

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DOSEN POLITEKNIK ATMI SURAKARTA



**Perancangan dan Analisis *Chamber* Penghalus Permukaan Hasil 3D
Printing Filament Berbasis Aseton**

Oleh:

Ir. Agus Kurniawan, S.T., M.T.

NIDN. 0616047702

Bernardus Aditya Luky Arista

NIM. 2024-PTPM-02

Ivan

NIM. 2024-PTPM-06

Ir. Adhi Setya Utama, S.T., M.Sc.

NIDN. 0613077801

Winastwan Sista Hayu, S.Tr.T.

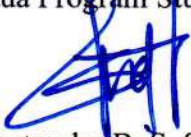
NUP. 9906978292

PROGRAM STUDI PERANCANGAN MANUFAKTUR
POLITEKNIK ATMI
SURAKARTA
Juli 2025

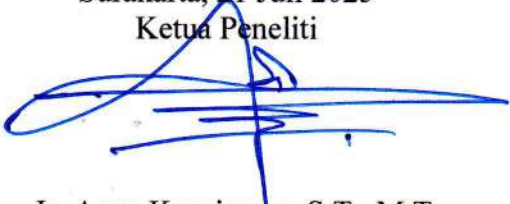
HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan : Perancangan dan Analisis *Chamber* Penghalus Permukaan Hasil 3D *Printing* Filament Berbasis Aseton
 2. Pelaksana Kegiatan
 - a. Nama Lengkap : Ir. Agus Kurniawan, S.T., M.T.
 - b. NIDN : 0616047702
 - c. Jabatan Fungsional : Lektor
 - d. Program Studi : Teknik Mesin Industri
 - e. No Handphone : +62 899-5233-225
 - f. Alamat surel (e-mail) : agus.kurniawan@atmi.ac.id
 3. Anggota Peneliti
 - a. Nama Lengkap : 1. Bernardus Aditya Luky Arista
: 2. Ivan
: 3. Ir. Adhi Setya Utama, S.T., M.Sc.
: 4. Winastwan Sista Hayu, S.Tr.T.
 - b. NIM/NIDN : 1. 2024-PTPM-02
: 2. 2024-PTPM-06
: 3. 0613077801
: 4. 9906978292
 - c. Perguruan Tinggi : Politeknik ATMI Surakarta
- Usulan Penelitian Tahun ke - : 1 dari rencana 1 tahun
- Biaya Tahun Berjalan : Rp. 2.000.000,00
- Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 1.557.163,00

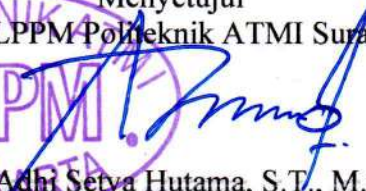
Mengetahui
Ketua Program Studi


Bondan Wiratmoko B. S, S.T., M.Eng.
NIDN 9906978208

Surakarta, 21 Juli 2025
Ketua Peneliti


Ir. Agus Kurniawan, S.T., M.T.
NIDN 0616047702

Menyetujui
Ketua LPPM Politeknik ATMI Surakarta



Ir. Adhi Setya Utama, S.T., M.Sc.
NIDN 0608108701

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis sebuah *chamber* (ruang tertutup) yang digunakan untuk menghaluskan permukaan hasil cetak 3D dengan material ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) menggunakan uap aseton. Permukaan hasil cetak 3D dengan metode FDM (*Fused Deposition Modeling*) cenderung memiliki garis-garis permukaan akibat proses pencetakan lapis demi lapis. Untuk mengatasi hal ini, metode penghalusan menggunakan uap aseton dipilih karena efektif, ekonomis, dan mudah diakses. Penelitian ini meliputi proses perancangan *chamber*, pembuatan prototipe, serta pengujian performanya dengan mengukur tingkat kehalusan permukaan objek cetak setelah diproses. Variabel yang diuji meliputi waktu paparan uap dan suhu pemanasan. Penelitian juga membahas berbagai literatur dan eksperimen terdahulu yang berkaitan dengan pemrosesan permukaan ABS menggunakan uap aseton, serta pemilihan bahan *chamber* yang tahan terhadap pelarut. Hasil akhir dari penelitian ini adalah rancangan dan prototipe *chamber* yang dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan alat pasca-pemrosesan untuk 3D printing berbasis ABS.

Kata kunci: *3D Printing, FDM, ABS, Acetone, Acetone Vapor, Chamber, Surface Smoothing, Post-processing, Surface Roughness, Prototype.*

This study aims to design and analyze a chamber used to smooth the surface of 3D printed objects made from ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) using acetone vapor. 3D prints produced via the FDM (Fused Deposition Modeling) method typically exhibit surface irregularities such as layer lines due to the layer-by-layer printing process. To address this issue, acetone vapor smoothing was selected for its effectiveness, low cost, and ease of implementation. The research covers the design of the chamber, prototype development, and performance testing by evaluating surface smoothness of printed specimens after treatment. Variables tested include exposure time and heating temperature. The study also reviews relevant literature and previous experiments related to acetone vapor post-processing for ABS, as well as the selection of chamber materials resistant to acetone. The outcome of this research is a working design and prototype of an acetone-based surface smoothing chamber, which can serve as a reference for further development in post-processing tools for ABS-based 3D printing.

Keywords: *3D Printing, FDM, ABS, Acetone, Acetone Vapor, Chamber, Surface Smoothing, Post-processing, Surface Roughness, Prototype.*

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-nya, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Perancangan dan Analisis *Chamber* Penghalus Permukaan Hasil 3D *Printing Filament* Berbasis Aseton”**. Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Serjana Terapan pada program studi Perancangan Manufaktur Politeknik ATMI Surakarta. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung atas selesainya tugas akhir ini, terima kasih kepada:

1. Romo Dr. Ir. Andreas Soegijopranoto, SJ, M.Sc., IPM. selaku Direktur Politeknik ATMI Surakarta, Th. Adi Nugroho, S.T., M.Sc. selaku Wakil Direktur Bidang Akademik, Ir. Adhi Setya Utama, S.T., M.Sc. selaku Plt. LPPM Politeknik ATMI Surakarta, dan Bondan Wiratmoko B. S, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Perancangan Manufaktur Politeknik ATMI Surakarta yang telah mendukung skema pendanaan ini.
2. Pihak-pihak lain yang turut membantu terselesaikan penelitian ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Harapan peneliti laporan ini dapat memberi kemanfaatan yang besar bagi kita semua. Peneliti menyadari masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan untuk kesempurnaan penyusunan laporan kemajuan penelitian ini.

Surakarta, 21 Juli 2025

Peneliti

DAFTAR ISI

PENELITIAN DOSEN POLITEKNIK ATMI SURAKARTA.....	1
HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN	II
PRAKATA.....	IV
DAFTAR ISI.....	V
DAFTAR TABEL	VIII
DAFTAR GAMBAR.....	IX
DAFTAR LAMPIRAN.....	X
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2. 1 Penelitian Terdahulu	6
2.1.1 Penelitian Terkait Permukaan Hasil 3D <i>Printing</i> Berbasis ABS	6
2.1.2 Penelitian terkait efek penggunaan uap terhadap kekuatan hasil dari 3D <i>printing</i>	7
2.1.3 Penelitian terkait desain dan pengembangan chamber uap terhadap hasil 3D printing bahan ABS.	9
2.1.4 Penelitian terkait parameter penggunaan uap terhadap hasil 3D <i>printing</i> bahan ABS	10
2. 2 Penelitian Sekarang.....	11
BAB III DASAR TEORI.....	19
3.1 Filamen 3D Printing FDM.....	19
3.2 Filamen <i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i> (ABS)	19
3.3 Aseton.....	19
3.4 Metode Penghalusan Permukaan Hasil Cetak 3D FDM.....	20
3.4.1 <i>Metode Mekanis</i>	20
3.4.2 <i>Metode Kimiawi</i>	21
3.5 Material <i>Chamber</i>	22
3.5.1. <i>Kaca</i>	22
3.5.2. <i>Epoxy Resin</i>	23
3.5.3. <i>PVC (Polyvinyl Chloride)</i>	23
3.5.4. <i>Stainless Steel</i>	24
3.6 Pelarutan (<i>Swelling</i> dan <i>Dissolution</i>).....	25
3.7 Evaporasi	25

3.8	<i>Surface Roughness</i>	26
3.9	Rumus Perhitungan Dasar	27
3.9.1.	<i>Rumus Perhitungan Massa Aseton</i>	27
3.9.2.	<i>Rumus Perhitungan Energi untuk Menaikan Suhu Aseton</i>	27
3.9.3.	<i>Rumus Perhitungan Energi untuk Menguapkan Aseton</i>	28
3.9.4.	<i>Rumus Perhitungan Total Energi</i>	28
BAB IV METODE PENELITIAN		30
4.1	Obyek Penelitian.....	30
4.2	Alur Penelitian	31
4.3	Lokasi Penelitian.....	33
4.4	Alat dan Bahan Penelitian.....	34
4.5	<i>Flowchart</i> Penelitian.....	36
4.5.1	<i>Tahap Perencanaan</i>	37
4.5.2	<i>Tahap Perancangan</i>	37
4.5.3	<i>Tahap Pengujian</i>	37
4.5.4	<i>Tahap Penyelesaian</i>	38
4.5.5	<i>Variabel Penelitian</i>	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		40
5.1	Tahap Perancangan <i>Design Chamber</i>	40
5.1.1	<i>Rangka Chamber</i>	41
5.1.2	<i>Body Chamber</i>	41
5.1.2	<i>Aksesibilitas</i>	42
5.1.3	<i>Komponen Hardware Chamber</i>	43
5.1.2	<i>Container Aseton</i>	43
5.2	Tahap Realisasi	44
5.2.1	<i>Pengadaan Bahan dan Komponen</i>	44
5.2.2	<i>Machining</i>	44
5.2.3	<i>Asssembly Frame dan Body Chamber</i>	46
5.2.4	<i>Pelapisan Resin pada Chamber</i>	47
5.2.5	<i>Pengecatan dan Finishing Chamber</i>	47
5.2.6	<i>Wiring Komponen Elektrik</i>	48
5.2.7	<i>Proses Perakitan Total</i>	49
5.3	Tahap Percobaan pada <i>Chamber</i>	49
5.3.1	<i>Percobaan Penghalusan Sesuai Rancangan Awal Chamber</i>	49
5.3.2	<i>Percobaan Penghalusan Dalam Satu Ruangan</i>	50
5.4	Tahap Analisa dan Pengambilan Data	50

5.4.1 Pengurangan Volume Aseton Setelah Proses Penghalusan.....	51
5.4.2 Analisa Kekasaran Permukaan Spesimen.....	52
5.5 Pembahasan	58
BAB VI PENUTUP.....	61
6.1 Kesimpulan.....	61
6.2 Kendala Penelitian.....	62
6.3 Saran Pengembangan.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang.....	12
Tabel 3. 1 Tabel Klasifikasi Kekasaran Permukaan	26
Tabel 4. 1 Variabel Penelitian	38
Tabel 5. 1 Tabel Pengurangan Aseton Setelah Proses Penghalusan	51
Tabel 5. 2 Rata-Rata Kekasaran Spesimen Sebelum Dihaluskan	53
Tabel 5. 3 Pengujian 1 Kekasaran Variabel 10 menit	53
Tabel 5. 4 Pengujian 2 Kekasaran Variabel 10 menit	53
Tabel 5. 5 Pengujian 3 Kekasaran Variabel 10 menit	54
Tabel 5. 6 Rata-Rata Hasil Uji Kekasaran Variabel 10 Menit	54
Tabel 5. 7 Pengujian 1 Kekasaran Variabel 20 menit	54
Tabel 5. 8 Pengujian 2 Kekasaran Variabel 20 menit	55
Tabel 5. 9 Pengujian 3 Kekasaran Variabel 20 menit	55
Tabel 5. 10 Rata-Rata Hasil Uji Kekasaran Variabel 20 Menit	55
Tabel 5. 11 Pengujian 1 Kekasaran Variabel 30 menit	56
Tabel 5. 12 Pengujian 2 Kekasaran Variabel 30 menit	56
Tabel 5. 13 Pengujian 3 Kekasaran Variabel 30 menit	56
Tabel 5. 14 Rata-Rata Hasil Uji Kekasaran Variabel 30 Menit	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	<i>Layer</i> Pada Hasil Cetak 3D <i>print</i> FDM sebelum dan sesudah dihaluskan....	1
Gambar 1. 2	<i>Post processing</i> mekanis dengan metode <i>sanding</i>	2
Gambar 4. 1	Spesimen uji kubus 20x20x20mm.....	30
Gambar 4. 2	Sketsa konsep rancangan <i>chamber</i>	31
Gambar 4. 3	Mesin 3D <i>print</i> FDM.....	34
Gambar 4. 4	Filamen ABS	34
Gambar 4. 5	Peralatan <i>Benchwork</i>	35
Gambar 4. 8	<i>Flowchart</i> Penelitian	36
Gambar 5. 1	Desain 2D <i>Chamber</i>	40
Gambar 5. 2	Desain rangka 3D <i>Chamber</i>	41
Gambar 5. 3	Desain 3D <i>Chamber</i>	41
Gambar 5. 4	Pintu bagian atas <i>chamber</i>	42
Gambar 5. 5	Ruang komponen.....	43
Gambar 5. 6	<i>Container</i> Aseton.....	43
Gambar 5. 7	Pengadaan Komponen dan Bahan Baku.....	44
Gambar 5. 8	<i>Frame chamber</i>	45
Gambar 5. 9	Proses Pengelasan <i>Frame</i>	45
Gambar 5. 10	Proses <i>Laser Cutting Body Chamber</i>	46
Gambar 5. 11	Proses <i>Assembly Body</i> dengan <i>Frame</i>	46
Gambar 5. 12	Proses Pelapisan Resin Pada <i>Chamber</i>	47
Gambar 5. 13	Proses <i>Finishing Body Chamber</i> dan Pengecatan	47
Gambar 5. 14	Proses Pengecatan <i>Body</i>	48
Gambar 5. 15	Proses Perakitan Komponen Elektrik.....	48
Gambar 5. 16	Proses Perakitan Total	49
Gambar 5. 17	Percobaan Dalam Satu Ruangan	50
Gambar 5. 18	Pengukuran Volume Aseton.....	51
Gambar 5. 19	Titik Pengujian Pada Spesimen	52
Gambar 6. 1	Sketsa Rancangan <i>Chamber</i> Kedepanya	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Biaya per Pemrosesan.....	69
Lampiran 2 Tabel Biaya Total per Pemrosesan	69
Lampiran 3 Tabel Jadwal Pelaksanaan Penelitian	69
Lampiran 4 Tabel Biaya Realisasi <i>Chamber</i>	70
Lampiran 5 Tabel Ukuran Spesimen Setelah Dihaluskan.....	71
Lampiran 6 Surat Keputusan Penelitian lembar 1.....	69
Lampiran 7 Surat Keputusan Penelitian lembar 2.....	70



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi manufaktur aditif semakin berkembang seiring waktu. Terdapat berbagai jenis teknologi manufaktur aditif pada saat ini, dan salah satu yang paling sering digunakan pada saat ini adalah FDM (*fused deposition modeling*) (Dey et al., 2021). Mesin 3D printer dengan metode FDM menggunakan bahan dengan jenis filamen, filamen merupakan bahan baku dari mesin 3d *printer* FDM berbentuk benang yang nantinya akan dilelehkan dan dicetak oleh mesin. Terdapat berbagai jenis filamen yang dapat digunakan pada mesin 3D *printer* FDM, mulai dari thermoplastik umum seperti PLA (Abdullah, 2025), ABS (Nanda Kumar et al., 2024), PETG (Kumar et al., 2021), sampai filamen komposit seperti karbon, kayu, dan lain sebagainya (Deshmukh et al., 2019).

FDM memiliki arti *fused deposition modeling*, yang dimana mesin 3D *printing* dengan jenis ini akan mencetak model per lapisan. Filamen dipanaskan dan diekstrusi melalui *nozzle* dan membentuk model pada setiap lapisan hingga model terbentuk sempurna. Metode tersebut memiliki banyak keunggulan yang memberikan alasan bagi pengguna dari berbagai bidang untuk menggunakan mesin ini. Dengan keunggulan yang dimiliki mesin 3D *print* FDM, banyak peneliti sekarang beralih ke FDM untuk mempelajari proses ini secara mendalam (Wickramasinghe et al., 2020).



Gambar 1. 1 *Layer* Pada Hasil Cetak 3D *print* FDM sebelum dan sesudah dihaluskan
sumber : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images>

Pada bidang vertikal di hasil cetakan mesin 3D *printing* FDM terdapat fenomena garis atau tangga yang mempengaruhi kekasaran dan permukaan benda seperti gambar 1.1. Fenomena ini terjadi dikarenakan sistem kerja mesin 3D *printer* FDM yang mencetak tumpukan lapisan demi lapisan hingga objek terbentuk sempurna. Pada mesin 3D *print* FDM

ketebalan lapisan tidak bisa dihilangkan ataupun dibuat kurang dari puluhan mikrometer dikarenakan filamen yang diekstrusi pada mesin memiliki rentang ukuran ratusan mikrometer (Kim et al., 2018). Fenomena garis pada hasil cetakan mesin 3d *print* FDM tidak bisa dihilangkan dengan parameter mesin namun hanya bisa diminimalisir saja. Kegiatan meminimalisir fenomena garis hasil cetakan tersebut dapat dilakukan sebelum proses pencetakan dan sesudah pencetakan. Sebelum proses pencetakan, kegiatan yang dapat dilakukan adalah penyesuaian parameter ketinggian *layer* yang berpengaruh dengan tebalnya *layer* yang akan dicetak seperti; orientasi pencetakan, ketebalan *layer*, *infill*, dan lain sebagainya (Dave & Davim, n.d.). Setelah proses pencetakan selesai, kegiatan meminimalisir fenomena garis tersebut antara lain adalah; pengamplasan manual (Tasos Polygenis, 2023), penggunaan mesin *abrasive flow machine* (Dixit et al., 2021), *sandblasting* (Haidiezul et al., n.d.), dan penggunaan mesin *vibratory bowl finishing* (Dave & Davim, n.d.).



Gambar 1. 2 *Post processing* mekanis dengan metode *sanding*
sumber : <https://static.cytron.io/image/tutorial>

Selain metode mekanis terdapat juga metode dengan bahan kimia untuk menghaluskan permukaan hasil cetak mesin 3D *print* FDM. Larutan pelarut aseton sangat sering digunakan untuk menghaluskan permukaan hasil cetak mesin 3D *print* FDM khususnya hasil cetak berbahan filamen ABS. Aseton merupakan senyawa organik dengan rumus $(CH_3)_2CO$ yang termasuk dalam golongan keton, berupa cairan tidak berwarna dan, mudah menguap, serta merupakan pelarut yang sangat baik untuk berbagai senyawa organik seperti lilin, minyak, resin, dan zat warna (Jadhav et al., 2020). Aseton sering digunakan dalam upaya penghalusan permukaan hasil cetak 3D *print* FDM dikarenakan aseton merupakan senyawa organik yang aman dan murah untuk didapatkan (Pestano et al., 2022). Terdapat beberapa metode penggunaan aseton yang sudah dilakukan oleh para peneliti. Menurut Mu et al., (2020) Proses penghalusan permukaan dengan uap aseton dapat dilakukan dalam sebuah wadah tertutup dengan handuk yang telah direndam dengan aseton lalu ditempelkan pada dinding bagian

dalam, dan dibantu kipas sirkulasi guna memastikan spesimen terkena uap secara merata (Mu et al., 2020). Menurut Demircali et al., (2024) penghalusan permukaan dilakukan dalam sebuah wadah yang dapat mencegah gas keluar lalu aseton cair diubah menjadi bentuk uap dan dialirkan dalam ruangan menggunakan modul *atomizer* (Demircali et al., 2024).

Melihat permasalahan yang sering dijumpai pada hasil cetak 3D *printing* FDM, khususnya pada fenomena *stairstepping* pada bagian permukaan hasil cetak yang dapat mengurangi baik nilai estetika maupun fungsionalnya, penelitian ini dapat menjadi sebuah solusi yang inovatif. Dibandingkan dengan metode penghalusan permukaan hasil cetak 3D *printing* FDM menggunakan bahan abrasif seperti amplas, metode penghalusan dengan uap aseton ini dapat memberi hasil yang lebih baik dan lebih merata terutama pada bagian hasil cetak yang tidak memungkinkan dijangkau saat dihaluskan menggunakan media abrasif. Penelitian ini diharapkan dapat memfasilitasi para pengguna maupun pelaku industri 3D *printing* FDM. Dengan penelitian ini akan didapatkan hasil cetak 3D *printing* yang lebih halus dan meningkatkan estetika dari hasil cetak tersebut. Dengan hasil permukaan yang lebih halus dan menarik, maka hal ini juga dapat meningkatkan daya saing dan nilai jual bagi para pelaku bisnis 3D *printing* FDM.

Penghalusan permukaan perlu dilakukan pada objek *printing* ABS dengan uap aseton, dibutuhkan sebuah alat yang mampu membuat objek *printing* ABS terpapar oleh uap aseton. Paparan uap aseton tidak secara langsung diberikan pada objek *printing*, namun dibutuhkan juga kerataan dan takaran yang tepat untuk mendapatkan kehalusan pada permukaan objek *printing* yang maksimal. Mayoritas pengguna 3D printer yang melakukan penghalusan permukaan objek *printing* ABS membuat sebuah alat secara manual dengan peralatan seadanya dan metode yang seadanya seperti menguapkan aseton dari kain yang sudah direndam aseton sebelumnya (Gao et al., 2017). Penggunaan parameter ataupun metode yang kurang tepat, berakibat kurang maksimalnya penghalusan permukaan hasil cetak. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat mengolah permukaan objek *printing* ABS dengan uap aseton. Sehingga tujuan dari tugas akhir ini adalah mendapatkan rancangan *chamber* penghalus permukaan hasil cetak 3D *printing* berbasis aseton serta mengetahui kemampuan dari *chamber* tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan tersebut, maka perumusan masalah dalam pembuatan perencanaan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana rancangan *chamber* penghalus permukaan hasil cetak 3D *printing* berbasis aseton ?
2. Bagaimana prototipe dari rancangan *chamber* penghalus permukaan hasil cetak 3D *printing* berbasis aseton ?
3. Bagaimana kemampuan rancangan *chamber* penghalus permukaan hasil cetak 3D *printing* berbasis aseton ?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan rancangan *chamber* penghalus permukaan hasil cetak 3D *printing* berbasis aseton.
2. Membuat prototipe *chamber* penghalus permukaan hasil cetak 3D *printing* berbasis aseton berdasarkan rancangan yang sudah dibuat.
3. Mengetahui kemampuan *chamber* penghalus permukaan hasil cetak 3D *printing* berbasis aseton.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan sebuah rancangan *chamber* yang berfungsi untuk menghaluskan permukaan hasil cetak 3D *print*.
2. Mendapatkan prototipe *chamber* penghalus permukaan hasil cetak 3D *printing* berbasis aseton yang berfungsi.
3. Memberikan informasi terkait kemampuan *chamber* penghalus permukaan hasil cetak 3D *printing* berbasis aseton.
4. Memberi informasi terkait rancangan *chamber* penghalus permukaan hasil cetak 3D *printing* berbasis aseton untuk dikembangkan kedepannya.

Target luaran yang hendak penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Hasil Luaran Penelitian

No.	Target Luaran	Status
1	Desain dan analisis Perancangan dan Analisis <i>Chamber</i> Penghalus Permukaan Hasil 3D <i>Printing Filament</i> Berbasis Aseton.	✓
2	Laporan hasil penelitian yang akan disimpan di LPPM dan Perpustakaan	✓
3	Draft artikel yang akan disimpan di perpustakaan	✓



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini terdapat penelitian yang terkait dengan upaya penghalusan hasil cetak 3D *print* FDM, berikut beberapa penelitian terdahulu:

2.1.1 Penelitian Terkait Permukaan Hasil 3D *Printing* Berbasis ABS

Pestano et al, (2022) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa penelitian lainnya telah melakukan pengujian permukaan akhir komponen ABS dengan menggunakan aseton, tetapi parameter proses dan efek penguraian belum sepenuhnya diselidiki dalam literatur tersebut. Penelitian yang dilakukan Pestano et al, (2022) menitik beratkan penyelidikan terhadap efek proses penghalusan uap aseton pada permukaan akhir dan akurasi geometris dari model deposisi menyatu pada komponen ABS. Spesimen dengan geometri yang berbeda dibuat dan dicetak menggunakan dua arah dalam skala yang berbeda. Bagian-bagian tersebut terpapar uap aseton selama 20, 30, dan 40 menit. Peta deviasi 3D, kekasaran dan analisis mikroskopis dilakukan. Efek tangga berkurang pada beberapa penyimpangan geometris, yang bervariasi menurut waktu pemaparan dan orientasi bagian. Proses penghalusan yang diterapkan pada permukaan datar terbukti cukup efektif dalam mengurangi kekasaran hingga 90%, namun demikian, penghalusan ini menyebabkan pembulatan yang tidak diinginkan pada bagian tepi yang tajam. Hasil yang diperoleh dalam studi ini konsisten dengan yang ditemukan dalam literatur dan dapat membantu meningkatkan kualitas komponen cetakan ABS (Pestano et al., 2022).

Kesvarakul et al, (2019) dalam penelitiannya menyebutkan pengaruh printer berbiaya rendah mengakibatkan buruknya kualitas tekstur permukaan, ketidakakuratan dimensi bagian fabrikasi, batas domainnya, semua masalah yang sering terjadi pada aplikasi industri presisi. Melalui penelitiannya, pada awal model *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) berbasis FDM telah difabrikasi. Pada tahap pasca pemrosesan, uap aseton telah diterapkan pada spesimen. Kemudian, perubahan pada permukaan akhir dan kekasaran permukaan telah diselidiki. Penelitian ini menyoroti bahwa pasca pemrosesan spesimen ABS dengan perlakuan uap aseton menghasilkan peningkatan permukaan akhir yang dramatis (Kesvarakul & Limpadapun, 2019).

Wickramasinghe et al, (2020) dalam penelitian menyebutkan perkembangan metode manufaktur aditif sangat berkembang pesat khususnya digunakan untuk memperkuat komposit yang diperkuat dengan serat (FRC). Fokus dari penelitian ini adalah mempelajari

dampak dari hasil cacat terhadap kinerja mekanik FRC dan mendiskusikan metode perawatan yang tersedia untuk menghilangkan atau meminimalisir guna meningkatkan sifat fungsional bagian yang dicetak. Karena FRC merupakan bagian kombinasi dari bahan matriks polimer dan serat penguat kontiniu atau pendek, penelitian ini akan secara menyeluruh membahas baik polimer termoplastik maupun FRC yang dicetak menggunakan teknologi FDM, termasuk efek dari parameter pencetakan seperti ketebalan lapisan, pola isi, sudut raster, dan orientasi serat. Cacat paling umum pada bagian yang dicetak, terutama pembentukan rongga, kekasaran permukaan, dan ikatan yang buruk antara serat dan matriks, akan dieksplorasi. Studi ini juga memberikan pembahasan menyeluruh tentang efektivitas perawatan kimia, laser, panas, dan ultrasonik dalam meminimalkan kelemahan-kelemahan ini (Wickramasinghe et al., 2020).

2.1.2 Penelitian terkait efek penggunaan uap terhadap kekuatan hasil dari 3D printing.

Dermicali et al, (2023) dalam penelitiannya mencoba menggunakan uap aseton dingin dalam proses penghalusan permukaan. Di dalam pengujian ini, mereka meneliti efek dari uap aseton yang dingin dengan memperhatikan banyak faktor diantaranya suhu, volume pelarut dan durasi paparan terhadap kekuatan tarik, dimensi fisik dan massa sampel ABS. Setelah pemrosesan menggunakan aseton yang ternyata membuat peningkatan kekuatan tarik yang dipengaruhi oleh durasi perlakuan dan suhu yang memicu perubahan dimensi seperti perubahan kecil terhadap pengurangan panjang dan penambahan lebar dan ketebalan *sample*. Selanjutnya masa dari *sample* menunjukkan variabilitas terhadap formula perlakuan aseton yang dimana dipengaruhi oleh suhu sekitar dan durasi paparan pelarut. Kekuatan tarik telah dinilai dibawah kondisi yang beragam, menunjukkan perubahan yang signifikan di suhu yang tinggi dan waktu paparan yang lama. Hasilnya menunjukkan permukaan yang lebih halus dan peningkatan kekuatan tarik sampai 20% di suhu 65°C (Demircali et al., 2024).

Juneja et al, (2022) di dalam penelitiannya memfokuskan pada pengeboran jet uap kimia pada material *akrilonitril butadiena stirena* (ABS). Material ABS sangat mudah dikerjakan dan dapat didaur ulang untuk penggunaan lebih lanjut. Penelitian ini berfokus pada penggunaan aseton sebagai bahan kimia untuk pengeboran. Kekasaran permukaan dan kebulatan lubang yang dibor diperhitungkan dalam penelitian ini. Juneja et al, (2022) melakukan eksperimen manual untuk menjalankan pengujian dan mendapatkan hasil. Mesin jet uap dirancang dengan aseton sebagai bahan inti uapnya. Berbagai analisis juga

diformulasikan dan dilakukan selama eksperimen. Analisis kekasaran permukaan memberikan wawasan tentang kekasaran setelah pemrosesan dengan bantuan semprotan jet uap aseton. Parameter gambar SEM dan mikro juga dipertimbangkan untuk laporan yang lebih jelas dan baik (Juneja et al., 2022).

Dalam penelitian ini, analisis DSC dan FTIR dilakukan untuk memahami perubahan dalam struktur internal dan sifat material ABS. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki efek dari berbagai parameter pemrosesan masukan seperti tekanan, laju aliran, dan jarak berdiri terhadap kekasaran permukaan dan kebulatan material benda kerja ABS. Desain *array orthogonal L9 Taguchi* digunakan untuk melakukan pengujian dengan pengeboran jet uap kimia menggunakan aseton dan mengevaluasi kinerja sistem sekaligus mengurangi pengaruh faktor yang mengganggu guna memberikan hasil akhir permukaan dan kebulatan yang andal. Hasil dan kesimpulan penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter yang paling sesuai (Juneja et al., 2022).

Xu et al, (2019) dalam penelitian menyebutkan *akrilonitril butadiena stirena* (ABS) yang dibuat menggunakan metode *fused deposition modeling* (FDM) biasanya memiliki permukaan kasar akibat efek bertingkat. Metode penghalus menggunakan uap memberikan tampilan halus dan mengkilap pada bagian ABS, tetapi pelarut organik seperti aseton dapat berbahaya bagi operator. Penelitian ini mengusulkan desain penghalus menggunakan uap dengan mekanisme penyerapan uap aseton untuk mencegah kebocoran uap ke lingkungan luar selama proses pelicinan. Solusi ini menggunakan air, yang secara teknis dan ekonomis efektif. Desain ini juga mencakup inovasi lain seperti desain modular dan metode pemanasan induksi. Manfaat dari desain ini meliputi ramah lingkungan, hemat biaya, hemat energi, dan mudah digunakan. Model skala penuh dibuat untuk mengilustrasikan tata letak desain, dan eksperimen verifikasi dilakukan dengan prototipe miniatur (Xu et al., 2019).

Rosa Mae et al, (2023) dalam penelitian menyebutkan pada proses pencetakan 3D menggunakan metode manufaktur aditif yang mengubah desain digital menjadi produk fisik. Proses ini terkadang memerlukan pasca-pemrosesan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanis komponen cetak. Salah satu teknik yang digunakan adalah penghalusan dengan metode uap aseton, yang efektif untuk menghaluskan permukaan komponen berbahan *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS). Sebelumnya, perangkat pemolesan uap berbasis pembuat kabut telah dikembangkan di *Bataan Peninsula State University*. Penelitian ini mengembangkan perangkat pemolesan uap yang dioptimalkan dengan memanfaatkan koil

nichrome berinsulasi sebagai elemen pemanas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat ini mampu menghasilkan penguapan aseton yang lebih halus dan bertahap, meningkatkan keakuratan dimensi, kehalusan permukaan, kekuatan tarik, serta ketahanan benturan spesimen cetak 3D berbahan ABS. Semua pengujian menunjukkan bahwa pemrosesan ulang dengan perangkat yang dioptimalkan ini meningkatkan sifat fisik dan mekanis dari spesimen yang dipoles dibandingkan dengan spesimen yang tidak dipoles (Baluyut et al., 2023).

Gache et al, (2023) Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan pengujian perangkat *vapor polishing* untuk memperbaiki permukaan dan sifat mekanis bagian hasil cetak 3D berbahan *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS). Metode *vapor polishing* menggunakan uap aseton bertujuan memberikan hasil akhir yang lebih halus dan konsisten pada permukaan cetakan. Efektivitas perangkat diuji melalui evaluasi kekasaran permukaan, akurasi dimensi, dan kekuatan tarik spesimen hasil cetakan sebelum dan sesudah dipoles. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan perangkat ini secara signifikan mengurangi kekasaran permukaan, mempertahankan dimensi spesimen, serta meningkatkan kekuatan tarik. Perangkat ini menawarkan prosedur pemolesan standar yang aman dan efektif untuk penggunaan di laboratorium (Gache et al., n.d.).

Amal Matthew et al, (2023) penelitian ini merupakan tinjauan kritis tentang teknik *polishing* uap (*vapour polishing*) untuk meningkatkan kualitas permukaan dan sifat mekanis bagian yang dicetak menggunakan metode *fused deposition modelling* (FDM). Permukaan hasil cetakan FDM sering kali memiliki kekasaran akibat efek tangga dan delaminasi yang muncul selama proses pencetakan. Untuk mengatasi masalah ini, digunakan teknik pra-pemrosesan seperti mengoptimalkan orientasi lapisan dan ketebalan, serta teknik pasca-pemrosesan yang meliputi metode mekanis, kimia, termal, dan hibrida. Artikel ini mengeksplorasi teknik *polishing* uap, membahas kelebihan dan kekurangannya, serta mengevaluasi perubahan sifat mekanis setelah proses *polishing*. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji perkembangan pencetakan 3D pada bahan termoset dan komposit serta teknik *post-processing* yang relevan (Mathew et al., 2023).

2.1.3 Penelitian terkait desain dan pengembangan chamber uap terhadap hasil 3D printing bahan ABS.

Xu et al, (2019) dalam penelitian menyebutkan *akrilonitril butadiena stirena* (ABS) yang dibuat menggunakan metode *fused deposition modeling* (FDM) biasanya memiliki

permukaan kasar akibat efek bertingkat. Metode penghalus menggunakan uap memberikan tampilan halus dan mengkilap pada bagian ABS, tetapi pelarut organik seperti aseton dapat berbahaya bagi operator. Penelitian ini mengusulkan desain penghalus menggunakan uap dengan mekanisme penyerapan uap aseton untuk mencegah kebocoran uap ke lingkungan luar selama proses pelicinan. Solusi ini menggunakan air, yang secara teknis dan ekonomis efektif. Desain ini juga mencakup inovasi lain seperti desain modular dan metode pemanasan induksi. Manfaat dari desain ini meliputi ramah lingkungan, hemat biaya, hemat energi, dan mudah digunakan. Model skala penuh dibuat untuk mengilustrasikan tata letak desain, dan eksperimen verifikasi dilakukan dengan prototipe miniatur (Xu et al., 2019).

Rosa Mae et al, (2023) dalam penelitian menyebutkan pada proses pencetakan 3D menggunakan metode manufaktur aditif yang mengubah desain digital menjadi produk fisik. Proses ini terkadang memerlukan pasca- pemrosesan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanis komponen cetak. Salah satu teknik yang digunakan adalah penghalusan dengan metode uap aseton, yang efektif untuk menghaluskan permukaan komponen berbahan *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS). Sebelumnya, perangkat pemolesan uap berbasis pembuat kabut telah dikembangkan di *Bataan Peninsula State University*. Penelitian ini mengembangkan perangkat pemolesan uap yang dioptimalkan dengan memanfaatkan koil *nichrome* berinsulasi sebagai elemen pemanas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat ini mampu menghasilkan penguapan aseton yang lebih halus dan bertahap, meningkatkan keakuratan dimensi, kehalusan permukaan, kekuatan tarik, serta ketahanan benturan spesimen cetak 3D berbahan ABS. Semua pengujian menunjukkan bahwa pemrosesan ulang dengan perangkat yang dioptimalkan ini meningkatkan sifat fisik dan mekanis dari spesimen yang dipoles dibandingkan dengan spesimen yang tidak dipoles (Baluyut et al., 2023).

2.1.4 Penelitian terkait parameter penggunaan uap terhadap hasil 3D

***printing* bahan ABS**

Chohan et al, (2020) penelitian ini berfokus pada optimasi proses *Fused Deposition Modeling* (FDM) dan teknik *finishing* kimia menggunakan uap aseton bercampur udara panas untuk meningkatkan kualitas permukaan komponen plastik ABS yang dicetak dengan FDM. Permukaan komponen FDM sering mengalami kekasaran akibat sifat lapisan bertingkat, yang dapat mengurangi daya guna dan estetika. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh sudut orientasi, suhu *finishing*, dan waktu *finishing* terhadap kualitas permukaan,

kekuatan tarik, dan penambahan berat komponen. Analisis *Taguchi* dan ANOVA digunakan untuk mengidentifikasi parameter yang signifikan, sedangkan optimasi multi-kriteria dilakukan dengan metode TOPSIS untuk menentukan kombinasi parameter terbaik. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan suhu memperbaiki hasil akhir permukaan karena lapisan atas mencair dan mengalir lebih baik, sementara sudut orientasi 0° memberikan kekuatan tarik maksimum. Penelitian ini menghasilkan parameter optimal untuk meningkatkan kualitas dan kekuatan komponen FDM yang dapat diterapkan dalam produksi massal dan aplikasi akhir (Chohan et al., 2020).

2.2 Penelitian Sekarang

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, masih terbuka peluang untuk melakukan penelitian tentang perancangan serta penggunaan *chamber* untuk proses penghalusan bagian dari hasil cetak menggunakan 3D *printing* dengan material ABS. Ringkasan hasil penelitian terdahulu dan posisi penelitian sekarang terlihat pada tabel 2. 1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

No	Peneliti	Tahun	Metode Penelitian	Point Penelitian yang diteliti					Hasil
				Proses Design Chamber	Pembuatan Prototype Chamber	Kehalusan Permukaan	Parameter Chamber	Perubahan kekuatan	
1	Pestano et al	2022	Analisis peta deviasi 3D, pengukuran kekasaran, analisis mikroskopik			✓			• Hasil permukaan yang kasar berkurang 90%, dengan efek samping sisi tepi menjadi rounded sebesar 0.2 mm.
2	Kesvarakul et al	2019	Eksperimen dengan rancangan faktorial penuh (3^3 factorial design), menguji pengaruh area permukaan, waktu, dan volume aseton			✓	✓		• Kuantitas aseton tidak boleh digunakan kurang dari 15000 mm³ berpengaruh pada kekasaran permukaan • Efek luas permukaan dan periode waktu tidak berpengaruh secara signifikan satu sama lain
3	Wickramasinghe et al	2018	Metode memperkuat komposit yang diperkuat dengan serat (FRC).					✓	• Jenis komposit yang diperkuat serat, diketahui bahwa kegagalan umumnya terjadi karena tertariknya serat (fiber pull out), putusnya serat, dan terlepasnya ikatan (debonding).

No	Peneliti	Tahun	Metode Penelitian	Point Penelitian yang diteliti					Hasil
				Proses Design Chamber	Pembuatan Prototype Chamber	Kehalusan Permukaan	Parameter Chamber	Perubahan kekuatan	
4	Demircali et al	2023	Metode pengolahan pasca-produksi menggunakan perlakuan uap dingin dengan pelarut kimia (aseton, MEK, kloroform)					✓	• Peningkatan masa dari sample yang disebabkan perlakuan menggunakan aseton. • Aseton memiliki tingkat efektivitas penguatan struktur ikatan di dalam ABS yang lebih tinggi daripada Metil Etil Keton (MEK)
5	Juneja et al	2022	Desain eksperimen Taguchi L9, analisis SEM, DSC, FTIR			✓	✓		• Tekanan uap yang lebih rendah (3 bar) dengan pengaturan sedang pada laju aliran (16 mL/menit) dan jarak 2,5 mm menghasilkan hasil akhir permukaan yang lebih baik. • Lamanya perlakuan dengan aseton meningkatkan kualitas dan efisiensi pengeboran. Semakin lama permukaan terpapar aseton, semakin banyak

No	Peneliti	Tahun	Metode Penelitian	Point Penelitian yang diteliti					Hasil
				Proses Design Chamber	Pembuatan Prototype Chamber	Kehalusan Permukaan	Parameter Chamber	Perubahan kekuatan	
									material yang tereliminasi dan semakin halus permukaannya.
6	Kaiwen Xu et al	2019	Desain modular, pemanasan induksi, dan mekanisme penyerapan berbasis air	✓	✓				Hasil dari eksperimen prototipe menunjukkan bahwa sistem perataan dan sistem penyerapan uap aseton berfungsi dengan baik.
7	Rosa Mae et al	2023	Metode pemolesan uap aseton menggunakan koil nichrome berinsulasi sebagai elemen pemanas untuk meningkatkan akurasi dimensi, kehalusan permukaan, kekuatan tarik, dan ketahanan benturan ABS hasil cetak 3D	✓	✓			✓	- Prototipe yang dibuat dapat menghaluskan permukaan bagian cetakan 3D tanpa mengubah akurasi dimensi secara keseluruhan. - Uji tarik mengungkapkan bahwa elastisitas spesimen yang telah dipoles meningkat secara signifikan, sedangkan uji impak menunjukkan bahwa spesimen yang telah dipoles mampu

No	Peneliti	Tahun	Metode Penelitian	Point Penelitian yang diteliti					Hasil
				Proses Design Chamber	Pembuatan Prototype Chamber	Kehalusan Permukaan	Parameter Chamber	Perubahan kekuatan	
									menyerap benturan dari bandul ayun lebih baik dibandingkan dengan spesimen yang belum dipoles.
8	Gache et al	2022	Metode vapor polishing dengan perangkat baru dan evaluasi eksperimental.			✓		✓	• Spesimen memiliki akurasi dimensi +/- 0.2mm dan volume ~ 2.5% • Hasil uji tarik menyimpulkan bahwa ada peningkatan kekuatan akibat lelehan yang melapis pori-pori dari material ABS
9	Amal Matthew et al.	2023	<i>Polishing uap kimia menggunakan aseton dan THF (Tetrahydrofuran) pada ABS dan PLA</i>			✓	✓	✓	• Waktu paparan terbukti menjadi faktor kritis yang memengaruhi berbagai sifat (secara negatif) seperti kekuatan tarik, modulus simpan, dan modulus elastis. • Hot vapor polishing adalah proses yang paling

No	Peneliti	Tahun	Metode Penelitian	Point Penelitian yang diteliti					Hasil
				Proses Design Chamber	Pembuatan Prototype Chamber	Kehalusan Permukaan	Parameter Chamber	Perubahan kekuatan	
									efektif karena memerlukan waktu yang lebih singkat dibandingkan teknik pemolesan lainnya untuk bagian cetak 3D.
10	Choban et al	2020	Metode Taguchi, ANOVA, dan TOPSIS untuk analisis parameter proses dan optimasi multi-kriteria.				✓	✓	- Suhu pemolesan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil akhir permukaan, sementara sudut orientasi dan durasi pemrosesan merupakan parameter yang penting masing- masing terhadap kekuatan tarik dan berat bagian FDM. - Sudut orientasi 0° menghasilkan kekuatan tarik tertinggi karena lapisan dicetak dalam bidang <i>horizontal</i>. Selain itu, durasi paparan yang lebih lama menyebabkan kenaikan berat permanen karena peningkatan penyerapan uap.

No	Peneliti	Tahun	Metode Penelitian	Point Penelitian yang diteliti					Hasil
				Proses Design Chamber	Pembuatan Prototype Chamber	Kehalusan Permukaan	Parameter Chamber	Perubahan kekuatan	
11	Penelitian sekarang	2025	Studi Eksperimen untuk menganalisa kemampuan rancangan <i>chamber</i> .	✓	✓	✓	✓		Rancangan, prototipe, dan Analisa kemampuan Chamber Penghalus Permukaan 3D Printing <i>Filament</i> Berbasis Aseton



BAB III

DASAR TEORI

3.1 Filamen 3D Printing FDM

Fused Deposition Modeling adalah salah satu teknik *Additive Manufacturing* yang paling populer karena kemudahan penggunaannya serta ketersediaan berbagai jenis material yang dapat dicetak. Teknologi ini menggunakan filamen termoplastik yang dilelehkan dan diekstrusi melalui *nozzle* panas untuk membentuk objek secara bertahap lapis demi lapis (Acierno & Patti, 2023). Pemilihan jenis filamen dalam proses FDM sangat penting karena mempengaruhi kualitas cetak, kekuatan mekanik, ketahanan termal, serta konsistensi ukuran hasil cetak. Filamen yang digunakan dalam FDM dapat dikategorikan ke dalam dua kelompok utama, yaitu polimer murni dan komposit. Filamen berbasis polimer murni seperti PLA (Mwema & Akinlabi, 2020), ABS (Kristiawan et al., 2021a), PETG (Acierno & Patti, 2023), TPU (Stratasys, 2021), dan *Nylon* (Mazzanti et al., 2019) adalah yang paling umum digunakan dalam industri. Sementara itu, filamen komposit dibuat dengan menambahkan bahan tambahan sebagai penguat seperti serat karbon, logam, atau serat alami untuk meningkatkan sifat mekanik atau estetika hasil cetak (Kristiawan et al., 2021a).

3.2 Filamen *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS)

ABS merupakan filamen yang memiliki ketahanan mekanik tinggi, afleksibilitas yang lebih baik dibandingkan PLA, serta tahan terhadap suhu yang lebih tinggi (Mazzanti et al., 2019). ABS cukup sering digunakan dalam industri otomotif dan elektronik karena dapat menghasilkan produk dengan daya tahan yang baik terhadap benturan dan tidak mudah deformasi (Stratasys, 2019). Namun, dalam proses pencetakan, ABS memerlukan suhu *bed* yang tinggi untuk mencegah terjadinya *warping* dan ABS juga menghasilkan emisi senyawa organik volatil (VOC) yang memerlukan *enclosure* yang baik selama pencetakan (Kristiawan et al., 2021b).

3.3 Aseton

Aseton merupakan senyawa organik yang termasuk dalam kelompok keton, ditandai dengan keberadaan gugus karbonil yang terikat pada dua gugus hidrokarbon (Badro, 2022.). Senyawa ini berbentuk cairan tidak berwarna, volatil, mudah terbakar, serta memiliki bau khas yang sedikit aromatik. Aseton memiliki titik leleh pada $-95,4^{\circ}\text{C}$ dan titik didih pada $56,53^{\circ}\text{C}$, aseton juga dapat larut dalam air dalam semua perbandingan dan juga dapat bercampur dengan sebagian besar pelarut organik lainnya (Raheem et al., 2022). Dalam dunia industri, aseton memiliki peran penting sebagai pelarut polar aprotik yang banyak digunakan dalam berbagai

reaksi organik. Sifatnya yang tidak membentuk azeotrop dengan air menjadikannya pilihan utama dalam laboratorium kimia (Chakraborty & Mohapatra, 2020). Selain itu, aseton juga banyak dimanfaatkan dalam industri kosmetik, medis, serta sebagai komponen dalam bahan tambahan makanan dan kemasan makanan (Loos et al., 2008).

Aseton dapat diaplikasikan pada banyak bidang industri. Dalam industri kimia, aseton digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan senyawa lain, seperti bisfenol A, metil metakrilat, dan metil isobutil keton (Badro, 2022). Selain itu, aseton sering digunakan dalam industri pelapis, plastik, serta sebagai bahan pelarut dalam produksi cat, resin, dan polimer (Loos et al., 2008). Dalam bidang medis, aseton digunakan sebagai antiseptik dan dalam pembuatan obat-obatan tertentu. Dalam industri kosmetik, aseton sering digunakan sebagai penghapus cat kuku karena kemampuan aseton dalam melarutkan resin dan polimer yang ada pada cat kuku (Chakraborty & Mohapatra, 2020).

Meskipun aseton tergolong dalam senyawa organik volatil (VOC) dengan tingkat *toxic* yang rendah, namun penggunaan dalam jumlah besar tetap memerlukan perhatian khusus. Aseton memiliki sifat mudah menguap dan dapat menimbulkan iritasi jika terhirup dalam konsentrasi tinggi (Raheem et al., 2022). Selain itu, sifatnya yang mudah terbakar menjadikannya bahan yang harus disimpan dan ditangani dengan hati-hati untuk menghindari risiko kebakaran atau ledakan. Dalam konteks lingkungan, aseton bersifat mudah terurai secara alami dan memiliki dampak yang tidak terlalu buruk terhadap ekosistem jika dilepaskan dalam jumlah terbatas. Namun, penggunaan aseton dalam industri harus tetap dikontrol untuk mengurangi pencemaran udara (Sauer, 2016).

3.4 Metode Penghalusan Permukaan Hasil Cetak 3D FDM

Permukaan hasil cetak 3D menggunakan metode *Fused Deposition Modeling* (FDM) sering kali memiliki kekasaran akibat efek *stair-stepping*, yang disebabkan oleh proses pencetakan berbasis lapisan (Dave & Davim, 2021). Oleh karena itu, berbagai teknik *post-processing* digunakan untuk meningkatkan kualitas permukaan, baik melalui metode mekanis maupun kimiawi. Terdapat dua jenis metode yang dilakukan dalam upaya menghaluskan permukaan hasil cetak 3D *print* FDM, yaitu metode mekanis dan metode kimiawi.

3.4.1 Metode Mekanis

Metode mekanis merupakan upaya dalam mengolah permukaan 3D *print* FDM dengan cara mengikis atau meratakan permukaan dengan berbagai teknik, seperti :

1. *Sanding*

Proses ini dilakukan menggunakan kertas amplas dengan berbagai tingkat kehalusannya untuk meratakan permukaan hasil cetak dengan cara mengikis permukaan hasil cetak dengan permukaan abrasif kertas amplas. *Sanding* secara manual merupakan metode sederhana namun membutuhkan waktu yang lama serta keterampilan yang baik untuk menghindari deformasi pada komponen (Haidiezul et al., 2024).

2. *Abrasive Flow Machining (AFM)*

AFM merupakan metode penghalusan menggunakan aliran media abrasif untuk menghaluskan permukaan bagian dalam dan luar suatu komponen. Teknik ini efektif untuk bagian dengan geometri kompleks yang sulit dijangkau oleh metode lain (Dixit et al., 2021).

3. *Sandblasting*

Sandblasting menggunakan partikel abrasif, seperti aluminium oksida atau garnet, yang disemprotkan dengan tekanan tinggi untuk mengikis permukaan. Metode ini dapat mengurangi kekasaran secara signifikan, tetapi juga dapat mengurangi ketebalan komponen jika tidak dikontrol dengan baik (KARTAL & KAPTAN, 2024).

4. *Vibratory Tumbling*

Teknik ini melibatkan penggunaan partikel abrasif yang akan digetarkan di sebuah wadah untuk mengikis permukaan hasil cetak. Penelitian menunjukkan bahwa dengan waktu pemrosesan yang optimal, *vibratory tumbling* dapat mengurangi kekasaran permukaan hingga 60% tanpa merusak dimensi komponen (KARTAL & KAPTAN, 2024).

5. *CNC Machining*

CNC digunakan untuk memperhalus permukaan hasil cetak dengan akurasi tinggi. Meskipun efektif dan menghasilkan hasil yang baik, metode ini memerlukan peralatan tambahan seperti *tool-tool* khusus serta pemrograman yang lebih kompleks untuk mengerjakannya (Haidiezul et al., 2024).

3.4.2 Metode Kimiawi

Metode kimiawi memiliki tujuan yang sama seperti metode mekanis yaitu menghaluskan permukaan hasil cetak 3D *print* FDM. Namun metode kimiawi memiliki prinsip kerja mengisi celah garis pada permukaan sehingga permukaan terlihat lebih halus. Beberapa metode yang umum yang digunakan antara lain :

1. *Spray Coating dan Gap Filling*

Lapisan tambahan dapat diterapkan dalam tujuan untuk mengisi celah dan menghaluskan permukaan hasil cetak, seperti penggunaan *epoxy*, cat, atau pelapis berbasis polimer. Teknik ini sering digunakan dalam industri untuk meningkatkan tampilan estetika dan ketahanan terhadap lingkungan (Haidiezul et al., 2024).

2. *Pencelupan Aseton*

Dalam metode ini, hasil cetak mesin 3D *print* FDM direndam dalam larutan aseton untuk waktu tertentu. Aseton bekerja dengan cara melarutkan permukaan luar, menghilangkan efek garis pada permukaan hasil cetak dan membuat permukaan menjadi lebih halus. Terdapat resiko pada teknik ini, dikarenakan jika hasil cetak direndam terlalu lama hasil cetak bisa mengalami deformasi (Dave & Davim, 2021).

3. Uap Aseton

Teknik penghalusan permukaan hasil cetak menggunakan uap aseton dapat dilakukan dengan memaparkan uap aseton pada permukaan hasil cetak secara merata. Uap aseton yang melapisi permukaan akan melunakan permukaan hasil cetak sehingga mengurangi kekasaran pada permukaan (Mu et al., 2020).

3.5 *Material Chamber*

Dalam perancangan *chamber* ini, dibutuhkan material yang mampu tahan dengan paparan aseton. Mengingat basis dari metode penghalusan material yang akan diterapkan adalah memanfaatkan uap aseton. Maka material yang dibutuhkan untuk menyusun *chamber* ini harus bisa tahan terhadap paparan aseton dan tidak mengalami kerusakan setelah terpapar aseton.

3.5.1. Kaca

Kaca adalah material anorganik non-kristalin yang tersusun terutama dari silika, serta senyawa lain seperti soda *ash*, dan kalsium karbonat, yang memberikan sifat transparansi optik tinggi serta ketahanan mekanik yang baik (Neuville, 2022). Struktur amorf kaca membuatnya memiliki sifat fisik yang unik, termasuk kekerasan tinggi dan ketahanan terhadap berbagai zat kimia (Hartwell et al., 2022). Dalam aplikasi industri, kaca banyak digunakan sebagai material pelapis dan substrat karena sifatnya yang tahan terhadap sebagian besar bahan kimia, kecuali beberapa pelarut tertentu yang dapat mempengaruhi permukaannya (Jahava et al., 2023).

Kaca secara umum memiliki ketahanan kimia yang sangat baik terhadap aseton dalam kondisi normal. Namun, jika kaca memiliki lapisan tambahan, seperti pelapis polimer atau bahan nanopartikel, interaksi dengan aseton dapat menyebabkan perubahan

sifat optik dan fisik. Penelitian menunjukkan bahwa aseton dapat mempengaruhi indeks bias kaca yang dilapisi polimer, yang berakibat pada perubahan transmisi cahaya serta sensitivitas sensor berbasis kaca (Jahava et al., 2023). Berdasarkan informasi dari penelitian terdahulu, bisa diambil kesimpulan bahwa penggunaan kaca sebagai *chamber* aseton bisa dipertimbangkan. Kaca dengan kondisi normal memiliki ketahanan yang baik dan dapat terpapar aseton tanpa terjadi deformasi ataupun reaksi kimia yang bisa menghambat proses penghalusan permukaan hasil cetak 3D *print* FDM.

3.5.2. *Epoxy Resin*

Epoxy resin adalah jenis polimer dengan jenis termoset yang terbentuk dari reaksi antara resin epoksi dan pengeras, umumnya epoksi resin berbasis amina. Struktur kimia epoksi yang terdiri dari gugus epoksida ($-\text{CH}(\text{O})\text{CH}_2-$) memberikan kemampuan untuk membentuk jaringan silang (*cross-linked network*) yang kuat melalui proses *curing*, menghasilkan material dengan sifat mekanik dan kimia yang memiliki banyak keunggulan (Othman et al., 2022).

Epoksi memiliki sifat adhesi yang sangat baik terhadap berbagai jenis permukaan. Selain itu epoksi juga memiliki sifat ketahanan terhadap suhu, air, dan lingkungan yang korosif. Hal ini menjadikannya sangat populer untuk aplikasi pelapisan, perekat, dan komposit struktural (Huang et al., 2023). Selain itu, epoksi juga menunjukkan stabilitas termal dan listrik yang tinggi, serta mampu mempertahankan kekuatan strukturalnya dalam jangka panjang (Anwar & Li, 2024). Namun, sifat termoset dari *epoxy* menjadikannya kaku dan rapuh setelah *curing*, sehingga dalam pengaplikasian tertentu diperlukan modifikasi dengan bahan lain seperti silikon atau elastomer untuk meningkatkan sifat ketangguhan dan fleksibilitas material (Huang et al., 2023).

3.5.3. *PVC (Polyvinyl Chloride)*

Polyvinyl chloride (PVC) merupakan salah satu jenis polimer termoplastik yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri dikarenakan karakteristiknya yang serbaguna seperti, tahan terhadap bahan kimia, serta memiliki kekuatan mekanik yang baik. PVC dibentuk melalui proses polimerisasi monomer vinil klorida dan PVC tersedia dalam dua bentuk utama, yaitu rigid (uPVC) dan *plasticized* (pPVC). Hal ini tergantung pada penambahan *plasticizer* dalam proses pembuatannya (Wilkes et al., 2005).

Secara struktur PVC memiliki sifat tahan api secara alami, kestabilan kimia, dan dapat disesuaikan kekakuan maupun fleksibilitasnya dengan penambahan berbagai zat

aditif, seperti *stabilizer*, *plasticizer*, dan *fillers* (Wilkes et al., 2005). Dalam pengaplikasiannya PVC sangat sering digunakan dalam pembuatan pipa, *fitting*, lantai, ubin, kabel listrik, dan komponen-komponen otomotif karena ketahanannya terhadap kelembaban dan korosi (Ademola et al., 2025). Selain unggul dalam aspek mekanik dan ketahanan lingkungan, PVC juga termasuk dalam kategori plastik yang dapat didaur ulang dengan tingkat kemudahan daur ulang yang tinggi, hal ini menjadikan PVC pilihan material yang dapat dikembangkan dalam berbagai bidang (Azline et al., 2023).

3.5.4. *Stainless Steel*

Stainless steel merupakan paduan logam berbasis besi yang memiliki kandungan minimum 10,5% kromium, sehingga memungkinkan terbentuknya lapisan pasif kromium oksida pada permukaan dan menghasilkan sifat tahan korosi yang sangat baik pada permukaan. Sifat *stainless steel* yang tahan korosif menjadikan keunggulan utama pada material ini dibandingkan material lainnya, hal ini menjadikan *stainless steel* dapat digunakan di berbagai lingkungan seperti lingkungan lembab, kimia agresif, dan suhu yang tinggi (Schino, 2020, p. 3).

Dari segi mikrostruktur, stainless steel terbagi dalam beberapa kelompok utama: *ferritic*, *austenitic*, *martensitic*, *duplex*, dan *precipitation hardening* (PH). Masing-masing jenis memiliki komposisi dan sifat khas. *Austenitic stainless steel*, yang merupakan jenis paling umum, memiliki ketahanan korosi dan formabilitas yang tinggi serta tidak bersifat magnetik. Sedangkan *ferritic stainless steel* bersifat magnetik dan lebih stabil dari sisi harga karena memiliki kandungan nikel yang relatif lebih rendah (Outokumpu, 2013, p.13). Pengembangan *stainless steel* modern juga tidak lepas dari kemajuan dalam pengendalian kandungan unsur paduan. Kromium merupakan unsur utama yang dapat memberikan ketahanan korosi dan oksidasi pada temperatur tinggi pada *stainless steel*. Sedangkan nikel berperan meningkatkan keuletan dan stabilitas struktur austenit. Unsur lain seperti molibdenum, nitrogen, dan mangan juga berperan dalam meningkatkan kekuatan mekanik dan stabilitas struktur mikro pada *stainless steel* (Outokumpu, 2013, p.20).

Stainless steel telah banyak digunakan sejak awal abad ke-20 dan produksinya mengalami peningkatan yang konstan. *Stainless steel* dapat digunakan pada berbagai bidang, mulai dari industri makanan dan kimia, hingga infrastruktur serta energi. Sifat-sifat seperti daya tahan tinggi, daur ulang yang efisien, dan biaya pemeliharaan rendah menjadikan *stainless steel* material yang dipertimbangkan (Outokumpu, 2013, p.10).

3.6 Pelarutan (*Swelling* dan *Dissolution*)

Fenomena *swelling* dan *dissolution* merupakan interaksi antara pelarut dan rantai polimer yang terjadi saat polimer berinteraksi dengan pelarut. *Swelling* merujuk pada kondisi di mana pelarut masuk ke dalam matriks polimer tanpa memutus rantai utamanya. Hal ini akan menyebabkan polimer mengembang karena peningkatan jarak antar rantai. Sedangkan *dissolution* merupakan interaksi antara molekul pelarut dan polimer yang cukup kuat sehingga dapat memisahkan rantai polimer satu sama lain. Hal ini menyebabkan polimer larut secara menyeluruh ke dalam pelarut (Odian, 2004, p. 730).

Fenomena ini sangat dipengaruhi oleh kompatibilitas dari parameter kelarutan antara pelarut dan polimer. Ketika parameter kelarutan pelarut sebanding dengan polimer, pelarut mampu masuk ke dalam struktur polimer dan terjadi fenomena *swelling*. Sedangkan saat parameter pelarut dalam konsentrasi tinggi atau waktu kontak cukup lama, dapat menyebabkan *dissolution* (Odian, 2004, p. 64). Perlu dipertimbangkan juga untuk pemilihan pelarut dengan kestabilan dimensi dan integritas mekanik polimer selama proses *swelling*. Jika proses *swelling* terlalu cepat atau jika struktur polimer tidak cukup padat, dapat terjadi degradasi atau bahkan pelarutan menyeluruh pada objek yang tidak diinginkan dalam proses penghalusan permukaan (Odian, 2004, p. 91).

3.7 Evaporasi

Evaporasi merupakan proses perubahan zat dari cair ke gas yang terjadi pada permukaan zat cair ketika molekul-molekul dengan energi kinetik cukup tinggi mampu melepaskan diri dari tarikan molekul-molekul lainnya dan berpindah ke bentuk gas. Fenomena ini terjadi pada suhu di bawah titik didih dan sangat dipengaruhi oleh suhu cairan, tekanan uap, kelembaban udara, serta sirkulasi udara di sekitar permukaan cairan (Ahsan et al., 2011, p. 4). Saat terjadi perbedaan suhu antara permukaan cairan dan udara di sekitarnya, perbedaan temperatur ini akan memicu konveksi alami yang membantu mempercepat proses evaporasi. Koefisien perpindahan massa dalam proses ini tergantung pada beberapa parameter seperti suhu, luas permukaan, kecepatan udara, dan *difusivitas* molekul uap dalam udara (Ahsan et al., 2011, p. 10).

Laju evaporasi dapat dijelaskan melalui hubungan antara densitas uap jenuh pada permukaan cairan dan densitas uap aktual pada udara di sekitarnya. Semakin besar perbedaannya, semakin besar pula perbedaan massa yang menyebabkan uap bergerak keluar dari permukaan. Ahsan dan Fukuhara (2011) menunjukkan bahwa peningkatan suhu permukaan dan penurunan kelembaban udara meningkatkan proses evaporasi secara

signifikan, terutama dalam sebuah ruang tertutup dengan aliran udara yang relatif lambat (Ahsan et al., 2011, p. 4).

3.8 Surface Roughness

Surface *roughness* atau kekasaran permukaan merupakan parameter penting dalam mendefinisikan kualitas suatu permukaan padat, yang menggambarkan penyimpangan topografi mikro dari bentuk geometris ideal. Penyimpangan ini meliputi puncak-puncak dan lembah-lembah mikro yang terbentuk saat proses manufaktur dilakukan, seperti pemesinan, pencetakan, atau pemolesan (Bharat Bhushan, 2001, p. 2). Permukaan padat secara alami tidak pernah benar-benar halus secara molekuler. Bahkan permukaan hasil belahan kristal yang sangat halus tetap memiliki ketidakrataan yang melebihi jarak antar atom. Ketidakrataan ini dibagi ke dalam beberapa skala, yaitu *roughness* (nano dan mikro), *waviness* (makro), *lay*, dan *flaws*. Kekasaran permukaan (*roughness*) sendiri merujuk pada kerataan pada permukaan yang membentuk tonjolan dan lembah mikro (Bharat Bhushan, 2001, p. 3).

Untuk mengidentifikasi kekasaran permukaan, digunakan parameter statistik seperti R_a (*arithmetic average roughness*) dan R_q (*root mean square roughness*). R_a adalah nilai rata-rata dari penyimpangan vertikal absolut terhadap garis tengah profil, sementara R_q adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat penyimpangan vertikal tersebut (Bharat Bhushan, 2001, p. 7). Selain itu, parameter ekstrem seperti R_t (jarak antara puncak tertinggi dan lembah terdalam) dan R_z (rata-rata dari lima nilai puncak dan lima lembah tertinggi dan terdalam) juga umum digunakan dalam aplikasi industri. Dalam praktik pengukuran, profil permukaan direpresentasikan sebagai data digital, yang kemudian akan dianalisis menggunakan fungsi distribusi probabilitas atau fungsi spektral seperti *autocorrelation function* (ACF) dan *power spectral density function* (PSDF) untuk memahami pola tekstur permukaan (Bharat Bhushan, 2001, p. 13).

Pada pengukuran kehalusan permukaan dapat ditentukan berdasarkan kelas kekasarannya. Pada tabel 3.1 tertera klasifikasi kelas kekasaran permukaan berdasarkan nilai R_a yang didapatkan dari proses pengukuran. Berikut tabel klasifikasi kekasaran permukaan:

Tabel 3. 1 Tabel Klasifikasi Kekasaran Permukaan

Kelas Kekasaran	Nilai R_a (μm)	Deskripsi Permukaan
N1	0.025	Cermin, sangat halus (<i>lapped, polished</i>)
N2	0.05	Sangat halus (<i>superfinishing</i>)
N3	0.1	Halus tinggi
N4	0.2	Halus (<i>grinding</i>)

N5	0.4	Halus sedang
N6	0.8	Permukaan sedang (<i>finishing machining</i>)
N7	1.6	Umum untuk hasil machining standar
N8	3.2	Agak kasar
N9	6.3	Kasar (<i>rough turning, milling</i>)
N10	12.5	Sangat kasar
N11	25.0	Permukaan kasar tinggi
N12	50.0	Sangat kasar, umumnya untuk permukaan awal

3.9 Rumus Perhitungan Dasar

Dalam penelitian ini terdapat beberapa rumus dasar terkait penguapan aseton. Beberapa rumus dasar yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.9.1. Rumus Perhitungan Massa Aseton

Rumus ini digunakan untuk menghitung massa zat cair berdasarkan densitas (ρ) dan volume (V), pada kasus penelitian ini untuk menghitung massa aseton. Berikut rumus untuk menghitung massa aseton:

$$m = \rho \cdot V \quad (3.1)$$

- m = massa aseton (kg)
- ρ = massa jenis aseton (kg/m³)
- V = volume aseton (m³)

3.9.2. Rumus Perhitungan Energi untuk Menaikan Suhu Aseton

Rumus ini digunakan untuk menghitung energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu aseton dari suhu awal ke suhu titik didihnya. Berikut rumus untuk menghitung energi untuk menaikkan suhu aseton:

$$Q1 = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (3.2)$$

- $Q1$ = kalor sensibel (kJ)
- m = massa aseton (kg)
- c = kalor jenis aseton (kJ/kg·K)
- ΔT = perubahan suhu (°C)

3.9.3. Rumus Perhitungan Energi untuk Menguapkan Aseton

Rumus ini digunakan untuk menghitung energi yang dibutuhkan untuk mengubah aseton cair menjadi uap pada titik didihnya. Berikut rumus untuk menghitung energi yang dibutuhkan untuk menguapkan aseton:

$$Q_2 = m \cdot L_v \quad (3.3)$$

- Q_2 = kalor laten (kJ)
- m = massa aseton (kg)
- L_v = kalor laten penguapan aseton (kJ/kg)

3.9.4. Rumus Perhitungan Total Energi

Rumus ini digunakan untuk menghitung jumlah energi yang dibutuhkan untuk memanaskan dan menguapkan seluruh volume aseton. Berikut rumus untuk menghitung total jumlah energi:

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 \quad (3.4)$$

- Q_1 = kalor sensibel (kJ)
- Q_2 = kalor laten (kJ)



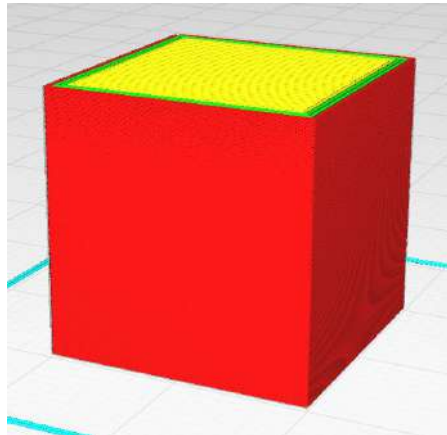
BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Obyek Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa objek yang akan digunakan. beberapa objek tersebut adalah sebagai berikut :

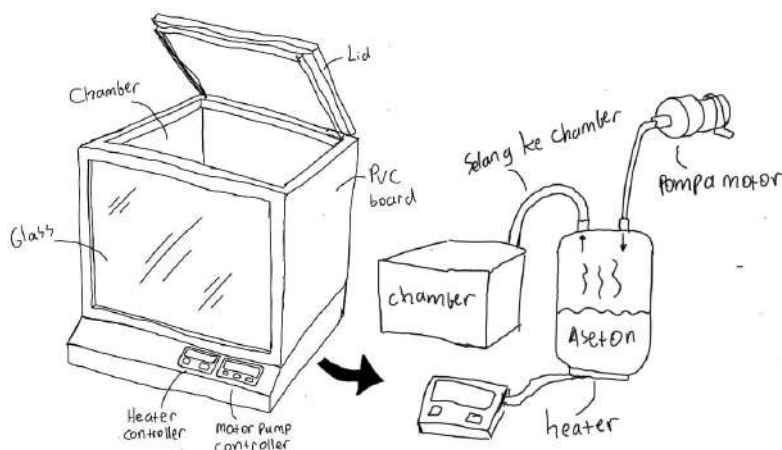
4.1.1 Spesimen Hasil Cetak Mesin 3D printing FDM



Gambar 4. 1 Spesimen uji kubus 20x20x20mm
Sumber : dokumentasi pribadi

Objek yang akan diuji pada *chamber* dalam penelitian ini berupa spesimen hasil cetak 3D berbentuk kubus dengan ukuran 20 mm $\times$ 20 mm $\times$ 20 mm juga *layer height* 0,2 mm seperti yang terlihat pada gambar 4.1. Bentuk kubus dipilih karena memiliki bidang datar di semua sisi, sehingga memudahkan dalam pengamatan dan evaluasi tingkat kehalusan permukaan setelah dilakukan proses *smoothing* menggunakan uap aseton. Dimensi tersebut juga cukup mewakili bentuk cetakan 3D pada umumnya tanpa memerlukan waktu pencetakan yang terlalu lama. Selain itu, ukuran yang seragam akan membantu dalam menjaga konsistensi data dan mempermudah perbandingan antar variabel pengujian yang digunakan dalam penelitian ini.

4.1.2 Rancangan *Chamber*



Gambar 4. 2 Sketsa konsep rancangan *chamber*
Sumber : dokumentasi pribadi

Objek yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini adalah rancangan *chamber* penghalus permukaan cetakan 3D berbasis uap aseton yang kurang lebih seperti gambar 4.2. *Chamber* ini dirancang secara khusus agar mampu menciptakan kondisi lingkungan tertutup yang sesuai untuk proses penghalusan permukaan filamen ABS menggunakan uap aseton. Rancangan *chamber* meliputi aspek dimensi ruang, bahan *chamber*, sistem penguapan aseton arah aliran dan sirkulasi uap, serta sistem keamanan dan kontrol suhu di dalam *chamber*.

Selain dari perancangannya, *chamber* ini juga menjadi objek penelitian karena akan diuji performanya dalam menghasilkan distribusi uap yang merata dan efisien terhadap permukaan objek cetak 3D. Hasil rancangan yang kemudian akan direalisasikan dalam bentuk prototipe, selanjutnya digunakan untuk proses pengujian kehalusan permukaan spesimen cetak. Oleh karena itu, *chamber* ini berperan penting sebagai alat utama dalam mendukung tujuan utama penelitian ini.

4.2 Alur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk mendukung pelaksanaan penelitian agar memperoleh hasil yang maksimal. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Observasi

Observasi dilakukan untuk mengumpulkan data-data awal melalui pengamatan secara langsung, khususnya terhadap hasil cetak mesin 3D *print* FDM yang menggunakan filamen ABS. Observasi dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang

terjadi pada permukaan hasil cetakan, seperti kekasaran, ketidaksempurnaan lapisan, serta upaya-upaya penghalusan yang sudah pernah dilakukan sebelumnya. Selain itu observasi juga dilakukan terhadap alat-alat penghalus yang sudah ada, serta sistem kerja dan bahan kimia yang digunakan seperti aseton.

2. Identifikasi Masalah

Dari hasil observasi yang dilakukan, diketahui bahwa hasil cetakan mesin 3D *print* FDM menggunakan material ABS seringkali memiliki permukaan yang kasar sehingga mengurangi nilai penampilan serta fungsi tertentu. Pada beberapa kasus sering terjadi kesulitan dalam melakukan proses *post-processing* secara manual karena memakan waktu, tidak konsisten, serta berisiko merusak detail pada produk. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi berupa rancangan *chamber* penghalus permukaan otomatis yang memanfaatkan uap aseton secara terkendali.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung proses perancangan *chamber* dan analisis performa alat yang akan dikembangkan. Metode pengumpulan data meliputi:

a. Studi Literatur

Mempelajari referensi tentang proses penghalusan dengan uap aseton, karakteristik material ABS, sistem evaporasi dan pelarutan, serta parameter yang mempengaruhi proses *smoothing* dengan uap aseton.

b. Pengumpulan Data Historis

Data eksperimen dikumpulkan dari hasil pengujian terhadap prototipe *chamber* yang dirancang. Data ini meliputi waktu paparan uap, volume aseton, suhu *chamber*, serta pengaruhnya terhadap hasil permukaan cetakan mesin 3D *print* FDM.

4. Perancangan *chamber*

Perancangan *chamber* dilakukan setelah diperoleh data dari studi literatur dan pengumpulan data historis. Tahapan ini mencakup perumusan desain awal berdasarkan kebutuhan proses penghalusan permukaan dengan uap aseton. Dalam proses perancangan, ditentukan beberapa parameter penting seperti ukuran ruang *chamber*, sistem penguapan aseton (baik secara langsung maupun tidak langsung), arah dan aliran uap, serta sistem sirkulasi yang diperlukan agar distribusi uap merata. Selain itu, diperhatikan pula aspek keamanan penggunaan aseton serta efisiensi proses pelarutan terhadap objek berbahan ABS. Hasil dari tahap ini berupa rancangan *chamber*, pemilihan komponen, perhitungan awal untuk memastikan bahwa rancangan memenuhi fungsi

yang diinginkan, serta prototipe yang nantinya akan diuji kemampuannya pada tahap pengolahan data.

5. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data akan dilakukan setelah perancangan dan prototipe *chamber* sudah jadi. Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap beberapa variabel independen yang berkaitan dengan parameter *chamber*, seperti suhu ruang *chamber*, volume aseton, serta lama waktu paparan uap. Parameter-parameter tersebut ditetapkan berdasarkan komponen yang dipilih pada tahap perancangan *chamber*.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel terhadap hasil akhir permukaan cetakan. Variabel dependen dalam pengujian ini adalah tingkat kehalusan permukaan pada hasil cetakan 3D *print* berbahan ABS. Data hasil pengujian kemudian akan dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas rancangan *chamber* serta efisiensi proses *smoothing* menggunakan uap aseton.

6. Analisis dan Evaluasi

Tahap ini merupakan lanjutan dari proses pengolahan data, di mana data hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui hubungan antara variabel independen terhadap variabel dependen, yaitu tingkat kehalusan permukaan hasil cetakan. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian dari berbagai variasi parameter *chamber* seperti suhu, volume aseton, dan durasi paparan uap.

Evaluasi dilakukan untuk menilai sejauh mana rancangan *chamber* mampu meningkatkan kualitas permukaan hasil cetakan 3D. Selain itu, dilakukan juga identifikasi terhadap parameter yang paling signifikan mempengaruhi hasil *smoothing*, serta aspek efisiensi dan keamanan sistem. Hasil evaluasi ini menjadi dasar untuk memberikan rekomendasi perbaikan rancangan dan pengembangan *chamber* di masa mendatang agar lebih optimal.

4.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lingkungan Kampus Politeknik ATMI Surakarta. Seluruh proses perancangan dan pembuatan *chamber* dilakukan secara mandiri di area kampus, dan pengujian serta penggunaan *chamber* juga dilakukan di area kampus. Pemilihan lokasi ini bertujuan untuk mempermudah proses *monitoring* dan pengambilan data selama pengujian berlangsung, dengan tetap memanfaatkan fasilitas yang tersedia di kampus sebagai pendukung kegiatan penelitian.

4.4 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam kegiatan penelitian ini, dibutuhkan alat dan bahan yang dapat mendukung keberlangsungan penelitian ini. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin 3D *print* FDM

Mesin 3D *print* FDM digunakan untuk mencetak spesimen uji dengan filamen ABS.



Gambar 4. 3 Mesin 3D *print* FDM

Sumber : <https://5.imimg.com/data5/SELLER/Default>

2. Filamen ABS

Filamen ABS berfungsi sebagai bahan baku dari spesimen yang akan diuji dalam *chamber*.



Gambar 4. 4 Filamen ABS

Sumber : <https://uk.rs-online.com/web/p/3d-printing-materials/8320453>

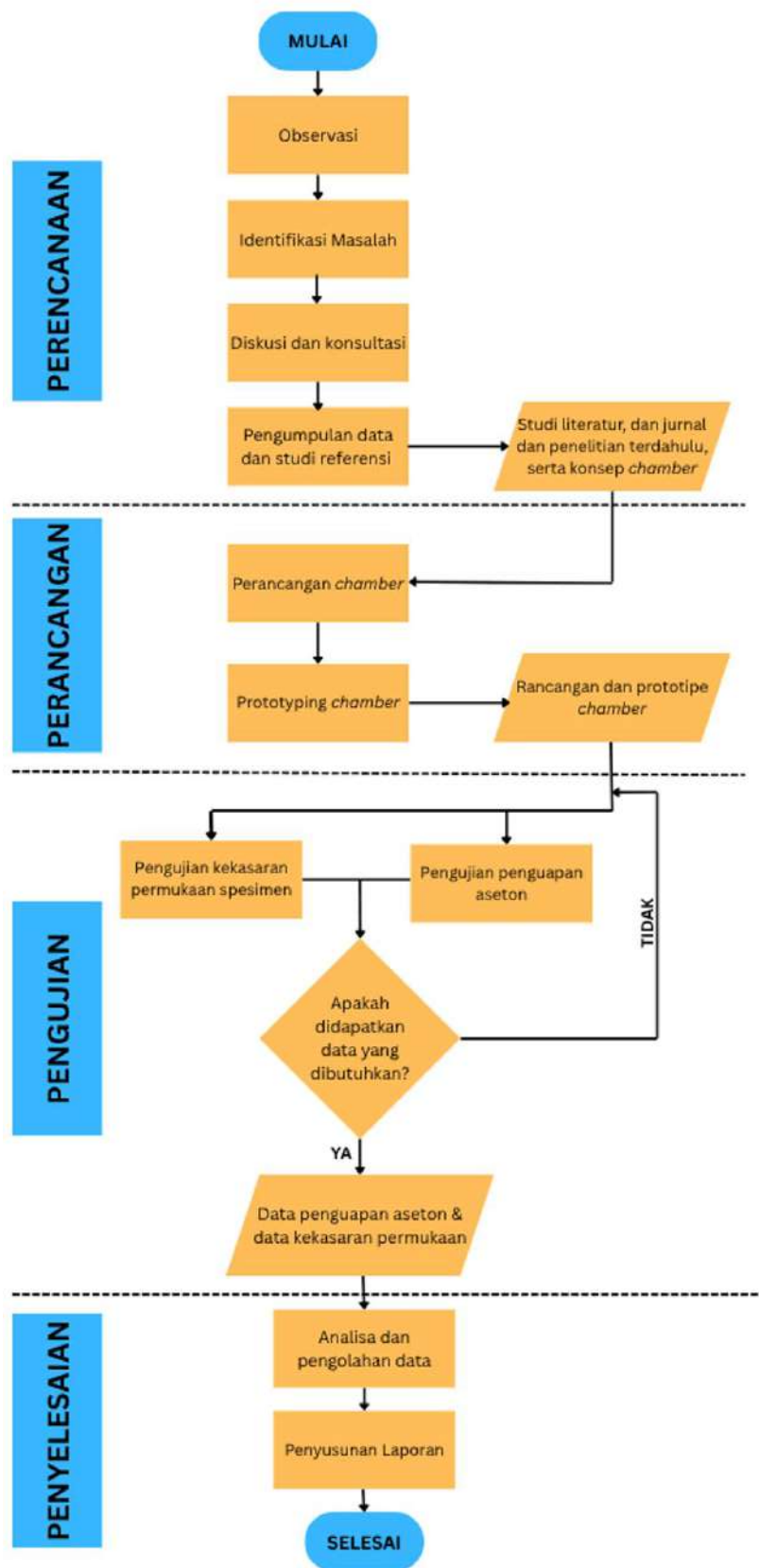
3. Peralatan *Benchwork*

Peralatan *benchwork* digunakan dalam proses perakitan prototipe dari *chamber*.



Gambar 4. 5 Peralatan *Benchwork*
Sumber : <https://images-cdn.ubuy.co.id>

4.5 Flowchart Penelitian



Gambar 4. 6 Flowchart Penelitian

Penelitian dilakukan berdasarkan metodologi yang telah disusun. Hasil yang diharapkan dari penelitian adalah dapat mengatasi masalah yang dihadapi. Penjelasan tahapan metodologi penelitian yang dilakukan pada gambar 4.5 adalah sebagai berikut:

4.5.1 Tahap Perencanaan

Terdapat beberapa proses yang dilakukan dalam tahap perencanaan, proses yang terdapat pada tahap perencanaan antara lain:

1. Observasi

Tahap awal dari penelitian ini adalah observasi, yang bertujuan untuk memahami permasalahan yang ada di hasil cetak 3D, khususnya yang menggunakan material ABS. Pada tahap ini, dilakukan pengamatan terhadap hasil cetak mesin 3D *print* FDM.

2. Identifikasi Masalah

Mengidentifikasi dan merumuskan masalah utama, yaitu permukaan cetakan 3D yang kasar dan membutuhkan proses *finishing* tambahan.

3. Diskusi dan Konsultasi

Diskusi dan konsultasi dalam pelaksanaan tugas akhir ini dilakukan bersama dosen pembimbing dari Politeknik ATMI Surakarta. Diskusi dilakukan secara berkala untuk membahas perancangan *chamber* penghalus permukaan hasil 3D *printing* berbasis aseton, mulai dari tahap awal perencanaan, pemilihan material, hingga analisis hasil pengujian.

4. Pengumpulan Data

Dilakukan pengumpulan data, membaca dan mencatat untuk mengumpulkan referensi dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Hasil studi literatur dapat dijadikan sebagai referensi untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan sekarang. Sumber literatur dapat berupa buku, jurnal dan pendukung dokumen lainnya.

4.5.2 Tahap Perancangan

Pada tahap perancangan, dilakukan perancangan *chamber* sesuai data yang diperoleh dari tahap perencanaan. Hal-hal seperti hasil diskusi dengan dosen pembimbing, sampai literatur yang sudah didapatkan akan digunakan sebagai referensi perancangan *chamber*. Pada tahap ini juga dilakukan *prototyping* dari rancangan *chamber* yang sudah dibuat sebelumnya untuk diuji pada tahap berikutnya.

4.5.3 Tahap Pengujian

Tahap pengujian berfokus pada kegiatan pengujian spesimen di dalam *chamber* untuk menentukan variabel independen dari rancangan *chamber* yang sudah dibuat. Hal ini dilakukan agar bisa didapatkan variabel dependen yaitu kehalusan dari spesimen yang diuji di dalam *chamber*.

4.5.4 Tahap Penyelesaian

Dilakukan Analisa terhadap data yang didapat dari proses pengujian pada tahap sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kemampuan *chamber* dalam menghaluskan spesimen. Pada tahap ini juga dilakukan penyusunan laporan dari keseluruhan proses yang telah dilakukan dalam penelitian ini.

4.5.5 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, digunakan beberapa variabel bebas (independen) yang diduga berpengaruh terhadap hasil kehalusan permukaan spesimen hasil cetakan 3D setelah melalui proses penghalusan dengan uap aseton. Pemilihan variabel ini didasarkan pada kajian literatur dan relevansi terhadap parameter proses utama dalam sistem *chamber* yang dirancang. Sedangkan untuk variabel dependen pada penelitian ini adalah kehalusan permukaan spesimen. Adapun variabel-variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel berikut:

Tabel 4. 1 Variabel Penelitian

No.	Nama Variabel	Satuan / Variasi Parameter	Keterangan
1	Waktu pemaparan uap aseton	10, 20, 30 menit	Lama waktu spesimen berada di dalam <i>chamber</i> dan terpapar uap aseton
2	Suhu pemanasan aseton	27°C (<i>cold vapor</i>), 30°C, 40°C, 50°C, 60°C	Suhu pemanas yang digunakan untuk menguapkan cairan aseton

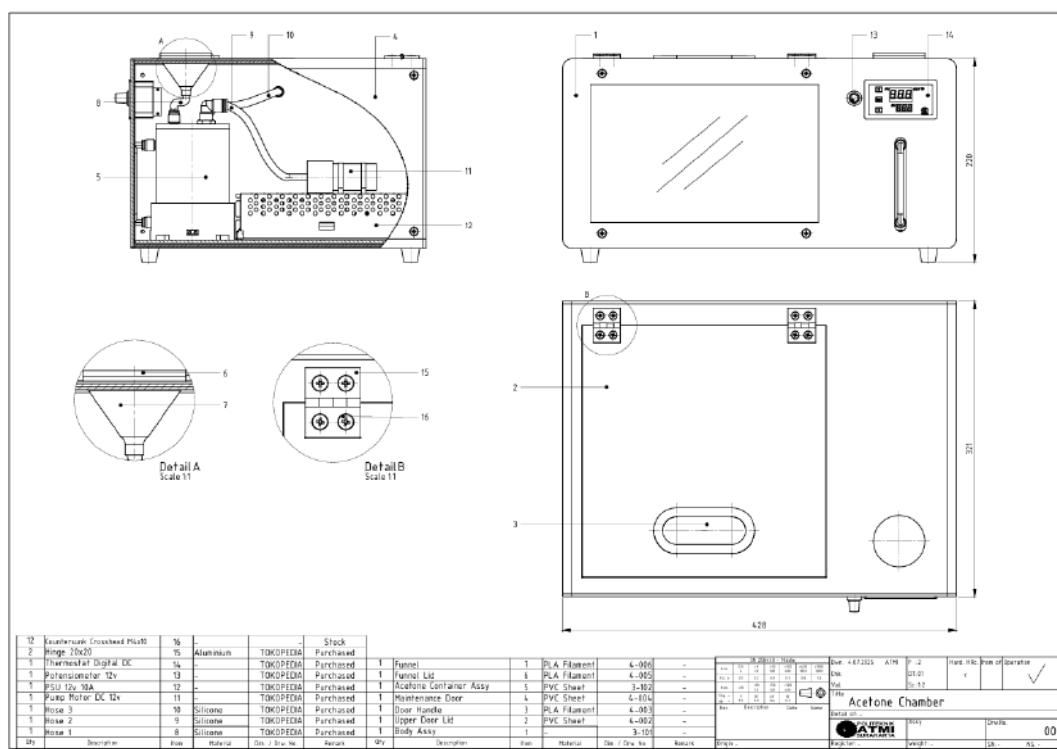
Berdasarkan tabel 4.1 terdapat beberapa variabel yang nantinya akan diuji pada *chamber*. Diambil beberapa variasi pada variabel pengujian, hal ini dilakukan guna mendukung efisiensi waktu pengujian mengingat waktu yang tersedia untuk melakukan penelitian ini terbatas. Nilai dari setiap variasi parameter dibuat sedemikian rupa berdasarkan penelitian terdahulu, digunakan pola tertentu pada setiap variabel parameter guna menghindari *overlap* atau hasil pengujian yang kurang signifikan.



BAB V

5.1 Tahap Perancangan *Design Chamber*

Proses perancangan 3D model dari *chamber* ini adalah berdasarkan dari literasi terdahulu dan hasil diskusi dengan dosen pembimbing dilanjutkan dengan proses penggambaran 2D. Proses desain *chamber* dilakukan untuk mendapatkan bentuk, dimensi, dan komponen yang akan dipakai nantinya di tahap realisasi. Dengan adanya proses perancangan desain 3D, diharapkan dapat meminimalisir kesalahan saat proses realisasi, mengurangi biaya pengeluaran, dan menghemat waktu.

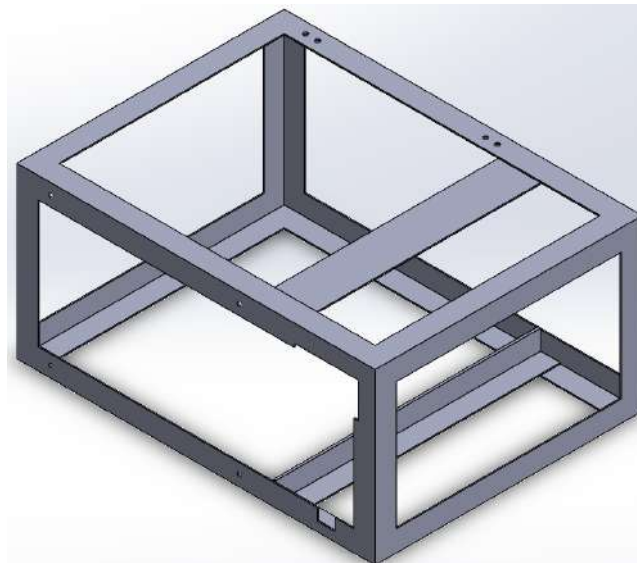


Gambar 5. 1 Desain *2D Chamber*

Seperti yang terlihat pada gambar 5.1, desain *chamber* dirancang dengan bentuk yang ringkas dan kokoh dengan dimensi 43x32x22 cm. Perancangan desain dari *chamber* ini berdasarkan beberapa pertimbangan seperti efisiensi ruang, kemudahan penempatan di

lingkungan kerja, kapasitas maksimal ukuran hasil 3D *printing*, dan lain sebagainya. Berikut penjelasan bagian dari mesin secara lebih rinci:

5.1.1 Rangka *Chamber*



Gambar 5. 2 Desain rangka 3D *Chamber*

Rangka utama dari rancangan *chamber* ini adalah menggunakan besi profil L dengan ukuran 2x2 cm. Besi tersebut dipotong sedemikian rupa dan dihubungkan satu sama lain dengan cara dilas dengan las elektrik. Desain rangka *chamber* memiliki 2 ruang terpisah yang berfungsi untuk memisahkan *hardware* seperti elektronik, wadah aseton, motor pompa, dan lain sebagainya. Namun desain rangka dibuat dalam 1 bagian agar rangka tetap kokoh dan lebih kuat.

5.1.2 *Body Chamber*



Gambar 5. 3 Desain 3D *Chamber*

Body dari *chamber* ini menggunakan bahan PVC lembaran yang dipotong sesuai bentuk yang telah dirancang sebelumnya. Pemilihan dari bahan PVC *sheet* adalah karena bahan tersebut merupakan salah satu bahan yang bisa bertahan dari paparan aseton, mengingat fungsi utama dari *chamber* ini adalah untuk mengaplikasikan aseton pada hasil cetak 3D printer. Meskipun bahan PVC cukup tahan dalam menahan paparan aseton, pada bagian *chamber* pemaparan tetap dilakukan pelapisan resin guna menambah ketahanan pada bagian dalam *chamber*.

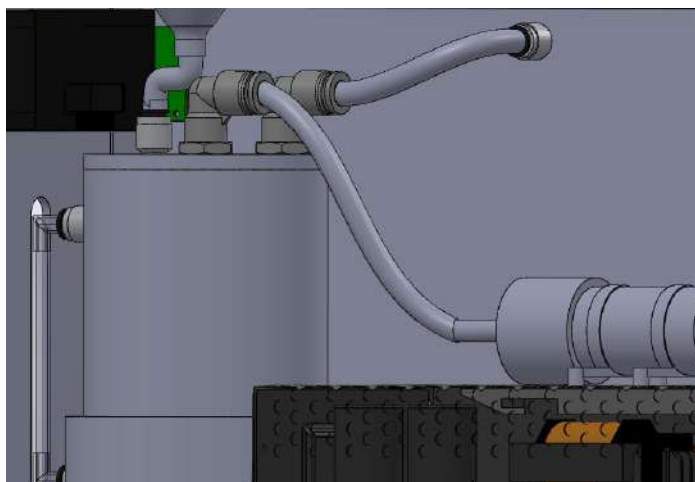
5.1.2 Aksesibilitas



Gambar 5. 4 Pintu bagian atas *chamber*

Chamber ini dirancang dengan aksesibilitas yang memudahkan pengguna saat mengoperasikannya. Terdapat jendela dari kaca pada sisi depan *chamber* yang berfungsi sebagai tempat pengamatan dari berlangsungnya proses penghalusan. Pintu untuk akses memasukkan hasil cetak dari mesin 3d *print* diletakan di atas guna mempermudah akses memasukkan maupun mengeluarkan

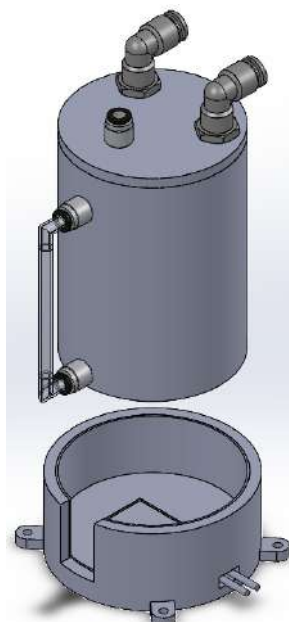
5.1.3 Komponen *Hardware Chamber*



Gambar 5. 5 Ruang komponen

Pada bagian kanan *chamber* terdapat ruang terpisah seperti gambar 5.5 yang berfungsi sebagai tempat menyimpan komponen-komponen yang mendukung kinerja dari *chamber* ini seperti *power supply*, motor pompa, *heater*, dan lain sebagainya. Pada ruang ini juga berfungsi sebagai mekanisme aseton untuk menyalurkan uap aseton dari *container* ke *chamber* aseton melalui selang yang didorong oleh motor pompa.

5.1.2 *Container Aseton*



Gambar 5. 6 *Container Aseton*

Container aseton merupakan wadah yang menampung aseton berbahan *stainless steel* yang nantinya akan dipanaskan dengan *element heater* yang terletak di *holder container*. Pada *container* juga terdapat indikator level aseton, sehingga pengguna bisa mengetahui seberapa banyak aseton yang tersisa di dalam *container*. Pada bagian *holder container*

terdapat *element heater* yang terhubung dengan pembaca suhu *thermostat*. Kenaikan suhu akan diatur melalui *Thermostat* yang bisa diakses di bagian depan *chamber*.

5.2 Tahap Realisasi

Setelah mendapatkan rancangan 3D, proses selanjutnya adalah mengimplementasikan rancangan yang sudah dibuat. Pada tahap ini rancangan 3D yang sebelumnya sudah dibuat akan direalisasikan menjadi sebuah alat yang fungsional. Terdapat beberapa kegiatan yang dilakukan di tahap ini seperti pengadaan komponen-komponen, proses *machining*, *assembling*, pengecatan, dan lain sebagainya. Berikut penjelasan kegiatan-kegiatan yang dilakukan di tahap ini.

5.2.1 Pengadaan Bahan dan Komponen



Gambar 5. 7 Pengadaan Komponen dan Bahan Baku

Sebelum melakukan tahap realisasi, dilakukan pengadaan bahan serta komponen-komponen yang dibutuhkan. Pembelian bahan maupun komponen dilakukan secara *offline* dan juga *online*. Bahan-bahan yang dibeli seperti besi profil untuk *frame*, PVC *sheet* untuk *body*, dan lain sebagainya. Selain bahan baku, komponen-komponen seperti motor pompa, *heater*, dan lain-lain juga dibeli sesuai kebutuhan yang sudah ditentukan sebelumnya di tahap desain 3D.

5.2.2 Machining

Pada kegiatan ini dilakukan proses *machining* pada beberapa *part* dari *chamber*. Proses *machining* dilakukan dengan masing-masing mesin yang dibutuhkan untuk mengolah *part* tersebut. Berikut beberapa proses yang dilakukan untuk membentuk *part-part* untuk membentuk *chamber*:

1. *Frame Chamber*



Gambar 5. 8 *Frame chamber*

Frame dari *chamber* ini menggunakan bahan baku besi profil L dengan ukuran 2x2 cm. Dalam proses pembentukan *frame* ini diperlukan beberapa proses seperti pemotongan bahan baku sesuai ukuran yang sudah ditentukan di desain 3D.



Gambar 5. 9 Proses Pengelasan *Frame*

Setelah besi dipotong sesuai ukuran yang sudah ditentukan, dilakukan proses pengelasan seperti pada gambar 5.9 dengan mesin las listrik. Proses ini dilakukan guna membentuk besi menjadi bentuk *frame* sesuai desain 3D yang telah ditentukan sebelumnya.

2. *Body chamber*

Bahan baku dari *body chamber* adalah *PVC sheet*. Bentuk *raw material* dari *PVC sheet* merupakan lembaran dengan ukuran awal 1220x2440 mm. Untuk mendapat bentuk dari *body chamber* yang diinginkan, perlu dilakukan proses pemotongan.



Gambar 5. 10 Proses *Laser Cutting Body Chamber*

Untuk mendapatkan ukuran *body chamber* yang akurat, dilakukan pemotongan menggunakan mesin laser *cutting* seperti gambar 5.10. Dengan menggunakan mesin laser *cutting* hasil dari potongan bisa disesuaikan dengan desain yang sudah dirancang sebelumnya, sehingga penyimpangan yang terjadi lebih sedikit daripada pemotongan secara manual.

5.2.3 Assembly Frame dan Body Chamber

Setelah *frame* dan *part-part body* sudah jadi, terdapat beberapa proses guna membentuk *frame* dan *body chamber* menjadi satu kesatuan. *Body* dari PVC *sheet* yang tidak bersifat lepas pasang akan direkatkan pada *frame* secara permanen, sehingga konstruksi dari *chamber* akan lebih kuat.



Gambar 5. 11 Proses *Assembly Body* dengan *Frame*

Body yang telah dipotong sesuai bentuk dari desain akan direkatkan pada *frame* seperti pada gambar 5.11. Pada bagian *part* yang bersifat *replacable* akan dipasang dengan mekanisme baut, seperti kaca yang memungkinkan untuk dilakukan penggantian *part* jika rusak. Juga pada bagian ruang komponen yang sengaja dipasang pada *frame* dengan baut karena pada bagian tersebut akan dibuka tutup saat dilakukan *maintenance*.

5.2.4 Pelapisan Resin pada *Chamber*



Gambar 5. 12 Proses Pelapisan Resin Pada *Chamber*

Bagian dalam dari *chamber* dilapisi dengan resin guna memperpanjang ketahanan dari PVC *sheet*. Pengaplikasian resin pada *chamber* dilakukan dengan kuas secara bertahap lapis demi lapis, dan setelah itu dibiarkan sampai mengeras. Walaupun PVC *sheet* merupakan bahan yang termasuk tahan dengan paparan aseton, namun jika terpapar secara jangka panjang bahan tersebut juga akan terkena dampak dari aseton seperti lebih getas.

5.2.5 Pengecatan dan *Finishing Chamber*

Setelah proses perakitan *body chamber*, dilakukan pengecatan pada *chamber* untuk merapikan dan menambah unsur estetika *chamber*. Pewarnaan dari *chamber* dilakukan sesuai desain yang sebelumnya ditetapkan seperti yang terlihat pada gambar 5.1.



Gambar 5. 13 Proses *Finishing Body Chamber* dan pengecatan

Namun sebelum dicat, dilakukan proses *finishing* pada *body chamber* sebelum akan dicat. Bagian *body* yang masih belum rapi dirapikan lagi dengan dempul sampai penampilan luar dari *chamber* terlihat halus dan rapi. Setelah *body chamber* rapi, dilakukan pelapisan *epoxy primer* seperti pada gambar 5.13 guna mempersiapkan *body* yang akan dicat setelah ini.

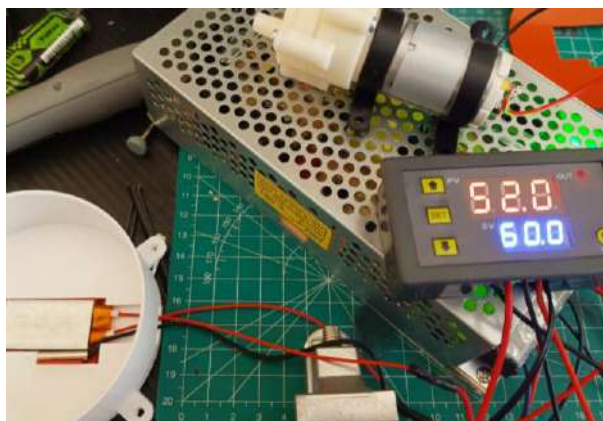


Gambar 5. 14 Proses Pengecatan *Body*

Proses pengecatan dilakukan dengan mesin kompresor dan cat *finishing* sehingga menghasilkan kualitas cat yang rapi dan merata. Pemilihan warna pada *chamber* disesuaikan dengan desain 3D yang sudah ditentukan sebelumnya seperti pada gambar 5.1.

5.2.6 Wiring Komponen Elektrik

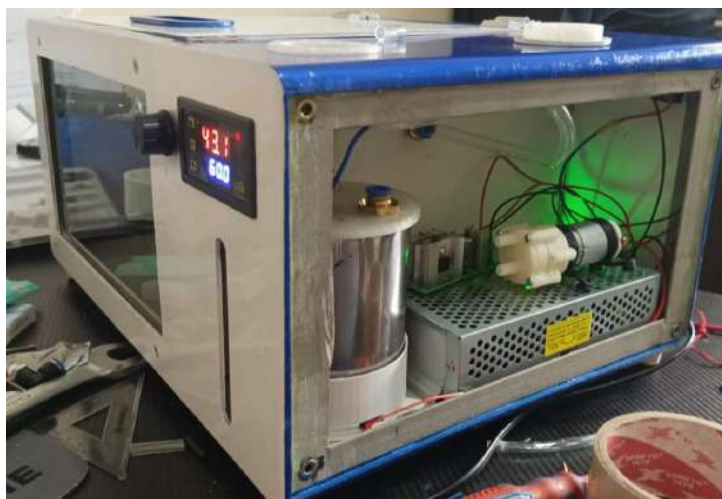
Terdapat beberapa komponen elektrik yang digunakan pada rancangan *chamber* ini seperti *heater*, *thermostat*, dan motor pompa. Komponen-komponen tersebut harus dirakit agar dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 5. 15 Proses Perakitan Komponen Elektrik

Setiap komponen dirakit seperti pada gambar 5.15 agar dapat berfungsi. *Element heater* dirangkai dengan *thermostat* sehingga suhu dari *heater* dapat diatur dengan *thermostat*. Sedangkan motor pompa dirangkai dengan potensiometer sehingga kecepatan motor dapat diatur sesuai kebutuhan. Seluruh komponen yang digunakan dalam rancangan *chamber* ini ditenagai oleh *power supply* 12v 10a.

5.2.7 Proses Perakitan Total



Gambar 5. 16 Proses Perakitan Total

Setelah seluruh *part* dan komponen *chamber* sudah siap, selanjutnya dilakukan perakitan total seluruh komponen pada *chamber* seperti pada gambar 5.16. Komponen elektrik dirangkai kembali di dalam *chamber* sesuai desain yang sebelumnya sudah ditentukan. Perangkaian komponen meliputi perangkaian elektrik, instalasi selang pada *container* aseton, dan lain sebagainya.

5.3 Tahap Percobaan pada *Chamber*

Setelah mesin selesai dirakit, dilakukan percobaan pada mesin untuk mengetahui bagaimana kemampuan *chamber* dalam menghaluskan hasil cetak 3D *print*. Dalam proses percobaan pada *chamber* dilakukan beberapa metode yang berbeda dikarenakan saat dilakukan percobaan terdapat kendala yang ditemukan yang akhirnya memberi kesimpulan pada desain *chamber* maupun karakteristik zat aseton. Berikut pembahasan setiap percobaan yang sudah dilakukan beserta penjelasannya.

5.3.1 Percobaan Penghalusan Sesuai Rancangan Awal *Chamber*

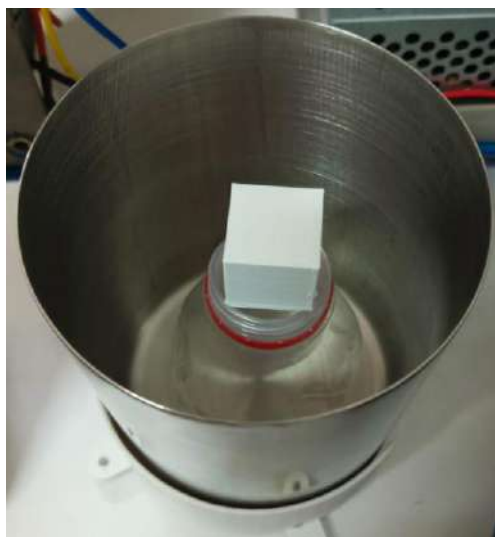
Pada percobaan pertama dicoba metode sesuai rencana awal dari rancangan *chamber* yang sudah disusun. Spesimen dimasukkan ke dalam *chamber* dan ditutup dengan rapat, lalu *heater* dipanaskan pada suhu yang sudah ditentukan sebelumnya. Motor pompa juga dinyalakan dengan tujuan agar uap aseton yang menguap pada *container* bisa disalurkan melalui selang ke ruang *chamber*.

Setelah dilakukan percobaan tersebut, uap dari aseton bisa memasuki ruang *chamber*. Hal ini dapat dikonfirmasi dengan adanya aroma aseton yang menyengat saat tutup *chamber* dibuka. Namun spesimen yang diletakan di dalam ruang *chamber* tidak terpengaruh dengan

uap aseton yang ada di dalam *chamber*. Spesimen seharusnya mengalami pelarutan pada bagian permukaan sehingga permukaan menjadi lebih halus. Namun pada percobaan ini spesimen tidak mengalami pelarutan. Maka pada titik ini muncul spekulasi bahwa proses penghalusan tidak bekerja dengan baik karena uap aseton tidak bisa mencapai titik jenuh di dalam *chamber* karena di dalam *chamber* terdapat udara terbuka dan aseton tidak mengalami evaporasi.

5.3.2 Percobaan Penghalusan Dalam Satu Ruangan

Saat uap aseton dihantarkan melalui selang uap aseton justru mengembun pada dinding selang sebelum mencapai *chamber*, sehingga pada *chamber* tidak terjadi proses pengembunan yang akan menghaluskan spesimen. Berdasarkan percobaan tersebut dilakukan percobaan lagi dengan melakukan proses penghalusan dengan meletakkan spesimen di dalam *container* aseton namun tidak kontak langsung dengan aseton.



Gambar 5. 17 Percobaan Dalam Satu Ruangan

Dalam percobaan ini proses penghalusan berhasil dilakukan dan menghasilkan kehalusan permukaan dengan baik. Dalam percobaan ini proses pengembunan dapat terjadi dikarenakan saat aseton dipanaskan di wadah tertutup, kondisi di dalam wadah tersebut sangat jenuh akan uap aseton dan proses pengembunan akan terjadi di sekeliling dinding *container* serta permukaan spesimen dikarenakan perbedaan suhu aseton dan permukaan tersebut. Saat spesimen terkena embun aseton maka pada permukaan spesimen akan terjadi pelarutan sehingga menghasilkan permukaan yang halus.

5.4 Tahap Analisa dan Pengambilan Data

Setelah didapatkan hasil spesimen yang diinginkan, dilakukan pengambilan data terhadap percobaan dengan variabel suhu pemanasan dan waktu pemaparan aseton. Terdapat dua *output*

data yang didapatkan dari pengujian ini yaitu data penguapan aseton setelah dilakukan pemaparan dan juga kehalusan spesimen setelah dihaluskan. Berikut pembahasan dari hasil data dan analisa proses penghalusan.

5.4.1 Pengurangan Volume Aseton Setelah Proses Penghalusan

Pada saat proses penghalusan spesimen aseton akan dipanaskan pada suhu tertentu. Oleh karena itu akan terjadi penguapan terhadap aseton dan aseton akan berkurang dari volume awal. Volume awal yang digunakan pada proses penghalusan ini adalah sebanyak 10 ml dan volume aseton selalu diukur baik sebelum proses penghalusan dan sesudah proses penghalusan. Berikut adalah data hasil pengurangan aseton selama proses penghalusan spesimen.



Gambar 5. 18 Pengukuran Volume Aseton

Pengukuran volume aseton dilakukan menggunakan gelas ukur seperti gambar 5.18. Volume aseton sebelum digunakan untuk proses penghalusan diukur dan dipastikan volume sudah 10 ml. Begitu juga setelah proses penghalusan selesai, volume aseton juga diukur untuk mengetahui berapa sisa volume aseton setelah selesai proses penghalusan.

Tabel 5. 1 Tabel Pengurangan Aseton Setelah Proses Penghalusan

Suhu (°C)	Waktu 10 menit	Waktu 20 menit	Waktu 30 menit
27 (cold vapor)	1.2 ml	1.4 ml	1.2 ml
30	1.2 ml	1.5 ml	1.8 ml
40	1.6 ml	1.5 ml	2.0 ml
50	2.0 ml	1.9 ml	2.4 ml
60	2.2 ml	2.4 ml	3.2 ml

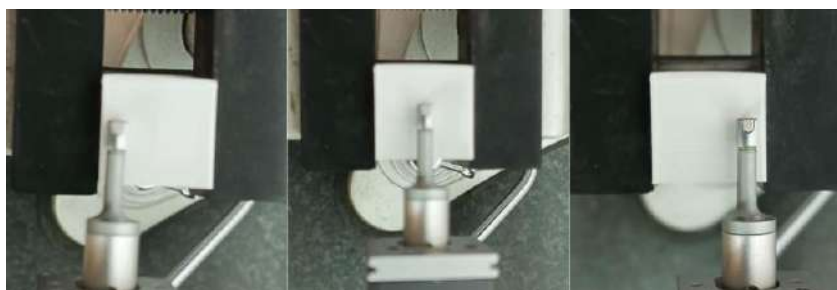
Berdasarkan data yang didapat pada tabel 5.1, bisa dilihat penguapan aseton akan meningkat seiring kenaikan suhu dan lamanya waktu pemaparan aseton. Hal tersebut menunjukkan bahwa penguapan aseton akan terjadi ketika ada perlakuan panas pada aseton pada suhu mendekati titik didih aseton serta waktu yang cukup sehingga terjadi penguapan yang cukup untuk menghaluskan permukaan spesimen.

5.4.2 Analisa Kekasaran Permukaan Spesimen

Spesimen yang sudah melalui proses penghalusan dengan uap aseton akan diukur kekasaran dari permukaannya. Pengukuran kekasaran dilakukan pada dua sisi untuk mengetahui rata-rata dari tingkat kekasaran permukaan spesimen. Pengukuran permukaan spesimen dilakukan menggunakan alat ukur *Mitutoyo* SJ201P. Pada bab ini akan dijelaskan terkait analisa kekasaran dari permukaan spesimen.

5.4.2.1 Pengujian Permukaan Spesimen

Dalam pengujian permukaan spesimen, pengujian dilakukan pada 2 sisi sebagai perwakilan sisi samping dan sisi atas. Diambil 1 sisi untuk mewakili sisi samping dan 1 sisi atas sebagai perwakilan sisi bagian atas dan bawah. Pada satu sisi yang sama juga diambil pada 3 titik untuk mendapatkan rata-rata kekasaran permukaan tersebut seperti gambar 5.20.



Gambar 5. 19 Titik Pengujian Pada Spesimen

Pengujian ini dilakukan pada setiap spesimen yang sudah dihaluskan dengan berbagai variabel waktu dan suhu. Pengujian dibagi menjadi 3 kelompok yaitu ; waktu pemaparan

10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan setiap kelompok dipanaskan pada suhu 27-60°C. Pendekatan dengan 3 titik diharapkan bisa menghasilkan nilai kekasaran dari satu sisi spesimen dengan lebih akurat. Dari ketiga titik pengukuran akan didapatkan rata-rata nilai kekasaran dari permukaan spesimen.

Tabel 5. 2 Rata-Rata Kekasaran Spesimen Sebelum Dihaluskan

No	Ra (μm)	N
1	12,43	N9

Sebagai perbandingan juga dilakukan pengukuran pada spesimen yang tidak dihaluskan dengan uap aseton. Pengukuran ini juga dilakukan dengan cara pengujian spesimen yang lain. Didapatkan hasil kekasaran yang cukup tinggi untuk spesimen yang belum dihaluskan seperti yang tertera pada tabel 5.2. Didapatkan rata-rata kekasaran permukaan spesimen dengan Ra 12,43 μm yang setara N9.

5.4.2.2 Hasil Pengujian Kekasaran Variabel 10 menit

Pengujian kekasaran dari permukaan spesimen dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Pengulangan pengujian permukaan dilakukan pada sisi yang sama dan pada titik yang kurang lebih sama. Hasil dari pengulangan pengujian kekasaran akan dirata-rata untuk mendapatkan hasil akhir sebagai konklusi kekasaran permukaan spesimen.

Tabel 5. 3 Pengujian 1 Kekasaran Variabel 10 menit

No	Temperatur Aseton	Waktu	Sisi Samping (μm)				Sisi Atas (μm)			
			Kiri	Tengah	Kanan	Rata-rata	Kiri	Tengah	Atas	Rata-rata
1	27 (cold vapor) °C	10 min	15,4	15,61	14,88	15,3	9,63	8,36	5,73	7,91
2	30 °C	10 min	17,83	17,41	17,88	17,71	8	7,56	10,51	8,69
3	40 °C	10 min	14,23	14,85	14,38	14,49	6,95	7,87	7,89	7,57
4	50 °C	10 min	6,9	7,79	11,36	8,68	7,07	3,34	6,4	5,6
5	60 °C	10 min	6,3	6,78	1,54	4,87	4,9	2,62	6,37	4,63

Tabel 5. 4 Pengujian 2 Kekasaran Variabel 10 menit

No	Temperatur Aseton	Waktu	Sisi Samping (μm)				Sisi Atas (μm)			
			Kiri	Tengah	Kanan	Rata-rata	Kiri	Tengah	Atas	Rata-rata
1	27 (cold vapor) °C	10 min	15,34	16,33	14,8	15,49	6,33	6,32	5,2	5,95
2	30 °C	10 min	17,66	16,96	17,75	17,46	8,89	6,59	6,99	7,49
3	40 °C	10 min	14,12	14,84	14,61	14,52	5,81	7,15	7,4	6,79

4	50 °C	10 min	11,36	11,19	9,01	10,52	6,41	3,32	5,28	5
5	60 °C	10 min	6,01	1,81	1,87	3,23	5,13	2,47	7,8	5,13

Tabel 5. 5 Pengujian 3 Kekasaran Variabel 10 menit

No	Temperatur Aseton	Waktu	Sisi Samping (μm)				Sisi Atas (μm)			
			Kiri	Tengah	Kanan	Rata-rata	Kiri	Tengah	Atas	Rata-rata
1	27 (cold vapor) °C	10 min	15,57	15,2	15,02	15,26	14,86	7,57	8,5	10,31
2	30 °C	10 min	17,97	17,83	17,78	17,86	8,41	7,78	9,25	8,48
3	40 °C	10 min	14,74	15,95	14,72	15,14	5,17	7,27	2,09	4,84
4	50 °C	10 min	7,14	10,57	10,45	9,39	5,96	3,58	9,53	6,36
5	60 °C	10 min	1,96	5,26	3,37	3,53	4,34	2,29	7,77	4,8

Tabel 5. 6 Rata-Rata Hasil Uji Kekasaran Variabel 10 Menit

No	Ra (μm)	N
1	11,70	N9
2	12,95	N10
3	10,56	N9
4	7,59	N9
5	4,37	N7

Berdasarkan 3 pengulangan pada pengujian kekasaran yang dilakukan didapatkan Rata-rata hasil uji kekasaran spesimen seperti yang tertera di tabel 5.6. Dengan waktu pemaparan selama 10 menit sudah bisa dilihat perbedaan yang signifikan dengan spesimen yang tidak dihaluskan. Pada parameter 10 menit dengan suhu 60 °C merupakan parameter terbaik dalam variabel ini dengan Ra 4,37 μm setara dengan N7.

5.4.2.3 Hasil Pengujian Kekasaran Variabel 20 menit

Sama seperti pengujian sebelumnya, dilakukan 3 kali pengulangan pada variabel ini. Yang membedakan pada variabel ini adalah dilakukan penghalusan dengan lama pemaparan aseton selama 20 menit dan dipanaskan pada suhu 27-60°C.

Tabel 5. 7 Pengujian 1 Kekasaran Variabel 20 menit

No	Temperatur Aseton	Waktu	Sisi Samping (μm)				Sisi Atas (μm)			
			Kiri	Tengah	Kanan	Rata-rata	Kiri	Tengah	Atas	Rata-rata
1	27 (cold vapor) °C	20 min	17,1	17,02	17,56	17,23	5,3	6,08	6,35	5,91
2	30 °C	20 min	13,39	13,88	13,98	13,75	5,52	5,43	6,9	5,95
3	40 °C	20 min	6,13	6,85	6,41	6,46	3,42	4,22	2,87	3,5

4	50 °C	20 min	2,94	3,56	3,65	3,38	0,81	0,61	1,48	0,97
5	60 °C	20 min	3,82	4,57	2,74	3,71	1,05	0,53	1,03	0,87

Tabel 5. 8 Pengujian 2 Kekasaran Variabel 20 menit

No	Temperatur Aseton	Waktu	Sisi Samping (μm)				Sisi Atas (μm)			
			Kiri	Tengah	Kanan	Rata-rata	Kiri	Tengah	Atas	Rata-rata
1	27 (cold vapor) °C	20 min	16,48	16,5	17,27	16,75	4,5	6,42	8,3	6,41
2	30 °C	20 min	13,81	13,64	13,66	13,7	8,08	6,04	6,94	7,02
3	40 °C	20 min	5,12	7,23	6,2	6,18	3,26	3,55	2,3	3,04
4	50 °C	20 min	3,68	2,75	6,38	4,27	1,73	0,81	1,34	1,29
5	60 °C	20 min	4,75	3,9	2,65	3,77	1,84	0,59	1,06	1,16

Tabel 5. 9 Pengujian 3 Kekasaran Variabel 20 menit

No	Temperatur Aseton	Waktu	Sisi Samping (μm)				Sisi Atas (μm)			
			Kiri	Tengah	Kanan	Rata-rata	Kiri	Tengah	Atas	Rata-rata
1	27 (cold vapor) °C	20 min	16,91	16,6	17,38	16,96	10,48	6,51	11,05	9,35
2	30 °C	20 min	14,22	13,53	13,74	13,83	4,62	5,25	6,01	5,29
3	40 °C	20 min	5,5	7,13	6,18	6,27	2,66	1,87	2,31	2,28
4	50 °C	20 min	3,33	3,43	1,88	2,88	1,15	0,67	1,69	1,17
5	60 °C	20 min	4,48	5,14	4,38	4,67	1,12	0,44	0,71	0,76

Tabel 5. 10 Rata-Rata Hasil Uji Kekasaran Variabel 20 Menit

No	Ra (μm)	N
1	12,10	N9
2	9,92	N9
3	4,62	N8
4	2,33	N7
5	2,49	N7

Berdasarkan 3 pengulangan pada pengujian kekasaran yang dilakukan didapatkan Rata-rata hasil uji kekasaran spesimen seperti yang tertera di tabel 5.10. Dengan waktu pemaparan selama 20 menit sudah bisa dilihat perbedaan yang signifikan dengan spesimen yang tidak dihaluskan. Pada parameter 20 menit dengan suhu 60 °C merupakan parameter terbaik dalam variabel ini dengan Ra 2,49 μm setara dengan N7.

5.4.2.4 Hasil Pengujian Kekasaran Variabel 30 menit

Sama seperti pengujian sebelumnya, dilakukan 3 kali pengulangan pada variabel ini. Yang membedakan pada variabel ini adalah dilakukan penghalusan dengan lama pemaparan aseton selama 30 menit dan dipanaskan pada suhu 27-60°C.

Tabel 5. 11 Pengujian 1 Kekasaran Variabel 30 menit

No	Temperatur Aseton	Waktu	Sisi Samping (μm)				Sisi Atas (μm)			
			Kiri	Tengah	Kanan	Rata-rata	Kiri	Tengah	Atas	Rata-rata
1	27 (cold vapor) °C	30 min	14,06	14,72	15,84	14,87	7,87	6,45	4,97	6,43
2	30 °C	30 min	6,26	7,64	5,76	6,55	1,7	1,77	2,07	1,85
3	40 °C	30 min	4,13	2,41	3,8	3,45	0,54	1,7	1,07	1,1
4	50 °C	30 min	5,33	5,67	6,19	5,73	1,5	0,93	1,37	1,27
5	60 °C	30 min	2,61	3,01	1,92	2,51	0,58	0,47	0,58	0,54

Tabel 5. 12 Pengujian 2 Kekasaran Variabel 30 menit

No	Temperatur Aseton	Waktu	Sisi Samping (μm)				Sisi Atas (μm)			
			Kiri	Tengah	Kanan	Rata-rata	Kiri	Tengah	Atas	Rata-rata
1	27 (cold vapor) °C	30 min	13,88	15,33	14,78	14,66	10,88	5,77	6,95	7,87
2	30 °C	30 min	7,37	6,4	4,58	6,12	2,09	2,12	2,4	2,2
3	40 °C	30 min	2,97	3,61	3,55	3,38	1,29	0,65	1,31	1,08
4	50 °C	30 min	3,72	4,12	5,89	4,58	1,4	1,41	1,32	1,38
5	60 °C	30 min	2,55	3,02	2,12	2,56	0,57	0,57	0,72	0,62

Tabel 5. 13 Pengujian 3 Kekasaran Variabel 30 menit

No	Temperatur Aseton	Waktu	Sisi Samping (μm)				Sisi Atas (μm)			
			Kiri	Tengah	Kanan	Rata-rata	Kiri	Tengah	Atas	Rata-rata
1	27 (cold vapor) °C	30 min	13,97	14,8	15,02	14,6	13,69	5,59	5,9	8,39
2	30 °C	30 min	5,77	6,19	6,1	6,02	4,32	1,11	1,68	2,37
3	40 °C	30 min	4,52	3,97	4	4,16	2,24	1,67	1,23	1,71
4	50 °C	30 min	5,75	4,35	5,45	5,18	1,48	1,09	1,34	1,3
5	60 °C	30 min	2,58	2,21	1,72	2,17	0,69	0,51	1,17	0,79

Tabel 5. 14 Rata-Rata Hasil Uji Kekasaran Variabel 30 Menit

No	Ra (μm)	N
1	11,14	N9
2	4,19	N8
3	2,48	N7
4	3,24	N8
5	1,53	N6

Berdasarkan 3 pengulangan pada pengujian kekasaran yang dilakukan didapatkan Rata-rata hasil uji kekasaran spesimen seperti yang tertera di tabel 5.14. Dengan waktu pemaparan selama 30 menit sudah bisa dilihat perbedaan yang signifikan dengan spesimen yang tidak dihaluskan. Pada parameter 30 menit dengan suhu 60 °C merupakan parameter terbaik dalam variabel ini dengan Ra 1.53 μm setara dengan N6.

5.4.2.5 Hasil Analisis Dengan Kondisi Variabel Ekstrim

Untuk memberikan validasi parameter yang telah ditentukan sebelumnya, dilakukan pengujian tambahan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui efek spesimen pada variabel yang melebihi batas parameter yang sudah ditentukan sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan variabel suhu 80°C selama 45 menit.

**Gambar 5. 20** Hasil Akhir Spesimen Dengan Variabel Ekstrim

Terlihat pada gambar 5.20 spesimen yang dihaluskan dengan variabel 80°C selama 45 menit mengalami deformasi yang signifikan. Deformasi terjadi terutama pada bagian siku dan sudut spesimen. Pelarutan terjadi terlalu banyak sehingga permukaan spesimen menjadi terlalu lunak dan kehilangan bentuk aslinya. Hal ini tentu akan menyebabkan perubahan dimensi awal spesimen jika proses penghalusan menggunakan variabel yang berlebihan dan memicu terjadinya deformasi pada permukaan spesimen secara berlebihan.

5.5 Pembahasan

Berdasarkan keseluruhan proses meliputi perancangan, realisasi, dan serangkaian percobaan yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain *chamber* yang telah dirancang belum bisa bekerja secara maksimal dikarenakan bagian *chamber* kurang vakum sedangkan proses evaporasi aseton tidak dapat terjadi pada ruang udara terbuka. Hal ini menyebabkan tidak terjadinya proses evaporasi aseton pada ruang *chamber* yang cukup untuk menghaluskan permukaan spesimen.
2. Korelasi variabel waktu pemaparan dan juga suhu pemanasan sangat berpengaruh dengan hasil kehalusan spesimen. Ketika suhu dan waktu ditingkatkan secara konsisten, terlihat bahwa kualitas permukaan menjadi lebih halus. Dan juga semakin besar juga volume aseton yang menguap dan mengembun di spesimen sehingga menghaluskan spesimen.
3. Penguapan terbanyak tercatat pada parameter suhu 60°C selama 30 menit, sebanyak 3.2 ml aseton berhasil diuapkan. Hal ini mengkonfirmasi bahwa pengaturan parameter juga akan mengatur jumlah uap yang dihasilkan yang nantinya akan menjadi peran utama dalam proses penghalusan spesimen.
4. Variabel waktu dan suhu juga terbukti mempengaruhi kekasaran dari permukaan spesimen. Peningkatan suhu serta lamanya pemaparan terbukti menghasilkan permukaan yang lebih halus berdasarkan tabel 5.2.
5. Proses penghalusan dengan metode penguapan aseton ini terbukti efektif dalam menurunkan tingkat kekasaran dari permukaan spesimen. Rata-rata tingkat kekasaran awal spesimen yang tidak dihaluskan adalah Ra 12.43 μm setara dengan N9. Sedangkan setelah dilakukan penghalusan pada parameter yang paling optimal, didapatkan rata-rata tingkat kekasaran spesimen mencapai Ra 1.53 μm setara dengan N6. Hasil ini dapat menunjukan adanya peningkatan yang signifikan pada tingkat kekasaran spesimen setelah dihaluskan dengan uap aseton.
6. Proses penghalusan dengan uap aseton bisa menyebabkan deformasi pada hasil cetak 3D print dengan filamen ABS jika variabel suhu dan waktu berlebihan. Berdasarkan percobaan yang sudah dilakukan, terjadi deformasi yang signifikan secara visual saat dilakukan penghalusan dengan variabel suhu 80°C dengan waktu pemaparan selama 45 menit.



BAB VI

PENUTUP

Pada bab ini akan dijabarkan kesimpulan akhir dari keseluruhan rangkaian kegiatan penelitian, mulai dari tahap perancangan desain sampai pengumpulan data analisis. Pada bab ini juga akan dibahas mengenai kendala yang dihadapi dalam proses penelitian dan juga memberi saran untuk pengembangan dari penelitian ini di masa yang mendatang.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh rangkaian kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan dari *chamber* penghalus permukaan hasil 3D *printing* berbasis aseton telah berhasil dibuat berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Desain *chamber* dibuat dalam bentuk gambar 3D serta 2D.
2. Desain dari *chamber* yang telah dibuat berhasil direalisasikan sesuai rancangan yang sudah dibuat sebelumnya.
3. Berdasarkan prototipe yang sudah dibuat, mekanisme penghantaran uap aseton pada desain rancangan awal *chamber* ternyata tidak berfungsi secara optimal. Sehingga dilakukan perubahan mekanisme yaitu dengan menghaluskan permukaan dengan kondisi berada di dalam satu *container* aseton dan ditutup sebisa mungkin tidak terpapar udara terbuka.
4. Berdasarkan desain yang sudah dirancang dapat diketahui bahwa uap aseton yang dihantarkan melalui selang tidak bisa menyebabkan evaporasi pada bagian *chamber*. Hal ini terjadi karena sifat aseton yang tidak bisa menggantikan udara terbuka yang ada di dalam *chamber*. Evaporasi yang jenuh hanya terjadi pada *container* aseton dan tidak mencapai ruang *chamber* sehingga spesimen tidak terhaluskan.
5. Metode alternatif yang dilakukan dengan meletakkan spesimen di *container* aseton secara bersamaan dan wadah yang lebih kecil terbukti efisien dalam menghaluskan permukaan spesimen. Tingkat kedekatan ruang *chamber* merupakan salah satu faktor yang penting dalam proses penghalusan dengan uap aseton.
6. Pemanasan yang dilakukan pada proses penghalusan juga terbukti efektif. Saat aseton dipanaskan, akan terjadi proses penguapan yang lebih signifikan, terlihat dari volume aseton yang berkurang setelah dilakukan proses penghalusan dengan parameter suhu dan

waktu tertentu. Penguapan aseton yang optimal terbukti dapat menghasilkan kualitas permukaan spesimen signifikan dibandingkan kondisi awal spesimen.

7. Berdasarkan percobaan penghalusan dengan *chamber*, didapatkan kehalusan tertinggi pada Ra 1.53 μm yang setara dengan N6. Untuk mencapai tingkat kehalusan tersebut digunakan parameter suhu 60°C dan dengan waktu selama 30 menit.

6.2 Kendala Penelitian

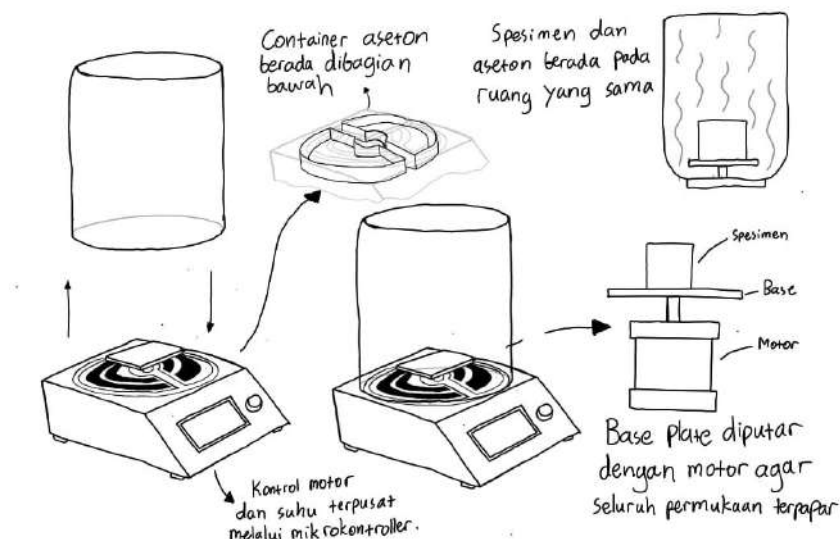
Selama proses penelitian dilakukan, terdapat beberapa kendala teknis yang ditemukan. Berikut kendala yang ditemukan selama kegiatan penelitian:

1. Desain awal yang direalisasi ternyata tidak optimal dalam menghantarkan aseton dari *container* ke *chamber*. Pada bagian *chamber* hanya terisi oleh uap aseton yang memiliki konsentrasi rendah, sehingga hanya terdapat aroma aseton yang menyengat namun tidak cukup jenuh untuk menghasilkan embun yang akan menghaluskan permukaan spesimen.
2. Proses penelitian alternatif dilakukan dalam *container* penampungan aseton secara langsung karena desain *heater* terletak pada *holder container*. Dikarenakan keterbatasan waktu dan desain yang ada tidak memungkinkan, *chamber* yang sudah ada belum bisa digunakan sebagai sarana penelitian secara langsung karena dibutuhkan rancangan khusus lain jika ingin menggunakan *chamber* dari desain yang sudah dibuat.

6.3 Saran Pengembangan

Untuk pengembangan dari penelitian ini di masa depan, terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan kedepannya. Berikut beberapa saran yang dapat dilakukan di masa depan:

1. Perancangan ulang pada mekanisme penguapan aseton yang lebih *direct* pada spesimen sehingga proses penguapan bisa lebih tertuju pada *chamber* tanpa perantara.
2. Perancangan desain *chamber* yang lebih vakum dan tidak tembus dengan udara sekitar sehingga proses evaporasi aseton dapat berlangsung dengan maksimal.



Gambar 6. 1 Sketsa Rancangan Chamber Kedepanya

Seperti yang terlihat pada gambar 6.1, *chamber* dibuat lebih vakum sehingga meminimalisir udara yang masuk ke dalam *chamber* sehingga tidak mengganggu proses penguapan aseton. Bagian *base* juga dibuat berputar sehingga seluruh permukaan dari spesimen bisa terpapar secara merata. Sistem otomatisasi pada *chamber* akan menjadi lebih terpusat menggunakan mikro kontroler yang memungkinkan pengaturan suhu, motor, dan waktu pemaparan secara terpusat.

3. Analisis yang lebih mendalam pada sifat atau karakteristik mekanis pada spesimen yang sudah dihaluskan dengan metode penguapan aseton seperti uji tarik.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. M. (2025). Preparation and Characterization of PLA Filaments for FDM 3D Printing. *Journal of Mechanical Engineering*, 22(1), 223–232.
<https://doi.org/10.24191/jmeche.v22i1.4566>
- Acierno, D., & Patti, A. (2023). Fused Deposition Modelling (FDM) of Thermoplastic-Based Filaments: Process and Rheological Properties—An Overview. In *Materials* (Vol. 16, Issue 24). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/ma16247664>
- Ademola, A. O., Oladele, I. O., Oluyemi, D. O., Oke, S. R., Akinbamiyori, I., & Taiwo, A. S. (2025). Development of polyvinyl chloride composites with enhanced mechanical properties using modified ceramic particles. *Iranian Polymer Journal (English Edition)*.
<https://doi.org/10.1007/s13726-025-01454-6>
- Ahsan, A., Alam, Z., Imteaz, M. A., Sharif Hossain, A., & Halim Ghazali, A. (n.d.). *Evaporation Phenomenon Inside a Solar Still: From Water Surface to Humid Air*.
www.intechopen.com
- Anwar, S., & Li, X. (2024). A review of high-quality epoxy resins for corrosion-resistant applications. In *Journal of Coatings Technology and Research* (Vol. 21, Issue 2, pp. 461–480). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11998-023-00865-5>
- Azline, N. M. N., Byron, K. N., Aznieta, F. N. A. A., & Ernaleza, M. (2023). A brief review on polyvinyl chloride plastic as aggregate for construction materials. In *Journal of Engineering and Applied Science* (Vol. 70, Issue 1). Institute for Ionics.
<https://doi.org/10.1186/s44147-023-00319-0>
- Badro, O. I. (n.d.). *Production of Acetone by Dehydrogenation of Isopropyl Alcohol Poster*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27058.07368>
- Baluyut, R. M. D., Barotolome, J. R. N., De Guzman, H. R. B., Morales, J. L., Moscosa, A. N., Olavides, A. D., Sanchez, J. A. B., Espino, M. T., Gache, C. C. L., Tuazon, B. J., & Dizon, J. R. C. (2023). Design Optimization of DR3AM Vapor Polishing Device for ABS 3D-Printed Parts. *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology*, 5(2).
<https://doi.org/10.26877/asset.v5i2.16271>
- Bharat Bhushan. (2001). *Surface Roughness Analysis and Measurement Techniques*.

- Chakraborty, S., & Mohapatra, S. B. (2020). *Use of Acetone & Water Combination as Refrigerant in Vapour Compression Refrigeration System (VCRS): A Process Development & Validation*. 8. www.ijraset.com
- Chohan, J. S., Kumar, R., Singh, T. C. B., Singh, S., Sharma, S., Singh, J., Mia, M., Pimenov, D. Y., Chattopadhyaya, S., Dwivedi, S. P., & Kapłonek, W. (2020). Taguchi s/n and topsis based optimization of fused deposition modelling and vapor finishing process for manufacturing of ABS plastic parts. *Materials*, 13(22), 1–15.
<https://doi.org/10.3390/ma13225176>
- Dave, H. K., & Davim, J. P. (n.d.). *Materials Forming, Machining and Tribology*.
<http://www.springer.com/series/11181>
- Demircali, A. A., Yilmaz, D., Yilmaz, A., Keskin, O., Keshavarz, M., & Uvet, H. (2024). Enhancing mechanical properties and surface quality of FDM-printed ABS: A comprehensive study on cold acetone vapor treatment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 130(7–8), 4027–4039.
<https://doi.org/10.1007/s00170-023-12929-2>
- Deshmukh, K., Muzaffar, A., Kovářík, T., Křenek, T., Ahamed, M. B., & Pasha, S. K. K. (2019). Fundamentals and applications of 3D and 4D printing of polymers: Challenges in polymer processing and prospects of future research. In *3D and 4D Printing of Polymer Nanocomposite Materials: Processes, Applications, and Challenges* (pp. 527–560). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816805-9.00017-X>
- Dey, A., Eagle, I. N. R., & Yodo, N. (2021). A review on filament materials for fused filament fabrication. In *Journal of Manufacturing and Materials Processing* (Vol. 5, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/jmmp5030069>
- Dixit, N., Sharma, V., & Kumar, P. (2021). Research trends in abrasive flow machining: A systematic review. In *Journal of Manufacturing Processes* (Vol. 64, pp. 1434–1461). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.03.009>
- Gache, C. C., Tuazon, B., Espino, M. T., & Advincula, R. C. (n.d.). *Fabrication and Testing of a Vapor Polishing Device for ABS 3D-Printed Parts*.
<https://www.researchgate.net/publication/368473235>
- Gao, H., Kaweesa, D. V., Moore, J., & Meisel, N. A. (2017). Investigating the Impact of Acetone Vapor Smoothing on the Strength and Elongation of Printed ABS Parts. *JOM*, 69(3), 580–585. <https://doi.org/10.1007/s11837-016-2214-5>
- Haidiezul, A., Dolah, M., Khalid, M., Shuaib, N., Omar, N., & Mahmud, A. (n.d.).
EVALUATING THE IMPACT OF SANDBLASTING AND SPRAY COATING ON

- SURFACE THICKNESS IN ABS 3D PRINTED PARTS. *Journal of Advanced Manufacturing Technology*.
- Hartwell, R., Coult, G., & Overend, M. (2022). *Mapping the flat glass value-chain: A material flow analysis and energy balance of UK production*.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1401635/v1>
- Huang, W., Jiang, X., Zhang, Y., Tang, Z., Sun, Z., Liu, Z., Zhao, L., & Liu, Y. (2023). Robust superhydrophobic silicone/epoxy functional coating with excellent chemical stability and self-cleaning ability. *Nanoscale*, 15(44), 17793–17807.
<https://doi.org/10.1039/d3nr04062c>
- Juneja, S., Chohan, J. S., Kumar, R., Sharma, S., Ilyas, R. A., Asyraf, M. R. M., & Razman, M. R. (2022). Impact of Process Variables of Acetone Vapor Jet Drilling on Surface Roughness and Circularity of 3D-Printed ABS Parts: Fabrication and Studies on Thermal, Morphological, and Chemical Characterizations. *Polymers*, 14(7).
<https://doi.org/10.3390/polym14071367>
- KARTAL, F., & KAPTAN, A. (2024). Experimental investigation and optimization of the effect garnet vibratory tumbling as a post-process on the surface quality of 3D printed PLA parts. *European Mechanical Science*, 8(1), 19–28.
<https://doi.org/10.26701/ems.1339622>
- Kesvarakul, R., & Limpadapun, K. (2019). The study and development of factor affecting the smoothness in 3d printed part surface treatment via acetone vapor. *Key Engineering Materials*, 821 KEM, 174–180.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.821.174>
- Kim, M. K., Lee, I. H., & Kim, H. C. (2018). Effect of fabrication parameters on surface roughness of FDM parts. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 19(1), 137–142. <https://doi.org/10.1007/s12541-018-0016-0>
- Kristiawan, R. B., Imaduddin, F., Ariawan, D., Ubaidillah, & Arifin, Z. (2021a). A review on the fused deposition modeling (FDM) 3D printing: Filament processing, materials, and printing parameters. In *Open Engineering* (Vol. 11, Issue 1, pp. 639–649). De Gruyter Open Ltd. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0063>
- Kristiawan, R. B., Imaduddin, F., Ariawan, D., Ubaidillah, & Arifin, Z. (2021b). A review on the fused deposition modeling (FDM) 3D printing: Filament processing, materials, and printing parameters. In *Open Engineering* (Vol. 11, Issue 1, pp. 639–649). De Gruyter Open Ltd. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0063>

- Kumar, K. S., Soundararajan, R., Shanthosh, G., Saravanakumar, P., & Ratteesh, M. (2021). Augmenting effect of infill density and annealing on mechanical properties of PETG and CFPETG composites fabricated by FDM. *Materials Today: Proceedings*, 45, 2186–2191. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.078>
- Loos, M. R., Coelho, L. A. F., Pezzin, S. H., & Amico, S. C. (2008). The effect of acetone addition on the properties of epoxy. *Polimeros*, 18(1), 76–80. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282008000100015>
- Mathew, A., Kishore, S. R., Tomy, A. T., Sugavaneswaran, M., Scholz, S. G., Elkaseer, A., Wilson, V. H., & John Rajan, A. (2023). Vapour polishing of fused deposition modelling (FDM) parts: a critical review of different techniques, and subsequent surface finish and mechanical properties of the post-processed 3D-printed parts. In *Progress in Additive Manufacturing* (Vol. 8, Issue 6, pp. 1161–1178). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40964-022-00391-7>
- Mazzanti, V., Malagutti, L., & Mollica, F. (2019). FDM 3D printing of polymers containing natural fillers: A review of their mechanical properties. In *Polymers* (Vol. 11, Issue 7). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/polym11071094>
- Mu, M., Ou, C. Y., Wang, J., & Liu, Y. (2020). Surface modification of prototypes in fused filament fabrication using chemical vapour smoothing. *Additive Manufacturing*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.100972>
- Mwema, F. M., & Akinlabi, E. T. (2020). Basics of Fused Deposition Modelling (FDM). In *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology* (pp. 1–15). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48259-6_1
- Nanda Kumar, P., Ravi Kumar, P. S., Lakshmi Narayana, C., & Uday Kumar, P. (2024). Evaluation of tensile properties of ABS material specimen using commercial and manufactured filaments in FDM process. *Journal of Physics: Conference Series*, 2765(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2765/1/012010>
- Neuville, D. R. (2022). Glass, an ubiquitous material. *Comptes Rendus - Geoscience*, 354(1 S), 1–14. <https://doi.org/10.5802/crgeos.171>
- Odian, G. (n.d.). *PRINCIPLES OF POLYMERIZATION Fourth Edition*.
- Othman, N. H., Mustapha, M., Sallih, N., Ahmad, A., Mustapha, F., & Ismail, M. C. (2022). The Effect of Residual Solvent in Carbon-Based Filler Reinforced Polymer Coating on the Curing Properties, Mechanical and Corrosive Behaviour. *Materials*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/ma15103445>
- Outokumpu, ©. (n.d.). *Handbook of Stainless Steel*.

- Pestano, V., Pohlmann, M., & Silva, F. P. da. (2022). Effect of Acetone Vapor Smoothing Process on Surface Finish and Geometric Accuracy of Fused Deposition Modeling ABS Parts. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 10(10), 1–9.
<https://doi.org/10.4236/msce.2022.1010001>
- Sauer, M. (n.d.). Industrial production of acetone and butanol by fermentation-100 years later
 Downloaded from. In *FEMS Microbiology Letters Advance Access*.
<http://femsle.oxfordjournals.org/>
- Schino, A. Di. (n.d.). *Manufacturing and Application of Stainless Steels*.
www.mdpi.com/journal/metals
- Stratasys. (2019). *Thermoplastics: The Strongest Choice for 3D Printing When Material Stability And Long-Term Performance Is Paramount*.
- Tasos Polygenis. (2023, May 2). *The Ultimate Guide to 3D Printing Post-Processing Techniques*.
- Wickramasinghe, S., Do, T., & Tran, P. (2020a). FDM-Based 3D printing of polymer and associated composite: A review on mechanical properties, defects and treatments. In *Polymers* (Vol. 12, Issue 7, pp. 1–42). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/polym12071529>
- Wickramasinghe, S., Do, T., & Tran, P. (2020b). FDM-Based 3D printing of polymer and associated composite: A review on mechanical properties, defects and treatments. In *Polymers* (Vol. 12, Issue 7, pp. 1–42). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/polym12071529>
- Wilkes, C. E. ., Summers, J. W. ., Daniels, C. A. ., & Berard, M. T. . (2005). *PVC handbook*. Hanser.
- Xu, K., Xi, T., & Liu, C. (2019). Design of the desktop vapor polisher with acetone vapor absorption mechanism. *Journal of Physics: Conference Series*, 1303(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1303/1/012061>



LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Biaya per Pemrosesan

Parameter Input		
Parameter	Nilai	Satuan
Daya Heater	30	Watt
Durasi Proses	0.5	Jam
Harga Aseton	40.000	Rp/Liter
Penggunaan Aseton	10	ml
Tarif Listrik	1445	Rp/kWh

Lampiran 2 Tabel Biaya Total per Pemrosesan

Hasil Perhitungan Biaya	
Deskripsi	Biaya total
Biaya Aseton	Rp400,00
Biaya Listrik	Rp22,00
TOTAL BIAYA PER PROSES	Rp422,00

Lampiran 3 Tabel Jadwal Pelaksanaan Penelitian

[illegible]

Lampiran 4 Tabel Biaya Realisasi *Chamber*

No	Alat & Bahan	Harga	Jml	Satuan	Ongkos kirim	Harga Total
1	Hinge 20x20	Rp11,000	2	pcs	Rp3,500	Rp25,500
2	Container Stainles steel 550cc	Rp103,815	1	pcs	Rp14,000	Rp117,815
3	Heater element PTC 12V	Rp27,000	3	pcs	Rp6,500	Rp87,500
4	Motor pompa DC 12V	Rp22,500	2	pcs	Rp6,500	Rp51,500
5	Thermostat digital DC	Rp28,000	2	pcs	Rp3,500	Rp59,500
6	DC Motor speed controller	Rp57,000	1	pcs	Rp3,500	Rp60,500
7	Power Supply 12V 20A	Rp82,500	1	pcs	Rp7,000	Rp89,500
8	Silicone Pad 1mm 10x100cm	Rp34,000	1	pcs	Rp3,500	Rp37,500
9	Stainless steel L elbow 20x20	Rp58,500	3	pcs	Rp0	Rp175,500
10	PVC Sheet 3mm	Rp175,000	1	pcs	Rp0	Rp175,000
11	Kaca 300x200x3mm	Rp10,000	1	pcs	Rp0	Rp10,000
12	Rivet nut M4	Rp30,000	1	pcs	Rp0	Rp30,000
13	Baut JF 5x15 mm	Rp500	12	pcs	Rp0	Rp6,000
14	Baut L JF 4x15mm	Rp550	30	pcs	Rp0	Rp16,500
15	Mur 5mm	Rp75	12	pcs	Rp0	Rp900
16	Selang 5/16	Rp2,000	2	m	Rp0	Rp4,000
17	Filament ABS	Rp180,000	1	roll	Rp0	Rp180,000
18	Aseton	Rp41,000	1	liter	Rp0	Rp41,000
19	Gelas Ukur 10ml	Rp45,000	1	pcs	Rp0	Rp45,000
20	Kabel merah hitam	Rp2,300	2	m	Rp0	Rp4,600
21	Kabel AC buntung	Rp7,300	1	pcs	Rp0	Rp7,300
22	Swich ON OFF	Rp1,300	1	pcs	Rp0	Rp1,300
23	Cat Biru	Rp31,000	1	pcs	Rp0	Rp31,000
24	Cat Putih	Rp25,000	1	pcs	Rp0	Rp25,000
25	Thiner	Rp32,000	1	pcs	Rp0	Rp32,000
26	Epoxy	Rp26,000	1	pcs	Rp0	Rp26,000
27	TD ST 6mm	Rp25,000	1	pcs	Rp0	Rp25,000
28	TD ST 4mm	Rp16,500	1	pcs	Rp0	Rp16,500
29	Fitting elbow 8mm	Rp10,800	2	pcs	Rp6,500	Rp28,100
30	Fitting lurus 8mm	Rp15,000	2	pcs	Rp0	Rp30,000
31	Fitting lurus 6mm	Rp5,800	2	pcs	Rp0	Rp11,600
32	Elbow akrilik	Rp3,216	3	pcs	Rp8,000	Rp17,648
33	Motor pompa dc 12v	Rp38,400	1	pcs	Rp2,500	Rp40,900
34	Besi L 2,5 cm	Rp47,000	1	pcs	Rp0	Rp47,000
		Total Pengeluaran				Rp1,557,163

Lampiran 5 Tabel Ukuran Spesimen Setelah Dihaluskan

No	10 min			20 min			30 min		
	Panjang	Lebar	Tinggi	Panjang	Lebar	Tinggi	Panjang	Lebar	Tinggi
1	20,1 mm	20,04 mm	19,6 mm	20,1 mm	20,06 mm	19,58 mm	20,08 mm	20,04 mm	19,54 mm
2	20,1 mm	20,06 mm	19,5 mm	20,1 mm	20,06 mm	19,5 mm	20,04 mm	20,02 mm	19,5 mm
3	20,1 mm	20,04 mm	19,62 mm	20,06 mm	20,02 mm	19,5 mm	20,06 mm	20,04 mm	19,5 mm
4	20,08 mm	20,02 mm	19,5 mm	20,08 mm	20,02 mm	19,54 mm	20,08 mm	20,04 mm	19,3 mm
5	20,06 mm	20,06 mm	19,48 mm	20,08 mm	20,02 mm	19,44 mm	20,02 mm	20 mm	19,52 mm



POLITEKNIK ATMI SURAKARTA

Kampus I : Jl. Mojo No. 1, Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145. Phone : +62 271 714466 • Fax : +62 271 714390
 Kampus II : Jl. Adi Sucipto Km 9.5, Blalukan, Colomadu, Karanganyar 57174. Phone: +62 271 7686220
 E-mail: politeknik@atmi.ac.id • Website: <http://www.atmi.ac.id>
 Jawa Tengah, Indonesia

SURAT KEPUTUSAN WAKIL DIREKTUR BIDANG AKADEMIK POLITEKNIK ATMI SURAKARTA Nomor : 12.05/Poltek-ATMI/III/2030

Tentang

PENUGASAN DOSEN PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT TAHUN AKADEMIK 2024/2025

- | | |
|-----------|---|
| Menimbang | : a. Bahwa dalam rangka pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi khususnya Bidang Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat di Lingkungan Politeknik ATMI Surakarta.
b. Bahwa sehubungan dengan butir a diatas, dipandang perlu menerbitkan surat tugas keputusannya. |
| Mengingat | : a. Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen.
b. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi
c. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2022, tentang Standar Nasional Pendidikan.
d. Statuta Politeknik ATMI Surakarta. |

MEMUTUSKAN

- | | |
|------------|---|
| Menetapkan | : a. Menetapkan Saudara yang tersebut dalam lampiran Surat Keputusan ini sebagai pelaksana Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat di Politeknik ATMI Surakarta pada Tahun Akademik 2024/2025
b. SK ini diberikan dengan hormat kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan dengan sebaik-baiknya serta penuh tanggung jawab.
c. Kinerja yang bersangkutan akan dievaluasi dan memungkinkan untuk adanya pencabutan Surat Keputusan berdasarkan penilaian kinerja tersebut.
d. Segala sesuatu yang belum diatur di dalam Surat Keputusan ini akan ditentukan kemudian
e. Surat Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai dengan tanggal 29 Agustus 2025 dengan ketentuan akan diperbaiki sebagaimana mestinya apabila ternyata terdapat kekeliruan. |
|------------|---|

Ditetapkan di : Surakarta

Pada Tanggal : 3 Maret 2025

Wakil Direktur Bidang Akademik

Ir. Adi Nugroho, S.T., M.Sc.
 NIK. 713/07/05


POLITEKNIK ATMI SURAKARTA

Kampus I : Jl. Mojo No. 1, Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145. Phone : +62 271 714466 • Fax : +62 271 714390

Kampus II : Jl. Adi Sucipto Km 9.5, Blulukan, Colomadu, Karanganyar 57174. Phone: +62 271 7686220

 E-mail: politeknik@atmi.ac.id • Website: <http://www.atmi.ac.id>

Jawa Tengah, Indonesia

Lampiran Surat Keputusan :

Nomor : 12.05/Poltek-ATMI/III/2030

Tanggal : 3 Maret 2025

**Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Tahun Akademik 2024 - 2025**

Judul Penelitian

**Perancangan dan Analisis Chamber Penghalus Permukaan Hasil 3D Printing
Filament Berbasis Aseton**

Tim Peneliti :

No.	Nama	NIK/NIM	NIM	Keterangan
1.	Ir. Agus Kurniawan, S.T., M.T.	0589/03/02		Ketua Peneliti
2.	Bernardus Aditya Luky Arista		2024PTPM02	Anggota Peneliti
3.	Ivan		2024PTPM06	Anggota Peneliti
4.	Ir. Adhi Setya Utama, S.T., M.Sc.	1616/04/19		Anggota Peneliti
5.	Winastwan Sista Hayu, S.Tr.T.	1675/01/22		Anggota Peneliti



Surakarta, 3 Maret 2025

Wakil Direktur Bidang Akademik

Ir. Adi Nugroho, S.T., M.Sc.

NIK. 718/07/05