager* menunjukkan pola yang serupa dengan hasil simulasi ANSYS. Temperatur tertinggi berada pada area *nozzle* dan *heater block*, sedangkan temperatur pada area *cool zone* tetap lebih rendah. Hasil pengujian masih berada di bawah temperatur leleh PCL sebesar 59–64°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *heatbreak* hasil optimasi mampu menghambat perpindahan panas menuju area pendinginan sehingga risiko terjadinya *heat creep* dapat diminimalkan dan proses ekstrusi filamen komposit PCL-HA-Mg dapat berlangsung.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap parameter *slicer* untuk memperoleh pengaturan yang lebih optimal sehingga dapat meningkatkan kualitas hasil cetak filamen komposit PCL-HA-Mg.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Disarankan menggunakan mesin *3D printing* yang mampu mengatur temperatur *heatblock* di bawah 180°C agar lebih sesuai dengan karakteristik titik leleh PCL yang berada pada kisaran 59–64°C, sehingga proses ekstrusi dapat berlangsung lebih stabil.
3. Pengembangan desain *heatbreak* dapat dilakukan dengan mengevaluasi penggunaan material yang memiliki karakteristik konduktivitas termal berbeda dari *stainless steel* 304 untuk memperoleh performa termal yang lebih optimal.
4. Pada pengujian temperatur *cool zone* menggunakan *thermal imager*, titik pengukuran pada *heat sink* aluminium perlu dilapisi cat hitam matte atau pita beremisivitas tinggi untuk mengurangi pantulan inframerah dan meminimalkan bias pembacaan temperatur.
5. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jenis filamen lain yang memiliki karakteristik termal berbeda untuk mengetahui pengaruh desain *heatbreak* terhadap berbagai material cetak.
6. Perlu dilakukan pengujian dengan filamen yang berbeda-beda dengan ketentuan *temperature cool zone* harus dibawah *melting point* filamen yang sedang di uji

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Y. Tanoto, V. Filbert, R. Febrian, and N. Adriel, "Optimasi Multirespon pada Proses 3D Printing Material ABS dengan Metode Taguchi-PCR Topsis," *TEKNIK*, vol. 43, no. 2, pp. 147–157, Jul. 2022, doi: 10.14710/teknik.v43i2.43301.
- [2] M. F. Almeir, R. Ismail, A. Prihartoyo Bayuseno, and D. F. Fitriyana, "PENGARUH FLOW EXTRUSION 3D PRINTING PADA PEMBUATAN INTERFERENCE SCREW MENGGUNAKAN FILAMEN BIOKOMPOSIT (PCL/PLA/HA) TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN BIODEGRADABLE," 2023.
- [3] Z. Taheri, A. Karimnejad Esfahani, and A. Ramiar, "Thermal study of clogging during filament-based material extrusion additive manufacturing: experimental–numerical study," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 119, no. 7–8, pp. 5143–5161, Apr. 2022, doi: 10.1007/s00170-021-08281-y.
- [4] P. Szymanski and C. Pelle, "Experimental Investigation of Heat Pipe-Assisted Cooling for Heat Creep Mitigation in FFF Extruders," *Electronics (Switzerland)*, vol. 15, no. 5, Mar. 2026, doi: 10.3390/electronics15050976.
- [5] J. M. Chen, D. Lee, J. W. Yang, S. H. Lin, Y. T. Lin, and S. J. Liu, "Solution extrusion additive manufacturing of biodegradable polycaprolactone," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 9, May 2020, doi: 10.3390/app10093189.
- [6] "Effect of Heat Break Geometry on the Thermal Performance of A 3D Printer Extruder," *International Journal of Scientific and Technological Research*, Dec. 2020, doi: 10.7176/jstr/6-12-05.
- [7] H. Mastriswadi, M. K. Herliansyah, W. P. Sari, A. E. Tontowi, and Herianto, "The Bibliometric Analysis of 3D Printer Research Development and Opportunities in Indonesia," *International Journal of Technology*, vol. 16, no. 3, pp. 865–881, 2025, doi: 10.14716/ijtech.v16i3.6059.
- [8] T. H. Saputra, A. S. Utama, A. Ningsih, and H. A. Pamasaria, "ANALISA PARAMETER 3D PRINTING TIPE FDM TERHADAP AKURASI DIMENSI DENGAN FILAMEN BERBAHAN DAUR ULANG PLASTIK LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) DAN POLYPROPYLENE (PP)," *Sebatik*, vol. 26, no. 1, pp. 9–16, Jun. 2022, doi: 10.46984/sebatik.v26i1.1682.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [9] Y. P. Shaik, J. Schuster, and N. K. Naidu, "High-Pressure FDM 3D Printing in Nitrogen [Inert Gas] and Improved Mechanical Performance of Printed Components," *Journal of Composites Science*, vol. 7, no. 4, Apr. 2023, doi: 10.3390/jcs7040153.
- [10] D. El Messaoudi *et al.*, "Design of a full-colors FDM 3D printer: key technical possibilities."
- [11] Ari Irawan, "ANALISIS PENGARUH DESAIN HEATSINK TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)," *ELEMEN: JURNAL TEKNIK MESIN*, vol. 12, no. 2, Dec. 2025, doi: 10.34128/je.v12i2.338.
- [12] G. G. Arias, F. J. Díaz, E. R. Ramirez, and J. V. Guzman, "Thermal Analysis by Finite Elements of Hotends for 3D Printing by Fused Filament Fabrication," *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, vol. 65, no. 2, pp. 129–133, 2021, doi: 10.3311/PPme.16203.
- [13] Krishnanand, S. Soni, and M. Taufik, "Design and assembly of fused filament fabrication (FFF) 3D printers," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2020, pp. 5233–5241. doi: 10.1016/j.matpr.2020.08.627.
- [14] T. Beran, T. Mulholland, F. Henning, N. Rudolph, and T. A. Osswald, "Nozzle clogging factors during fused filament fabrication of spherical particle filled polymers," *Addit. Manuf.*, vol. 23, pp. 206–214, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.addma.2018.08.009.
- [15] D. Pollard, C. Ward, G. Herrmann, and J. Etches, "Filament Temperature Dynamics in Fused Deposition Modelling and Outlook for Control," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2017, pp. 536–544. doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.147.
- [16] M. Petkovšek, M. Nemec, and P. Zajec, "Algorithm execution time and accuracy of ntc thermistor-based temperature measurements in time-critical applications," Sep. 01, 2021, *MDPI*. doi: 10.3390/math9182266.
- [17] V. Nanda, F. A. Wijanarko, Dhiya Luqyana, M. Muslimin, and Azam Milah Muhamad, "Pembuatan Komposit Filamen 3D Printing dengan Matriks Polypropylene (PP) dan Penguat Serat Kulit Jagung untuk Aplikasi Prototype Handle Rem Sepeda," *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 5, no. 3, pp. 144–152, Feb. 2025, doi: 10.32722/jmt.v5i3.7097.
- [18] U. L. Jamilah and E. Hidayah, "MODIFIKASI SERAT ALAM DAN KARAKTERISASINYA SEBAGAI PENGUAT MATERIAL



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- KOMPOSIT,” *Journal of Educational and Applied Science*, vol. 2, no. 1, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.iaida.ac.id/index.php/jeas>
- [19] Z. Jiao, B. Luo, S. Xiang, H. Ma, Y. Yu, and W. Yang, “3D printing of HA / PCL composite tissue engineering scaffolds,” *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, vol. 2, no. 4, pp. 196–202, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.aiepr.2019.09.003.
 - [20] M. Yusuf and M. Rahmah, “Sifat Mekanik dan Morfologi Poliblend Polipropilena dengan Poli(?-Kapolakton) yang Disintesis Menggunakan Katalis Zr ?-diketonate sebagai Kandidat Material untuk Pembuatan Benang Jahitan Operasi,” *Jurnal Sains dan Kesehatan*, vol. 5, no. 3, pp. 388–393, Jun. 2023, doi: 10.25026/jsk.v5i3.1865.
 - [21] X. Yang, Y. Wang, Y. Zhou, J. Chen, and Q. Wan, “The application of polycaprolactone in three-dimensional printing scaffolds for bone tissue engineering,” Aug. 02, 2021, *MDPI AG*. doi: 10.3390/polym13162754.
 - [22] V. K. Bommala, M. G. Krishna, and C. T. Rao, “Magnesium matrix composites for biomedical applications: A review,” Mar. 01, 2019, *National Engg. Reaserch Center for Magnesium Alloys*. doi: 10.1016/j.jma.2018.11.001.
 - [23] D. Chen *et al.*, “A critical review of magnesium-based scaffolds for bone tissue engineering: Properties, production methods, surface treatments, and multiscale evaluation techniques,” Jan. 01, 2025, *KeAi Communications Co*. doi: 10.1016/j.smmf.2025.100101.
 - [24] I. B. Setiawan, “Ketahanan korosi pada paduan Mg-1Mn-HA sebagai bahan biomaterial hasil proses mechanosynthesis dalam media ringer lachtate,” *Jurnal Kartika Kimia*, vol. 4, no. 1, May 2021, doi: 10.26874/jkk.v4i1.71.
 - [25] R. O. Kareem, N. Bulut, and O. Kaygili, “Hydroxyapatite Biomaterials: A Comprehensive Review of their Properties, Structures, Medical Applications, and Fabrication Methods,” Jan. 01, 2024, *Sami Publishing Company*. doi: 10.48309/jcr.2024.415051.1253.
 - [26] M. R. Nawafi, M. Masruroh, and D. J. D. H. Santjojo, “Morphological and Mechanical Study of Gelatin/Hydroxyapatite Composite based Scaffolds for Bone Tissue Regeneration,” *INDONESIAN JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, vol. 12, no. 2, p. 235, Nov. 2022, doi: 10.13057/ijap.v12i2.59365.
 - [27] B. Neuhaus, M. K. Idris, P. Naderi, Y. El-Hajj, and G. Grau, “Low-Roughness 3D-Printed Surfaces by Ironing for the Integration with Printed



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Electronics,” *Adv. Eng. Mater.*, vol. 26, no. 3, Feb. 2024, doi: 10.1002/adem.202301711.
- [28] H. Zhang, L. Zhang, H. Zhang, J. Wu, X. An, and D. Yang, “Fibre bridging and nozzle clogging in 3D printing of discontinuous carbon fibre-reinforced polymer composites: coupled CFD-DEM modelling”, doi: 10.1007/s00170-021-07913-7/Published.
- [29] N. Lambos, G. C. Vosniakos, and G. Papazetis, “Low-cost automatic identification of nozzle clogging in material extrusion 3D printers,” in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2020, pp. 274–279. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.039.
- [30] N. Margaretha and Y. Ekawati, “Desain Eksperimen Taguchi terhadap Faktor Lingkungan Kerja untuk Menurunkan Tingkat Produk Cacat,” *Journal of Integrated System*, vol. 8, no. 1, pp. 1–15, Jun. 2025, doi: 10.28932/jis.v8i1.11202.
- [31] G. Dwijuna Ahadi, S. Wahyu Pratiwi, and D. Putri Isnarwaty, “Pendekatan Desain Eksperimen Taguchi sebagai Metode Optimasi pada Bidang Teknik dan Industri (studi kasus pada proses bundling kemasan) Design of Experiment Taguchi as an Optimisation Method in Engineering and Industry,” 2023.
- [32] B. E. Yuce, P. V. Nielsen, and P. Wargocki, “The use of Taguchi, ANOVA, and GRA methods to optimize CFD analyses of ventilation performance in buildings,” *Build. Environ.*, vol. 225, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109587.
- [33] S. Kumar Sahoo, N. Thirupathi, and K. Saraswathamma, “ScienceDirect Experimental Investigation and Multi-Objective Optimization of Die sink EDM Process Parameters on Inconel-625 alloy by using Utility Function Approach,” 2018. [Online]. Available: www.sciencedirect.com
- [34] M. Febrianti and M. Tresna Parasetya, “The effect of environmental, social, and governance disclosure on company value and profitability,” *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, [Online]. Available: www.allsubjectjournal.com
- [35] I. Dumyati and S. Nurhaji, “Modeling dan Simulasi Finite Element Analysis pada Segitiga T Sepeda Motor Menggunakan Software Ansys 2023,” *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, vol. 5, no. 1, pp. 26–30, Nov. 2023, doi: 10.18196/jqt.v5i1.19012.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [36] A. Bagus Prasetyo *et al.*, “Druwo Bangunharjo, Sewon, Bantul, Yogyakarta 55187 4 Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro, Fakultas Teknik, Politeknik ATI Makasar.” [Online]. Available: <https://journal.atim.ac.id/>
- [37] Moch. A. Andi, M. Lutfi, and A. Lastriyanto, “Perancangan, Simulasi Kinerja, dan Fabrikasi Mesin Thermopressing untuk Produksi Biofoam Berbasis Material Alami,” *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, vol. 13, no. 2, pp. 226–240, Aug. 2025, doi: 10.21776/ub.jkptb.2025.013.02.10.
- [38] A. Mohammed and A. Abdullah, “Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review.”
- [39] V. D. Hodoroaba, “Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS),” in *Characterization of Nanoparticles: Measurement Processes for Nanoparticles*, Elsevier, 2019, pp. 397–417. doi: 10.1016/B978-0-12-814182-3.00021-3.
- [40] D. Y. Shin, H. J. Lee, C. W. Lee, and K. Park, “Thermal-structural coupled numerical analysis for design of high-temperature extruder of FDM 3D printers,” *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, vol. 35, no. 3, pp. 341–347, Mar. 2018, doi: 10.7736/KSPE.2018.35.3.341.
- [41] M. Taufiqurrahman, A. Raharjo, A. Faizdaffa Hakim, D. Prasetyo, and T. Jaya Saputra, “ANALISIS MEKANIK DAN TERMAL PISTON MESIN PEMBAKARAN DALAM MENGGUNAKAN SOFTWARE ANSYS 2023,” *JTMEI*, vol. 2, no. 3, pp. 143–154, 2023, doi: 10.55606/jtmei.v2i3.
- [42] A. K. Rao and V. Somkuwar, “Heat transfer of a tapered fin heat sink under natural convection,” in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2021, pp. 7886–7891. doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.565.
- [43] “BAB II-IV (1)”.
- [44] Y. Tao *et al.*, “A review on voids of 3D printed parts by fused filament fabrication,” Nov. 01, 2021, *Elsevier Editora Ltda.* doi: 10.1016/j.jmrt.2021.10.108.
- [45] K. M. V, R. R, P. K. J, and A. P. R, “Experimental Analysis of the Stringing Problem in FDM Printers,” *European Alliance for Innovation n.o.*, Jun. 2024. doi: 10.4108/eai.23-2-2024.2346991.
- [46] K. Zhang *et al.*, “An iterative algorithm to improve infrared thermographic systems’ accuracy in temperature field measurement of aluminum alloys.” [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=4258044>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [47] Z. Lanc, B. Štrbac, M. Zeljković, A. Živković, and M. Hadžistević, “Emissivity of aluminium alloy using infrared thermography technique,” *Materiali in Tehnologije*, vol. 52, no. 3, pp. 323–327, 2018, doi: 10.17222/mit.2017.152.

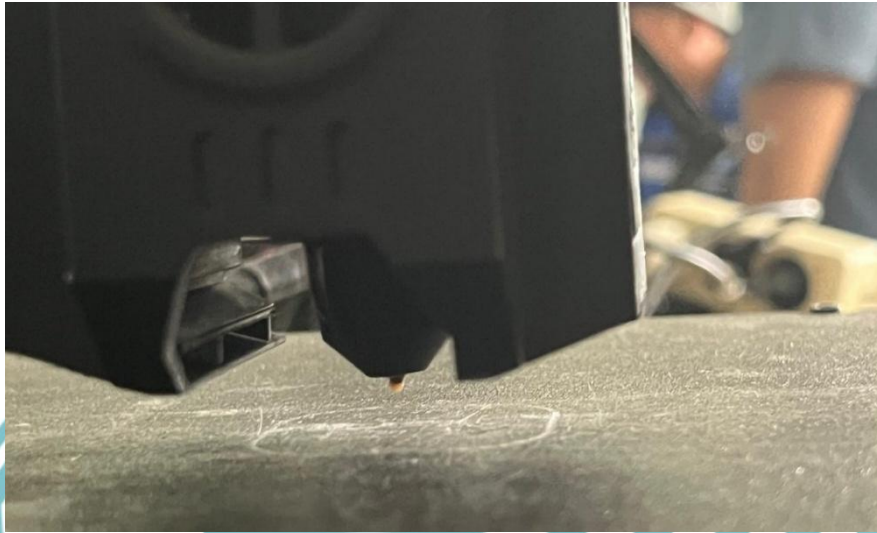


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 *Clogging* pada *heatbreak* Standar saat mencetak filamen PCL-Mg-HA



Lampiran 2 Proses Pencetakan Sampel 1



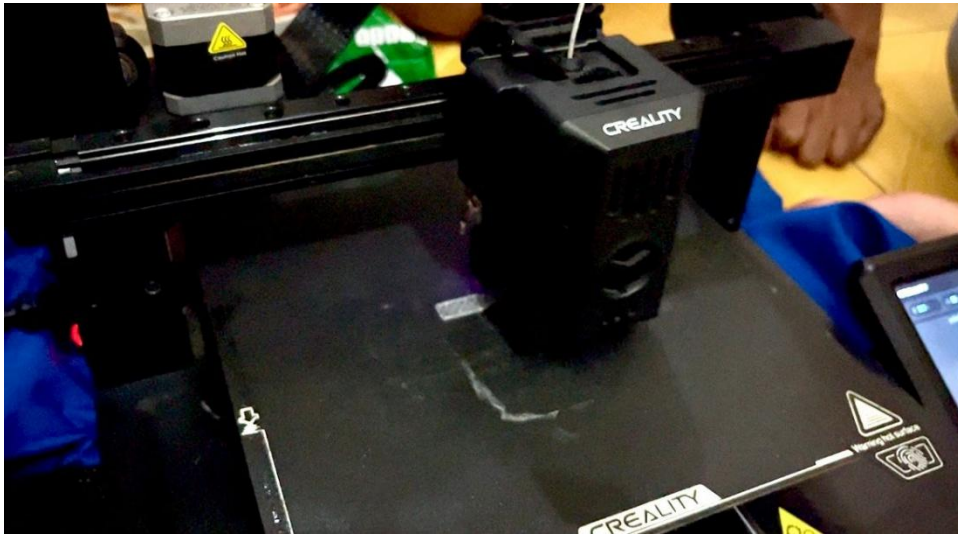


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Proses Pencetakan Sampel 2



Lampiran 4 Proses Pencetakan Sampel 3





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5 Proses Pencetakan Sampel 4



Lampiran 6 Proses Pencetakan Sampel 5





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7 Proses Pencetakan Sampel 6



Lampiran 8 Proses Pencetakan Sampel 7





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 9 Proses Pencetakan Sampel 8



Lampiran 10 Proses Pencetakan Sampel 9



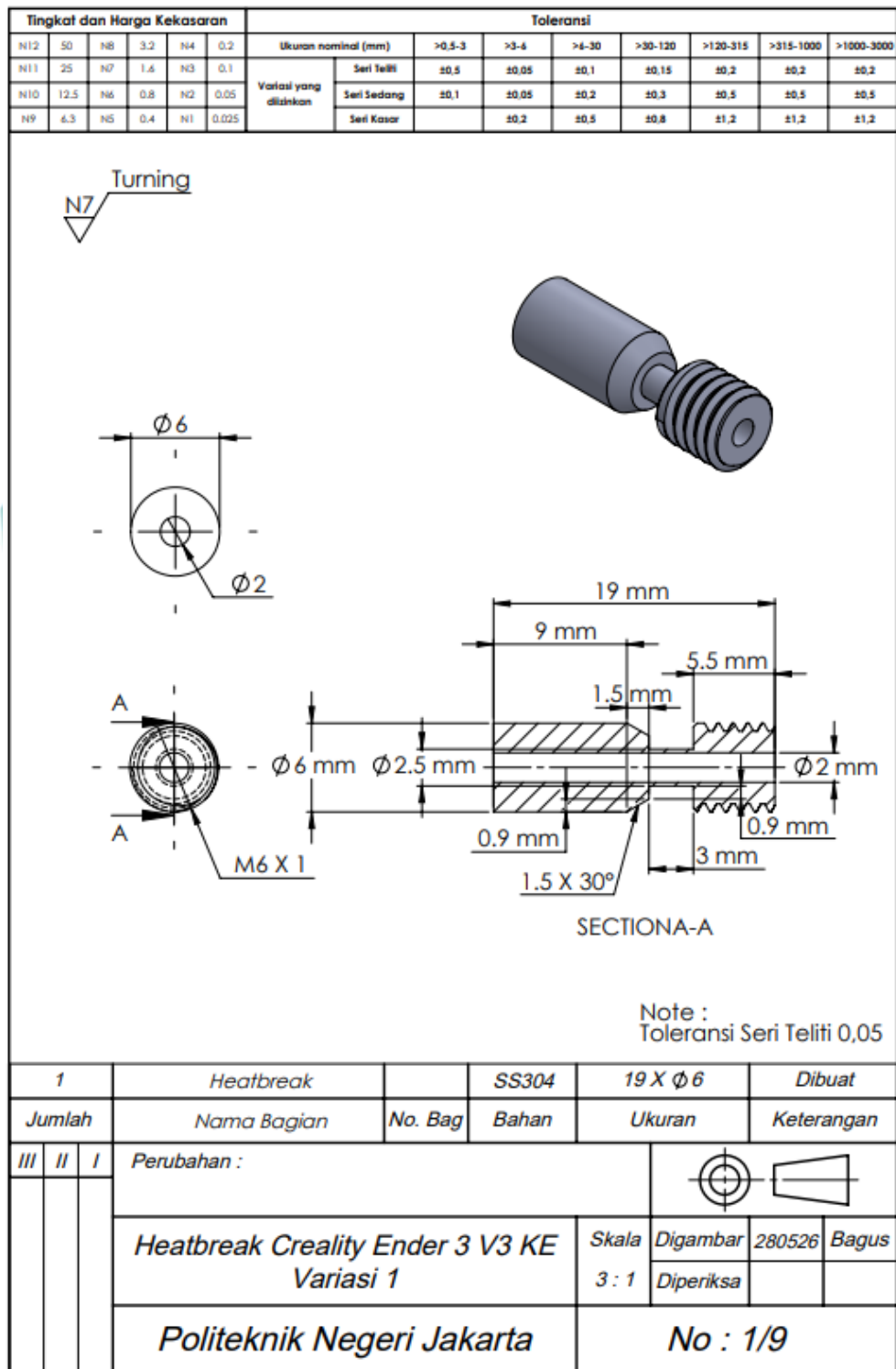


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 11 *Drawing Desain Heatbreak Variasi 1*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

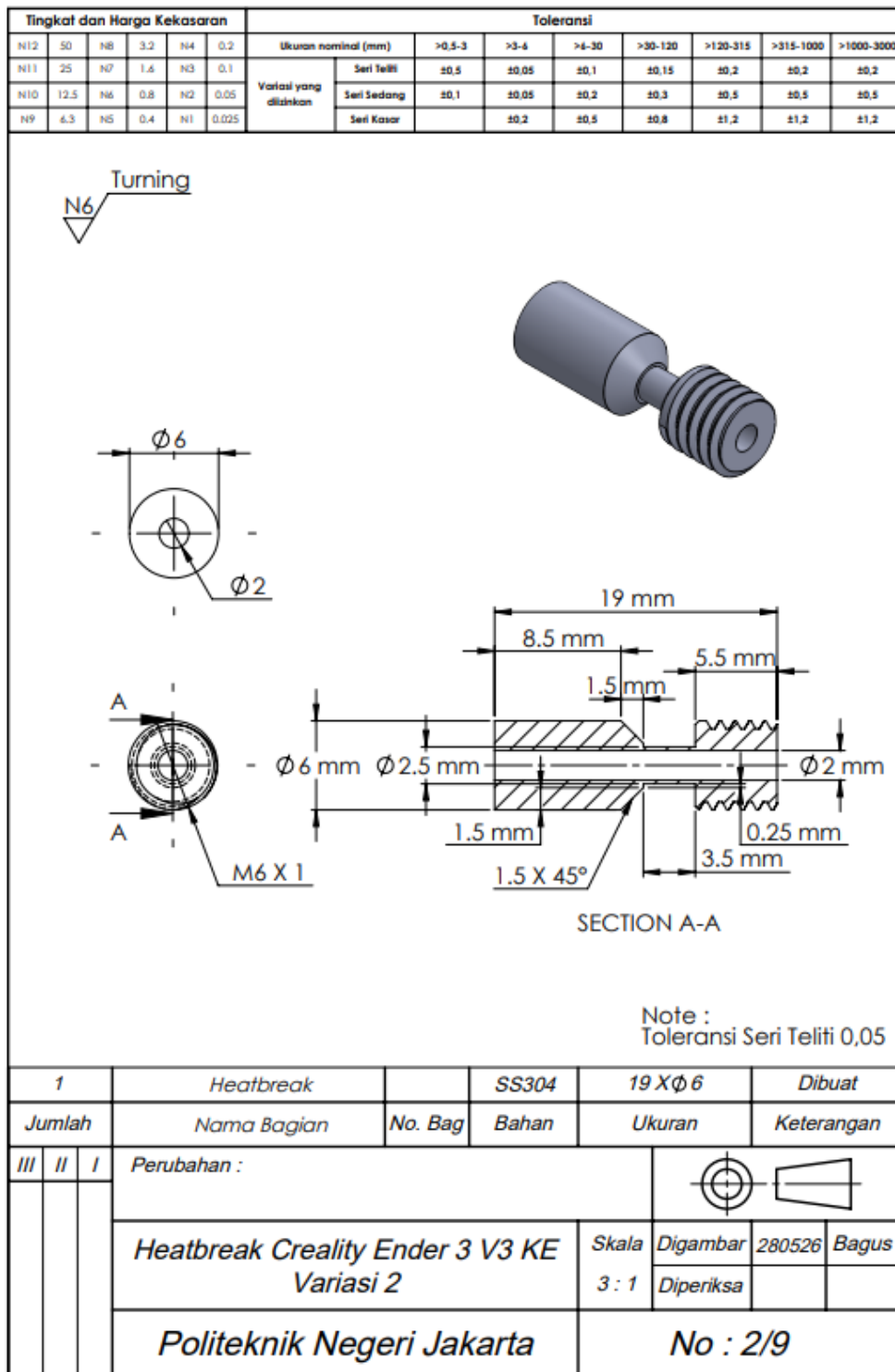




Lampiran 12 Drawing Desain Heatbreak Variasi 2

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

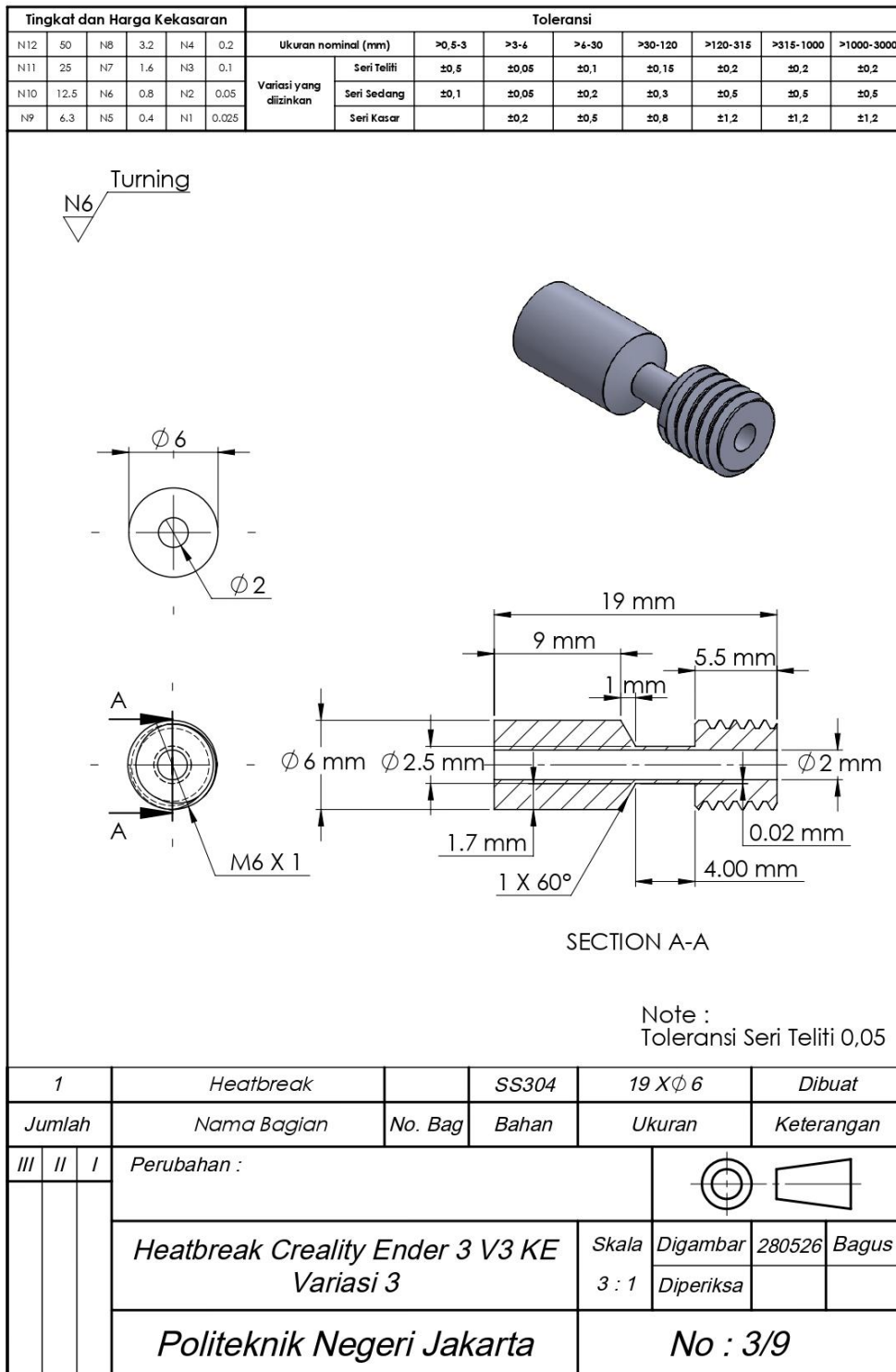




Lampiran 13 Drawing Desain Heatbreak Variasi 3

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

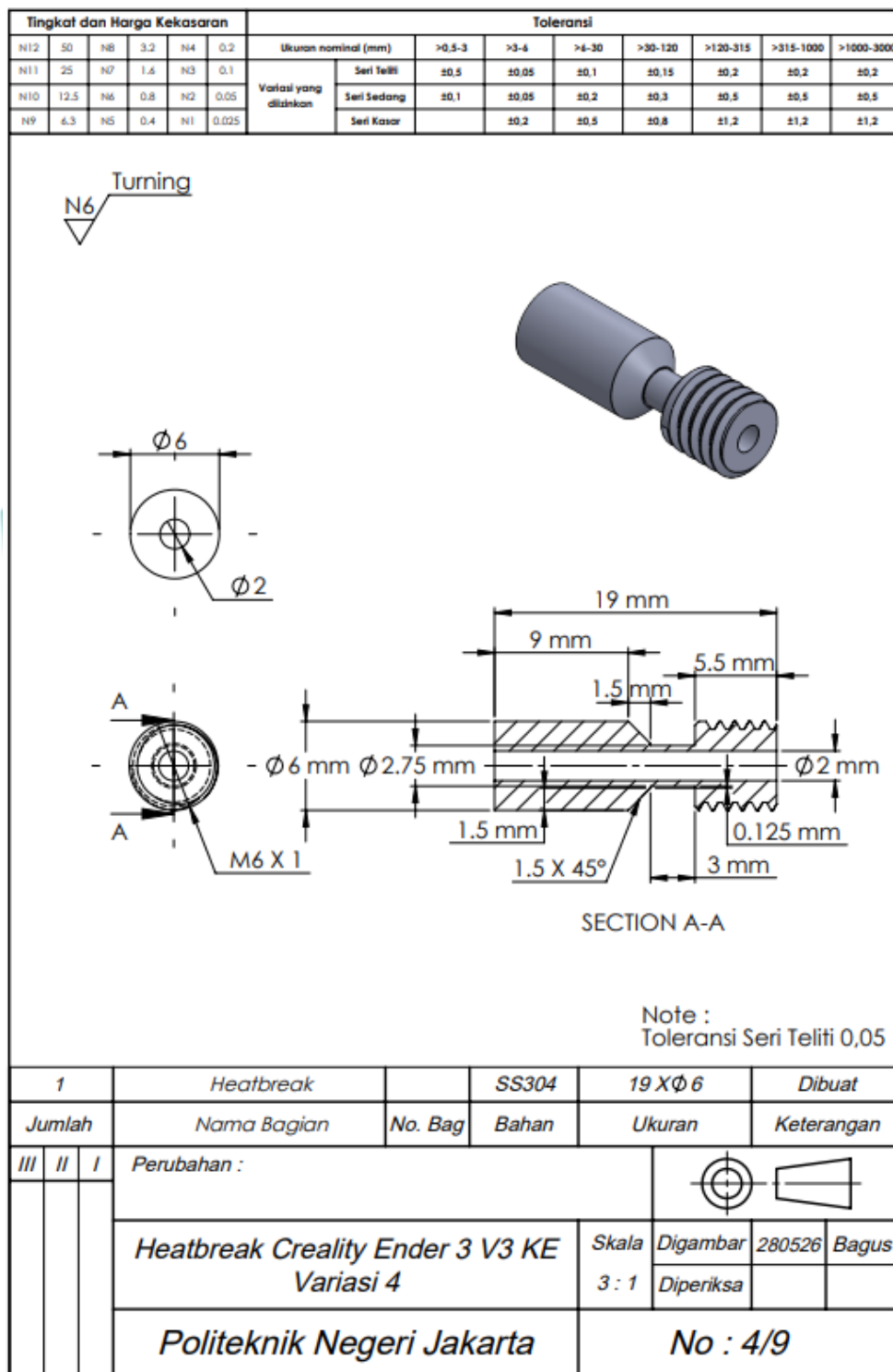




Lampiran 14 Drawing Desain Heatbreak Variasi 4

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



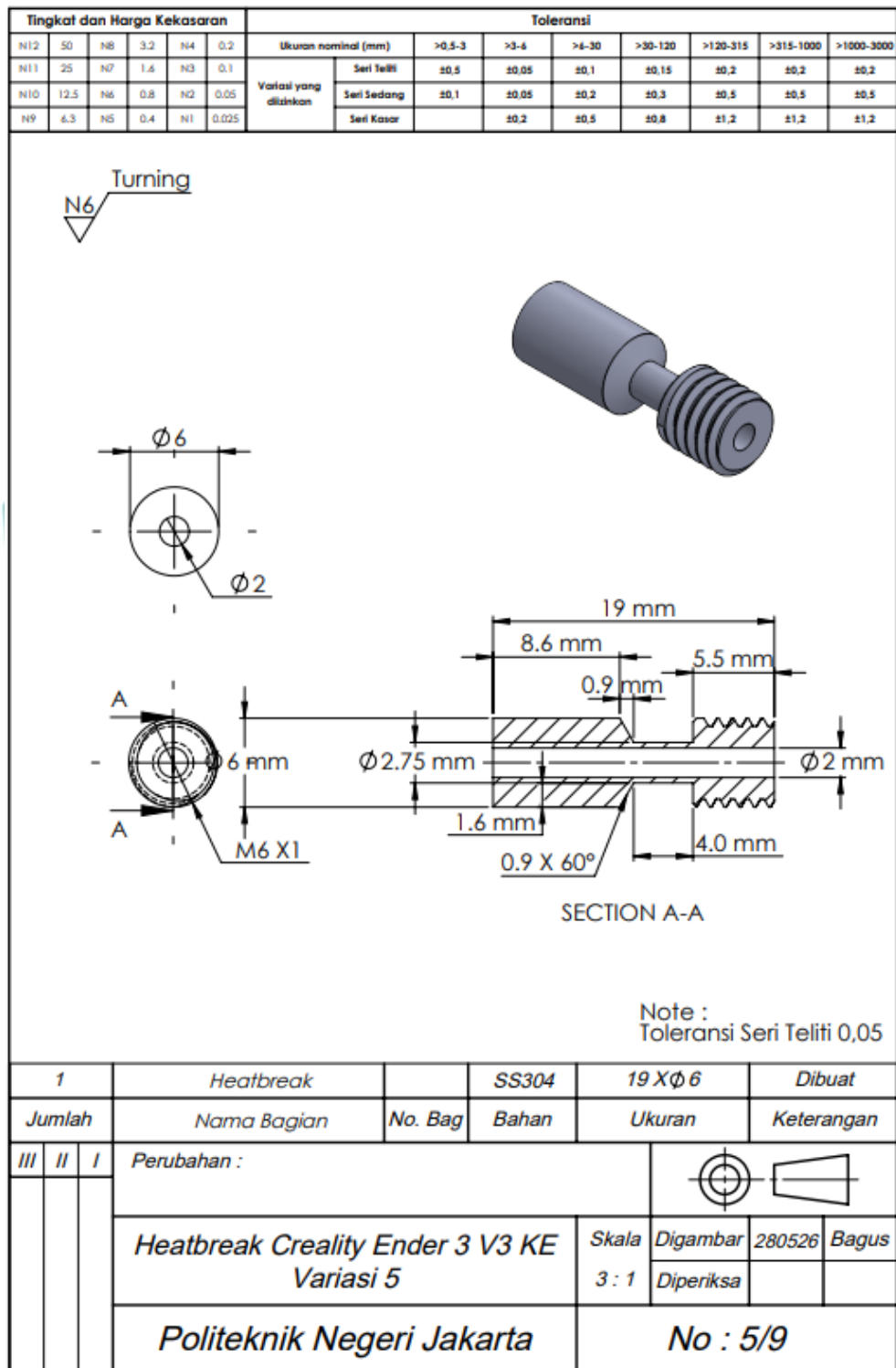


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 15 *Drawing Desain Heatbreak Variasi 5*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

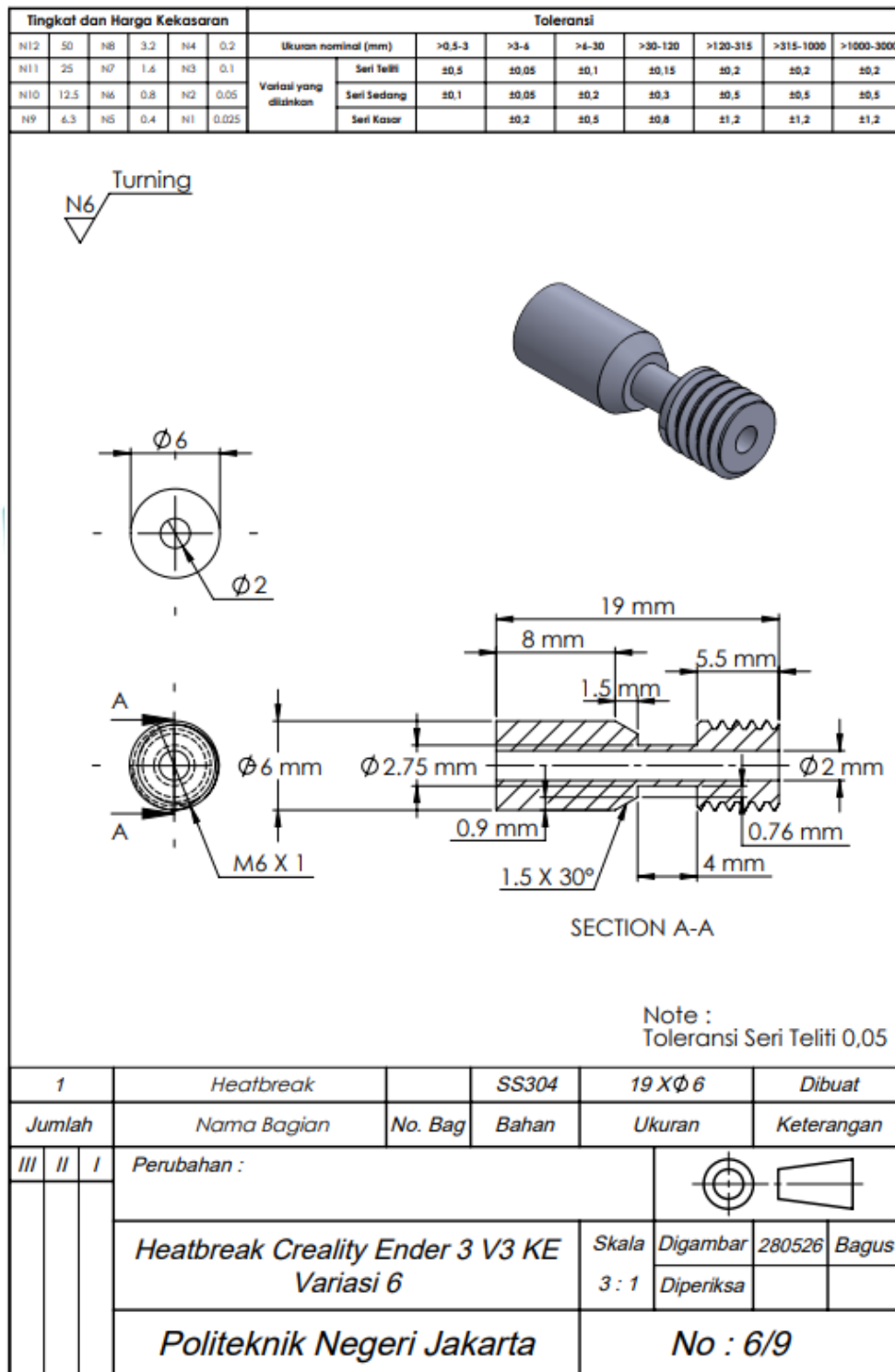




Lampiran 16 Drawing Desain Heatbreak Variasi 6

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi										
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)				>0.5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0.5	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0.1	±0.05	±0.2	±0.3	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0.2	±0.5	±0.8	±1.2	±1.2	±1.2	±1.2	

Turning

SECTION A-A

Note :
Toleransi Seri Teliti 0,05

1	Heatbreak		SS304	19 X Ø 6	Dibuat
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan

III	II	I

Perubahan :

Heatbreak Creality Ender 3 V3 KE Variasi 7	Skala 3 : 1	Digambar Diperiksa	280526	Bagus
--	---------------------------	----------------------------------	---------------	--------------

Politeknik Negeri Jakarta

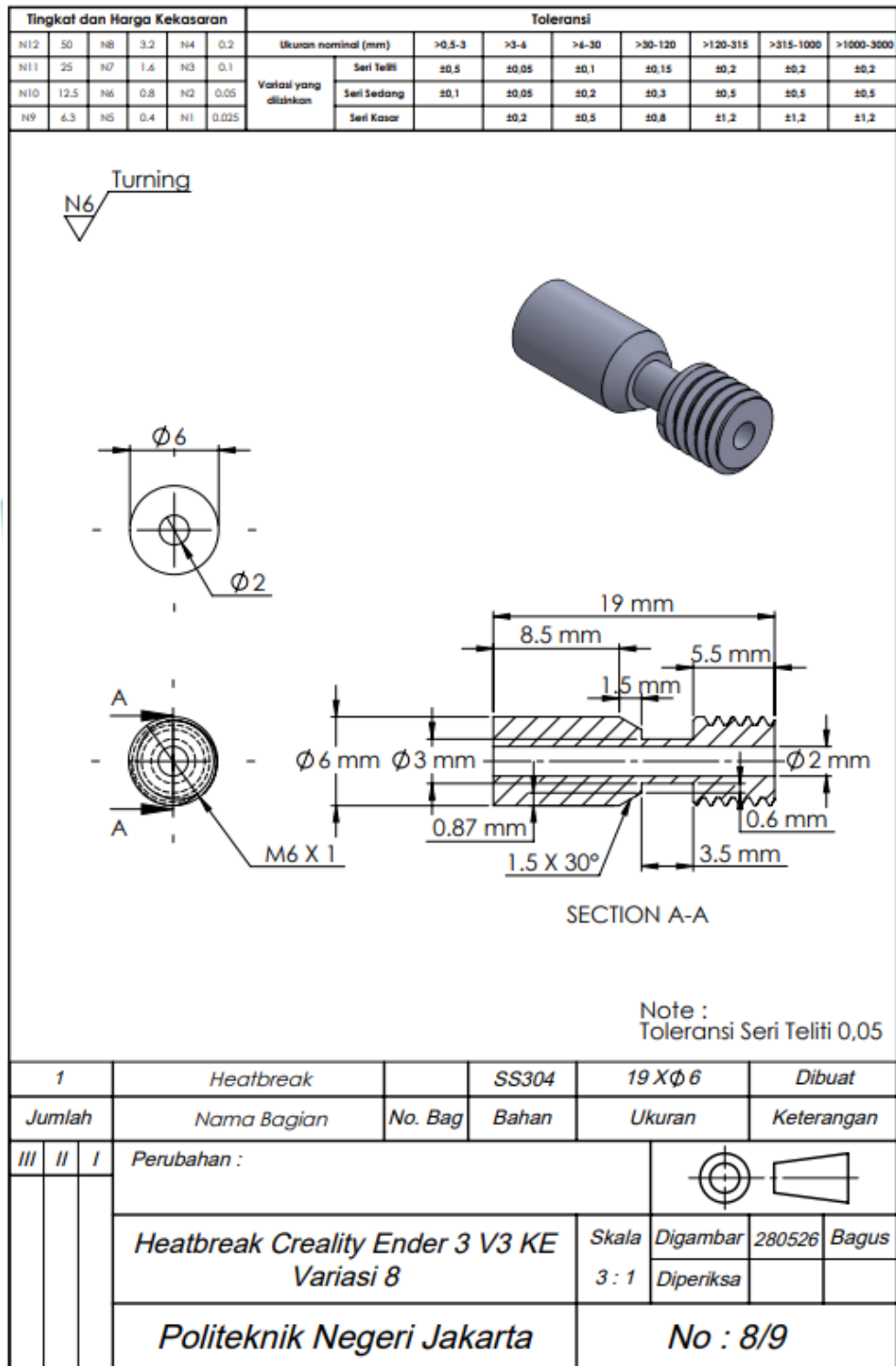
No : 7/9



Lampiran 18 Drawing Desain Heatbreak Variasi 8

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

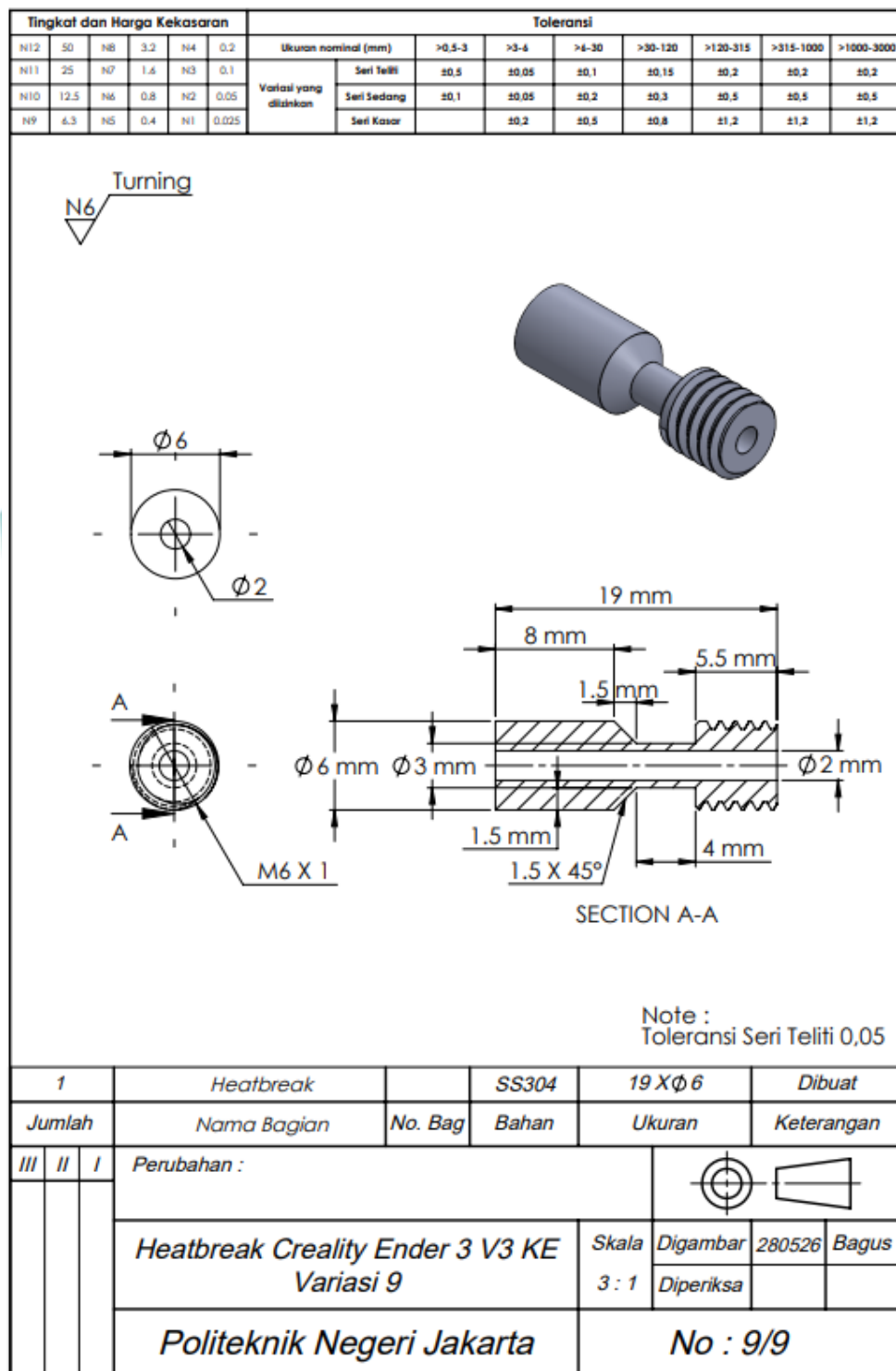




Lampiran 19 Drawing Desain Heatbreak Variasi 9

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 20 *Heatbreak* hasil kombinasi optimum

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

