



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**MODIFIKASI *SLUDGE DRYING BED* DENGAN
PENAMBAHAN *DRYING CHAMBER*
MENGUNAKAN *HEATER* LISTRIK DAN *FAN*
DI IPAL PT X**

SKRIPSI
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:
ENDANG SUDRAJAT
NIM. 2202411023

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**MODIFIKASI *SLUDGE DRYING BED* DENGAN
PENAMBAHAN *DRYING CHAMBER*
MENGUNAKAN *HEATER* LISTRIK DAN *FAN*
DI IPAL PT X**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan diploma IV Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur

Oleh:
ENDANG SUDRAJAT
NIM. 2202411023

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

“Skripsi ini kupersembahkan untuk ayah, almh. ibu, bangsa dan almamater”

"Kesuksesan bukan hanya tentang menemukan solusi, tetapi tentang ketekunan dalam merancang, memperbaiki, dan menyempurnakan setiap proses."

"Setiap permasalahan adalah awal dari sebuah inovasi, dan setiap inovasi lahir melalui proses yang terukur."

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sampai mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri."

(QS. Ar-Ra'd: 11)

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

**MODIFIKASI *SLUDGE DRYING BED* DENGAN PENAMBAHAN
DRYING CHAMBER MENGGUNAKAN *HEATER LISTRIK* DAN *FAN*
DI IPAL PT X**

Oleh
Endang Sudrajat
NIM. 2202411023
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

M. Prasha Risfi Silitonga, S.Si., M.T.
NIP. 199403192022031006

Pembimbing 2

Asep Yana Yusyama, S.Pd., M.Pd.
NIP. 199001112019031016

Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur

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



Hak Cipta :

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

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

**MODIFIKASI *SLUDGE DRYING BED* DENGAN PENAMBAHAN
DRYING CHAMBER MENGGUNAKAN *HEATER* LISTRIK DAN *FAN*
DI IPAL PT X**

Oleh
Endang Sudrajat
NIM. 2202411023
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 10 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Manufaktur Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	M. Prasha Risfi Silitonga, S.Si., M.T. NIP. 199403192022031006	Ketua		
2	Dr.Eng., Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si, M.Eng. NIP. 198901312019031009	Anggota		17/7/26
3	Andy Permana Rusdja, S.S.T., M.T. NIP. 199302222024061001	Anggota		16/7/26.

Depok, 16 Juli 2026
Disahkan oleh:
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 197602252000121002



Hak Cipta :

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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Endang Sudrajat
NIM : 2202411023
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-bearnya

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 08 Juli 2026

Endang Sudrajat
NIM. 2202411023



Hak Cipta :

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

MODIFIKASI *SLUDGE DRYING BED* DENGAN PENAMBAHAN *DRYING CHAMBER* MENGGUNAKAN *HEATER LISTRIK* DAN *FAN* DI IPAL PT X

Endang Sudrajat¹⁾, Muhammad Prasha Risfi Silitonga¹⁾, Asep Yana Yusyama¹⁾

¹⁾ Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: endang.sudrajat.tm22@mhswnpnj.ac.id

ABSTRAK

Sistem pengeringan *sludge* menggunakan *Sludge Drying Bed* (SDB) konvensional di IPAL PT X belum mampu mengimbangi volume *sludge* yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah karena ketergantungan terhadap kondisi cuaca, sehingga menyebabkan akumulasi *sludge* dan risiko *overflow* pada kolam sedimentasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang modifikasi SDB dengan penambahan *Drying Chamber* menggunakan *Finned Tubular Heater* dan *Axial Fan*, memvalidasi rancangan melalui simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD), serta mewujudkan rancangan melalui tahap fabrikasi prototipe. Metode perancangan yang digunakan adalah metode M.J. French yang mencakup tahapan analisis masalah, perancangan dan penegasan konsep, serta pendetailan konsep. Validasi desain dilakukan menggunakan SolidWorks 2020 *Flow Simulation* dengan parameter *inlet velocity* 4,1 m/s berdasarkan hasil pengukuran anemometer, daya heater 4000 W, dan *setpoint* suhu 60°C. Proses fabrikasi dilakukan menggunakan material Plat *Stainless Steel* 304 melalui tahapan *cutting* dengan mesin *laser cutting*, *forming* menggunakan mesin *bending* hidrolik, *joining* dengan metode *rivet*, *assembly* seluruh komponen, dan *finishing* dengan penambahan *sealant* tahan panas. Hasil perancangan menunjukkan bahwa Konsep 1 terpilih sebagai konsep terbaik dengan nilai total 4,60 berdasarkan matriks keputusan terbobot. Hasil simulasi CFD menunjukkan bahwa *Drying Chamber* menghasilkan suhu rata-rata fluida sebesar 69°C dengan suhu pada permukaan *sludge* berkisar antara 67,33°C hingga 69,14°C, serta pola aliran udara yang merata ke seluruh permukaan *sludge* tanpa ditemukan *dead zone* yang signifikan. Prototipe SDB modifikasi dengan *Drying Chamber* berhasil difabrikasi sesuai rancangan teknis yang telah dibuat dan siap untuk evaluasi lebih lanjut.

Kata Kunci: *Sludge Drying Bed*, *Drying Chamber*, Metode M.J. French, CFD, Konveksi Paksa, Fabrikasi.



Hak Cipta :

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

MODIFIKASI *SLUDGE DRYING BED* DENGAN PENAMBAHAN *DRYING CHAMBER* MENGGUNAKAN *HEATER* LISTRIK DAN *FAN* DI IPAL PT X

Endang Sudrajat¹⁾, Muhammad Prasha Risfi Silitonga¹⁾, Asep yana Yusyama¹⁾

¹⁾ Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: endang.sudrajat.tm22@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRACT

The conventional Sludge Drying Bed (SDB) system at the WWTP of PT X has been unable to keep up with the volume of sludge generated from the wastewater treatment process due to its dependence on weather conditions, resulting in sludge accumulation and overflow risks in the sedimentation pond. This study aims to design a modification of the SDB by adding a Drying Chamber equipped with a Finned Tubular Heater and Axial Fan, validate the design through Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation, and realize the design through prototype fabrication. The M.J. French design method was applied, encompassing problem analysis, conceptual design and concept affirmation, and concept detailing stages. Design validation was carried out using SolidWorks 2020 Flow Simulation with an inlet velocity of 4.1 m/s based on anemometer measurement results, heater power of 4000 W, and a temperature setpoint of 60°C. The fabrication process utilized Stainless Steel 304 plate material through laser cutting, hydraulic bending, rivet joining, component assembly, and finishing with heat-resistant sealant. The design results indicate that Concept 1 was selected as the best concept with a total score of 4.60 based on the weighted decision matrix. CFD simulation results show that the Drying Chamber produces an average fluid temperature of 69°C with temperatures at the sludge surface ranging from 67.33°C to 69.14°C, and a uniform airflow pattern across the entire sludge surface with no significant dead zones identified. The modified SDB prototype with a Drying Chamber was successfully fabricated in accordance with the technical design and is ready for further evaluation.

Keywords: *Sludge Drying Bed, Drying Chamber, M.J. French Method, CFD, Forced Convection, Fabrication.*



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Modifikasi *Sludge Drying Bed* Dengan Penambahan *Drying Chamber* Menggunakan *Heater* Listrik dan *Fan* di IPAL PT X**" dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (S.Tr.T.) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kesehatan, kemudahan, dan kekuatan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, kasih sayang, motivasi, serta dukungan baik moral maupun material kepada penulis.
3. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Radhi Maladzi, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur.
5. Bapak Prasha Risfi Silitonga, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang senantiasa membantu dan memberi arahan dalam penyelesaian penelitian ini.
6. Bapak Asep Yana Yusyama, S.Pd., M.Pd. selaku dosen pembimbing 2 yang senantiasa memberikan arahan dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Ronaldo, Bapak Junjung dan segenap tim Departemen Engineering PT X yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan akses, arahan, dan waktunya dalam mendukung kelancaran penelitian ini.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

8. Teman-teman Manufaktur 22 yang telah memberikan semangat, serta bantuan baik secara langsung maupun tidak dan berjuang bersama dalam menyelesaikan skripsi ini
9. Terkhusus untuk Almarhumah Kakak (Teteh) yang telah berpulang pada saat penulis menempuh Semester 1, serta Almarhumah Ibu tercinta yang berpulang pada tanggal 24 Maret 2026 (H+3 Idulfitri) ketika penulis berada di Semester 8 ini. Terima kasih atas kasih sayang, doa, pengorbanan, dan pelajaran hidup yang telah diberikan selama kalian bersama penulis. Meskipun kini kalian telah tiada, cinta, nasihat, dan kenangan indah akan selalu hidup di hati penulis. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat, ampunan, serta menempatkan kalian di tempat terbaik di sisi-Nya, Aamiin. Karya sederhana ini penulis persembahkan sebagai bentuk rasa cinta, bakti, dan doa yang tidak akan pernah putus.
10. Yang terakhir, untuk penulis sendiri. Terimakasih sudah bertahan sampai sejauh ini, dimulai dari lulus SMA sampai di titik ini dengan dinamika kehidupan yang terus-terusan menerpa perjalanan demi perjalanan penulis, semoga kamu tetap semangat, sabar dan pantang menyerah dalam menjalankan dinamika kehidupan selanjutnya, selalu berada di lingkungan positif, tercapai segala keinginannya, serta selalu dalam lindungan Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan penelitian ini di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menjadi referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang perancangan sistem pengeringan *sludge* dan teknologi manufaktur.

Depok, 30 Juni 2026

Endang Sudrajat
NIM. 2202411023



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Pertanyaan Penelitian	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Batasan Masalah.....	7
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Landasan Teori	9
2.1.1 <i>Sludge</i>	9
2.1.2 <i>Sludge Drying Bed (SDB)</i>	10
2.1.3 <i>Drying Chamber</i>	11
2.1.4 Perpindahan Panas Konveksi	12
2.1.5 Pengeringan.....	13



Hak Cipta :

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

2.1.6 <i>Finned Tubular Heater</i>	16
2.1.7 <i>Fan</i>	17
2.1.8 Metode Perancangan French	19
2.1.9 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	21
2.1.10 Proses Fabrikasi	23
2.2 Kajian Literatur	23
2.3 Kerangka Pemikiran	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Diagram Alir Penelitian	28
3.2 Jenis Penelitian	31
3.3 Objek Penelitian	31
3.4 Metode Pengambilan Sampel	31
3.5 Jenis dan Sumber Data Penelitian	32
3.6 Metode Pengumpulan Data Penelitian	33
3.7 Metode Analisis Data	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Perancangan Desain Metode French	36
4.1.1 Analisis Masalah	36
4.1.2 Perancangan Konsep	39
4.1.3 Penegasan Konsep	43
4.1.4 Pendetailan Konsep	46
4.2 Simulasi <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	51
4.2.1 Pemodelan Geometri dan <i>Meshing</i>	52
4.2.2 Penentuan <i>Boundary Condition</i>	55
4.2.3 <i>Grid Independence Test (GIT)</i>	57
4.2.4 Hasil Distribusi Temperatur	58
4.2.5 Hasil Pola Aliran Udara	64
4.3 Proses Fabrikasi	69
4.3.1 <i>Cutting</i>	69
4.3.2 <i>Forming</i>	69
4.3.3 <i>Joining</i>	75



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

4.3.4 <i>Assembly</i>	77
4.3.5 <i>Finishing</i>	79
BAB V PENUTUP	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN.....	88





Hak Cipta :

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Prediksi musim hujan 2025/2026 di Indonesia	2
Gambar 1.2 <i>Sludge Drying Bed</i> PT X.....	3
Gambar 1.3 <i>Overflow</i> kolam endapan 2 di PT X	3
Gambar 2.1 Skema pengeringan lumpur dalam sistem SDB.....	10
Gambar 2.2 Desain SDB	11
Gambar 2.3 Perbedaan pengeringan dan penguapan	15
Gambar 2.4 Tipe <i>finned tubular heater</i>	17
Gambar 2.5 Diagram alir metode French.....	19
Gambar 2.6 Tahapan Pengerjaan CFD.....	22
Gambar 2.7 Kerangka berfikir penelitian.....	27
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	28
Gambar 4.1 <i>Black box</i> diagram proses pengeringan.....	37
Gambar 4.2 Konsep 1.....	41
Gambar 4.3 Konsep 2.....	42
Gambar 4.4 Konsep 3.....	43
Gambar 4.5 <i>Explode View</i> SDB Modifikasi	47
Gambar 4.6 Dimensi Chamber.....	48
Gambar 4.7 <i>Wiring</i> diagram sistem	51
Gambar 4.8 Model geometri	53
Gambar 4.9 Mesh model.....	54
Gambar 4.10 <i>Boundary condition</i>	55
Gambar 4.11 Grafik Konvergensi <i>Average Velocity</i>	57
Gambar 4.12 Grafik Konvergensi <i>Average Fluid Temperature</i>	58
Gambar 4.13 <i>Flow trajectories</i> temperature	59
Gambar 4.14 <i>Cut plot temperature</i> vertikal	60
Gambar 4.15 Cut Plot Temperature Horizontal	61
Gambar 4.16 <i>Surface plot temperature</i> permukaan <i>sludge</i>	63
Gambar 4.17 <i>Flow trajectories</i> aliran udara	65



Hak Cipta :

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

Gambar 4.18 <i>Cut plot velocity</i>	68
Gambar 4.19 (a) Plat <i>cutting</i> sisi depan (b) Plat <i>cutting</i> sisi tengah (c) Plat <i>cutting</i> sisi belakang	70
Gambar 4.20 Proses Pemotongan Plat <i>Stainless Steel</i> 304 Menggunakan Mesin <i>Laser Cutting</i>	71
Gambar 4.21 (a) Plat bending sisi depan (b) Plat bending sisi tengah (c) Plat bending sisi belakang	73
Gambar 4.22 Hasil bending 3 plat.....	74
Gambar 4.23 Proses <i>Bending</i> Plat <i>Stainless Steel</i> 304 Menggunakan Mesin <i>Bending</i> Hidrolik	74
Gambar 4.24 Proses Penggerindaan Halus pada Sudut Plat Sebelum Proses <i>Joining</i>	75
Gambar 4.25 Proses <i>Joining</i> Ketiga Sisi Plat <i>Drying Chamber</i> Menggunakan <i>Rivet</i>	76
Gambar 4.26 Hasil <i>joining</i> 3 sisi plat.....	77
Gambar 4.27 Hasil akhir fabrikasi	79

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Perbandingan anantara fan, blower dan compressor.....	18
Tabel 2.2 Kajian Literatur	24
Tabel 4.1 Identifikasi Permasalahan Sistem Eksisting	37
Tabel 4.2 Daftar Kehendak	39
Tabel 4.3 Matriks Morfologi Konsep.....	40
Tabel 4.4 Alternatif Konsep.....	40
Tabel 4.5 Bobot Kriteria Penilaian.....	43
Tabel 4.6 Kriteria Penilaian	44
Tabel 4.7 Hasil penilaian.....	45
Tabel 4.8 <i>Bill of Material</i>	49
Tabel 4. 9 Komponen Sistem Kontrol.....	50
Tabel 4.10 Parameter <i>boundary condition</i>	55

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan	88
Lampiran 2 Drawing <i>Drying Chamber</i>	88





Hak Cipta :

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

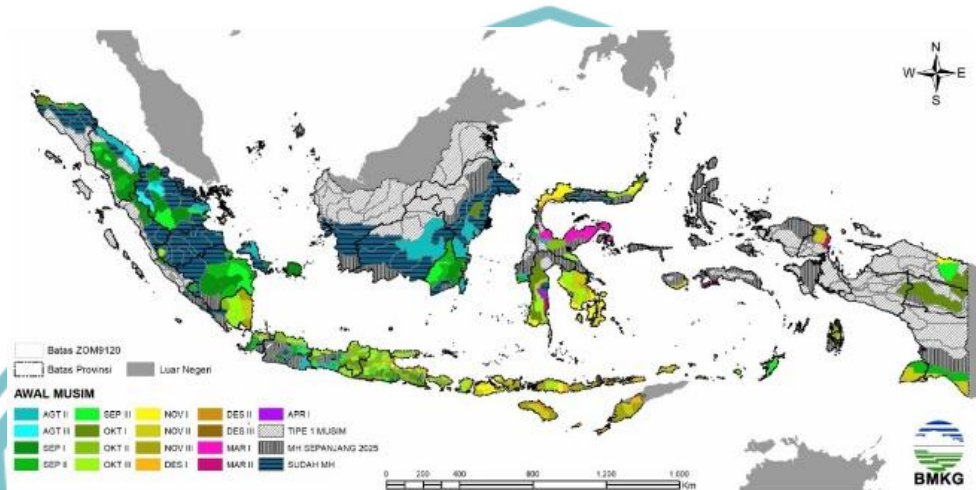
BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri farmasi merupakan sektor strategis yang mendukung kesehatan masyarakat melalui produksi obat dan produk kesehatan. Pada tahun 2024, berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) sektor ini mengalami pemulihan dengan pertumbuhan sebesar 5,9% dan kontribusi terhadap PDB mencapai Rp395,1 triliun (BPS)[1]. Namun, peningkatan aktivitas produksi juga meningkatkan tantangan pengelolaan limbah, terutama limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, perusahaan wajib memenuhi baku mutu limbah sesuai Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 untuk menerapkan prinsip *polluter pays*, menggunakan teknologi terbaik (*Best Available Technology/BAT*), serta menjalankan pengelolaan limbah sesuai standar *Good Manufacturing Practice* (GMP) melalui SOP, dokumentasi, dan pemantauan berkelanjutan [2].

Pengolahan limbah cair di industri farmasi dilakukan melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang bertujuan untuk menurunkan kadar pencemar sebelum dibuang ke lingkungan [3]. Proses ini menghasilkan residu berupa lumpur (*sludge*) sebagai produk samping yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik [4]. Pengelolaan *sludge* umumnya dilakukan melalui proses pengeringan (*dewatering*) menggunakan *Sludge Drying Bed* (SDB) untuk mengurangi volume dan kadar air serta meningkatkan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Total Solid* (TS). Proses ini memanfaatkan panas matahari untuk menguapkan air, dengan waktu pengeringan sekitar 10-15 hari hingga kadar air tersisa 60-70%, serta mampu menurunkan kandungan bahan organik volatil sebesar 51-65% [5]. Namun, sebagai negara tropis, efektivitas SDB di Indonesia sering terkendala oleh tingginya curah hujan, kelembapan udara, serta intensitas cahaya matahari yang tidak stabil [6]. Berdasarkan data BMKG, musim hujan

periode 2025-2026 diprediksi datang lebih awal di 42,1% wilayah Indonesia, sehingga semakin menurunkan efektivitas metode pengeringan berbasis sinar matahari, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Prediksi musim hujan 2025/2026 di Indonesia
Sumber: BMKG

Permasalahan tersebut terjadi di PT X sebagai lokasi penelitian, berdasarkan observasi lapangan sistem pengeringan *sludge* yang digunakan saat ini belum mampu mengimbangi volume lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah karena kapasitas unit SDB yang tersedia hanya sekitar 432 liter, dapat dilihat pada Gambar 1.2. Kondisi ini menyebabkan terjadinya akumulasi lumpur pada kolam sedimentasi yang berujung pada *overflow*, sehingga berpotensi meningkatkan beban pencemar dan mengganggu kestabilan proses pengolahan limbah [7], sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.3.

Hak Cipta :

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

Hak Cipta :

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



Gambar 1.2 *Sludge Drying Bed* PT X
Sumber: Dokumen pribadi



Gambar 1.3 *Overflow* kolam endapan 2 di PT X
Sumber: Dokumen pribadi

Sebagai upaya penanganan sementara, kelebihan sludge dialirkan kembali ke kolam aerasi 1. Namun, langkah ini justru meningkatkan konsentrasi lumpur dan mengganggu proses biologis dalam sistem IPAL [8]. Peningkatan viskositas lumpur menyebabkan penurunan kinerja peralatan, peningkatan beban kerja aerator, serta mempercepat keausan komponen mekanis seperti bearing. Selain itu, kondisi ini dapat memicu terjadinya *sludge bulking* yang memperburuk proses pengendapan dan menurunkan efisiensi sistem pengolahan limbah [9].

Berdasarkan permasalahan sludge di PT X, diperlukan inovasi dalam sistem pengeringan sludge yang mampu bekerja secara efektif tanpa bergantung pada kondisi cuaca. Solusi berupa penambahan unit SDB baru terkendala keterbatasan lahan, sementara penggunaan peralatan mekanis seperti *belt filter press* dan *screw press* memerlukan investasi yang tinggi. Oleh karena itu, solusi yang diusulkan adalah modifikasi *Sludge Drying Bed* (SDB) eksisting dengan menambahkan *Drying Chamber* berbasis heater listrik dan blower. *Drying Chamber* merupakan ruang pengering tertutup yang dipasang di atas unit SDB eksisting, berfungsi untuk mengkonsentrasikan udara panas yang dihasilkan heater listrik serta mendistribusikannya secara aktif dan merata ke seluruh permukaan sludge melalui aliran udara yang digerakkan fan, sehingga proses evaporasi air dari *sludge* berlangsung lebih cepat dan tidak bergantung pada kondisi cuaca.

Hak Cipta :

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

Sorrenti *et al.* (2022) membuktikan bahwa penggunaan *closed chamber* yang dilengkapi sistem ventilasi paksa (*forced ventilation*) dan pemanas aktif mampu mengeringkan lumpur IPAL dari kadar air 97% hingga mendekati 5%, dengan laju pengeringan yang meningkat signifikan seiring dengan peningkatan laju aliran udara yang disuplai ke dalam *chamber* [10]. Lebih lanjut, Cebulski dan Cyklis (2024) membuktikan bahwa optimasi desain *drying chamber* berbasis konveksi paksa mampu mengurangi waktu pengeringan hingga 50% dibandingkan sistem tanpa *chamber* [11]. Dengan demikian, modifikasi SDB dengan penambahan *Drying Chamber* berbasis heater listrik dan fan berpotensi menjadi alternatif yang efektif dan efisien untuk mengurangi penumpukan lumpur, menekan risiko *overflow*, serta meningkatkan kestabilan proses IPAL di PT X melalui peningkatan laju pengeringan sludge yang independen terhadap kondisi cuaca.

Untuk merealisasikan solusi tersebut, diperlukan pendekatan perancangan yang sistematis dan terstruktur. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode perancangan Michael Joseph French (M.J. French) karena dinilai mampu mengakomodasi kebutuhan data secara sederhana serta efisien dalam pemilihan varian desain, khususnya pada produk dengan banyak batasan dan pengembangan produk baru [12][13]. Metode ini telah terbukti berhasil diterapkan pada berbagai pengembangan produk teknik, di antaranya oleh Widigdo (2019) dalam perancangan mesin pencetak acetabular cup, yang menunjukkan bahwa metode French efektif digunakan pada produk dengan batasan teknis yang kompleks sesuai dengan tujuan penelitiannya [14].

Hasil rancangan modifikasi SDB selanjutnya divalidasi menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) melalui fitur *Flow Simulation* pada *SolidWorks* untuk menganalisis distribusi temperatur dan pola aliran udara di dalam *Drying Chamber* sebelum tahap fabrikasi dilaksanakan. Berdasarkan keseluruhan uraian di atas, penelitian ini diharapkan menghasilkan prototipe SDB modifikasi dengan *Drying Chamber* berbasis heater listrik dan blower yang mampu meningkatkan kinerja

pengeringan sludge secara signifikan, independen dari kondisi cuaca, serta tervalidasi secara ilmiah melalui simulasi CFD.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil observasi di PT X, sistem pengeringan sludge menggunakan *Sludge Drying Bed* (SDB) konvensional belum mampu mengimbangi volume sludge yang dihasilkan dari proses IPAL akibat keterbatasan kapasitas dan ketergantungan terhadap kondisi cuaca. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya akumulasi sludge hingga *overflow* pada kolam sedimentasi yang berpotensi mengganggu stabilitas proses pengolahan limbah. Oleh karena itu, diperlukan suatu modifikasi SDB melalui penambahan *drying chamber* berbasis pengeringan konvektif dengan integrasi heater listrik dan fan yang mampu mempercepat laju pengeringan sludge secara lebih efektif dan independen terhadap kondisi cuaca. Selain itu, diperlukan validasi desain menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) berbasis *Flow Simulation* SolidWork serta tahap fabrikasi prototipe untuk mewujudkan rancangan yang telah divalidasi tersebut.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, pertanyaan penelitian yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan modifikasi *Sludge Drying Bed* (SDB) dengan penambahan *drying chamber* menggunakan metode M.J. French di PT X?
2. Bagaimana distribusi temperatur dan pola aliran udara pada *Drying Chamber* hasil modifikasi menggunakan simulasi CFD berbasis SolidWorks *Flow Simulation*?
3. Bagaimana proses fabrikasi *Drying Chamber* pada SDB modifikasi sesuai rancangan teknis?

Hak Cipta :

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

Hak Cipta :

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

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang modifikasi *Sludge Drying Bed* (SDB) dengan penambahan *Drying Chamber* menggunakan metode M.J. French.
2. Menganalisis distribusi temperatur dan pola aliran udara *Drying Chamber* pada SDB modifikasi menggunakan simulasi CFD berbasis SolidWorks *Flow Simulation*.
3. Melaksanakan fabrikasi *Drying Chamber* pada SDB modifikasi sesuai rancangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

Menambah referensi ilmiah terkait perancangan dan modifikasi *Sludge Drying Bed* (SDB) dengan penambahan *Drying Chamber* menggunakan *Heater* dan *Fan* sebagai solusi pengeringan *sludge* yang independen terhadap kondisi cuaca, serta menjadi dasar pengembangan penelitian selanjutnya di bidang pengeringan *sludge*.

2. Manfaat Praktis

Memberikan solusi teknis untuk meningkatkan kinerja pengeringan *sludge* di PT X, mengurangi akumulasi *sludge*, serta mempercepat waktu pengeringan agar proses pengolahan limbah lebih efektif dan efisien.

3. Manfaat Industri

Memberikan acuan teknis bagi industri farmasi khususnya pada PT X, dalam mengatasi permasalahan akumulasi *sludge* secara independen dari kondisi cuaca.

Hak Cipta :

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

1.6 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada unit *Sludge Drying Bed (SDB)* di PT X sebagai objek penelitian.
2. Modifikasi yang dilakukan terbatas pada penambahan *drying chamber*, heater listrik, dan fan sebagai sistem konveksi paksa pada SDB eksisting.
3. Material yang digunakan merupakan material yang sudah tersedia di gudang Departemen Engineering PT X.
4. Simulasi CFD dibatasi pada distribusi temperature dan analisis pola aliran fluida tanpa mempertimbangkan perubahan massa air pada *sludge* secara langsung.
5. Penelitian tidak mencakup analisis struktur atau kekuatan mekanik (*Finite Element Analysis (FEA)*) pada komponen *drying chamber* maupun struktur pendukungnya.
6. Penelitian tidak mencakup tahap pengujian eksperimental terhadap prototipe hasil perancangan.
7. Penelitian tidak membahas secara mendalam perubahan karakteristik fisikokimia maupun biologis *sludge* selama proses pengeringan.
8. Penelitian tidak mencakup analisis ekonomi, seperti biaya investasi, biaya operasional, analisis kelayakan finansial, maupun analisis konsumsi energi sistem.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai alur pembahasan yang digunakan. Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Hak Cipta :

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

Bab ini berisi gambaran umum penelitian yang meliputi latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori dan kajian literatur yang mendukung penelitian. Pembahasan meliputi teori tentang sludge, *Sludge Drying Bed* (SDB), *Drying Chamber*, perpindahan panas konveksi, pengeringan, *finned tubular heater*, fan, metode perancangan M.J. French, *Computational Fluid Dynamics* (CFD), serta proses fabrikasi. Selain itu, disajikan kajian literatur dari penelitian terdahulu serta kerangka pemikiran sebagai dasar dalam penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan dan metode yang digunakan dalam penelitian. Meliputi diagram alir penelitian, jenis penelitian, objek penelitian, metode pengambilan sampel, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, serta metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh dari proses perancangan menggunakan metode M.J. French, simulasi CFD, dan fabrikasi prototipe. Analisis dilakukan terhadap hasil rancangan *Drying Chamber*, distribusi temperatur dan pola aliran fluida berdasarkan hasil simulasi CFD. Selain itu, disajikan hasil fabrikasi prototipe SDB modifikasi.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya maupun penerapan di industri.

Hak Cipta :

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

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, dan fabrikasi yang telah dilakukan pada penelitian mengenai modifikasi *Sludge Drying Bed* (SDB) dengan penambahan *Drying Chamber* menggunakan heater listrik dan fan di IPAL PT X, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Perancangan modifikasi *Sludge Drying Bed* (SDB) berhasil dilakukan menggunakan metode M.J. French melalui tahapan analisis masalah, perancangan dan penegasan konsep, serta pendetailan konsep. Proses pengembangan konsep menghasilkan tiga alternatif desain yang dievaluasi menggunakan metode pembobotan berdasarkan aspek kinerja, teknis, dan operasional. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa Konsep 1 memperoleh nilai tertinggi sebesar 4,60, sehingga dipilih sebagai rancangan akhir karena paling mampu memenuhi kebutuhan fungsional sistem pengeringan *sludge*.
2. Hasil simulasi CFD menunjukkan bahwa *drying chamber* mampu mendistribusikan udara panas secara merata ke dalam ruang pengering. Hasil distribusi temperatur menunjukkan temperatur fluida berkisar 60,00-125,52°C dan temperatur permukaan *sludge* 67,33-69,14°C, sehingga menunjukkan bahwa panas telah terdistribusi hingga mencapai permukaan *sludge* dan mendukung proses pengeringan secara konveksi paksa. Sementara itu, Hasil *Flow Trajectories* memperlihatkan aliran udara dari fan menyebar ke seluruh chamber sebelum menuju permukaan *sludge* dan keluar melalui saluran *exhaust*. Distribusi kecepatan udara menunjukkan kecepatan maksimum sebesar 6,355 m/s pada daerah *outlet* akibat penyempitan penampang aliran, sedangkan kecepatan minimum sebesar $1,475 \times 10^{-5}$ m/s berada pada daerah stagnasi.

3. Prototipe modifikasi *Sludge Drying Bed* (SDB) berhasil difabrikasi sesuai dengan gambar kerja hasil pendetailan konsep melalui tahapan *cutting*, *forming*, *joining*, *assembly*, dan *finishing*. Hasil fabrikasi menunjukkan bahwa seluruh komponen utama, seperti *drying chamber*, *finned tubular heater*, *propeller axial fan*, sistem kontrol temperatur, dan komponen pendukung lainnya dapat dirakit dengan baik sehingga menghasilkan prototipe yang siap digunakan untuk tahap pengujian dan pengembangan lebih lanjut.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian eksperimental menggunakan *sludge* aktual dari IPAL untuk mengevaluasi laju pengeringan, waktu pengeringan, perubahan kadar air, serta konsumsi energi sistem secara kuantitatif.
2. Sistem kontrol temperatur dapat dikembangkan menggunakan PID *controller* atau metode kendali otomatis lainnya sehingga kestabilan temperatur di dalam *Drying Chamber* dapat ditingkatkan.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji pengaruh variasi daya heater, kapasitas axial fan, dan konfigurasi saluran udara terhadap distribusi temperatur serta performa pengeringan.
4. Analisis ekonomi yang meliputi biaya investasi, biaya operasional, konsumsi energi listrik, dan periode pengembalian investasi (*payback period*) perlu dilakukan untuk mengetahui kelayakan penerapan sistem pada skala industri.
5. Desain yang telah dihasilkan dapat dikembangkan menjadi prototipe skala penuh dengan mempertimbangkan aspek keselamatan kerja, efisiensi energi, kemudahan perawatan, dan integrasi dengan sistem *Sludge Drying Bed* (SDB) eksisting di IPAL PT X.

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. W. Nisa, D. Susilowatii, and Juwari, "PENGARUH PERTUMBUHAN PENJUALAN, PERTUMBUHAN PERUSAHAAN, DAN PROFITABILITAS TERHADAP NILAI PERUSAHAAN SUBSEKTOR FARMASI," *J. Ilm. Manaj. DAN BISNIS*, vol. 9, no. 1, pp. 41–47, 2026, [Online]. Available: <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/JIMB%0APENGARUH>
- [2] A. P. Dewi, R. Febriyanti, S. A. Nazaha, and N. Latifah, "REVIEW ARTIKEL : STRATEGI PENGELOLAAN LIMBAH INDUSTRI FARMASI UNTUK MENINGKATKAN KELESTARIAN LINGKUNGAN Alya," vol. 9, no. 1, pp. 1–12, 2025.
- [3] D. Daniswara and A. Budiono, "Perhitungan F/M Ratio Pengolahan Limbah Lumpur Aktif Wwtp-2 Di Pabrik Farmasi," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 10, no. 1, pp. 41–47, 2024, doi: 10.33795/distilat.v10i1.4952.
- [4] S. E. Bimantara and E. N. Hidayah, "Pemanfaatan Limbah Lumpur Ipal Kawasan Industri," *Jukung J. Tek. Lingkung.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–27, 2019.
- [5] S. M. Quds and A. Slamet, "Evaluasi Proses Pengeringan Lumpur pada Unit Sludge Drying Bed dengan Media Filter Cloth di IPAL Komunal Telaga Abadi Kabupaten Gresik," *J. Tek. ITS*, vol. 11, no. 2, pp. 7–12, 2022, doi: 10.12962/j23373539.v11i2.88712.
- [6] M. F. Ummah and W. Herumurti, "Pengeringan Lumpur Ipal Biologis Pada Unit Sludge Drying Bed (SDB)," *J. Purifikasi*, vol. 18, no. 1, pp. 39–48, 2018.
- [7] Fedora Talitha Octa Purnamasari and Muhammad Abdus Salam Jawwad, "Evaluasi Kinerja Primary clarifier di IPAL PT.X dalam Pengolahan Limbah Cair Kertas : Analisis Masalah Sludge," vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2025.
- [8] N. A. Febianto and Rizka Novembrianto, "Pengaruh Sludge Volume Index Pada Unit Aerasi Lumpur Aktif Wastewater Treatment Plant Kawasan Industri Komunal," *J. TESLINK Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 6, no. 2, pp.



Hak Cipta :

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

- 254–262, 2024, doi: 10.52005/teslink.v6i2.396.
- [9] W. Liu, Y. Shi, K. Kai, Y. Li, Y. Wang, and S. Cheng, “Performance analysis of an air-source heat pump for low-temperature sludge drying in a water treatment plant,” *Clean. Waste Syst.*, vol. 14, no. February, p. 100504, 2026, doi: 10.1016/j.clwas.2026.100504.
 - [10] A. Sorrenti, S. F. Corsino, F. Traina, G. Viviani, and M. Torregrossa, “Enhanced Sewage Sludge Drying with a Modified Solar Greenhouse,” *Clean Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 407–419, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4020025>
 - [11] D. Cebulski and P. Cyklis, “Application of CFD Simulation to the Design of an Innovative Drying Chamber,” *Energies*, vol. 17, no. 13, p. 3338, 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/en17133338>.
 - [12] F. Rangga Wijaya, D. Rahmalina, and H. Sukma, “Rancang Bangun Alat Uji Pengereman Skala Laboratorium,” pp. 1–8, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
 - [13] S. Brian Kristianto, Y. P. Agung Purwoko, and A. Edi Widyartono, “Rancang Bangun Alat Bantu Pemasangan Spring Piston Brake No 1 Pada Automatic Transaxle Dengan Metode Perancangan French,” *Technologic*, vol. 14, no. 1, pp. 9–16, 2023, doi: 10.52453/t.v14i1.417.
 - [14] S. P. K. Widigdo, “Perancangan Mesin Pencetak Acetabular Cup Berbahan Bioceramic,” *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind. 2019*, vol. 4, pp. 255–265, 2019.
 - [15] F. Rahmatessa, N. H. Siregar, and S. H. Nawira, “Perancangan Unit Pengolahan dan Pemanfaatan Lumpur Hasil WTP di PT Kilang Pertamina Internasional RU II Produksi Sungai Pakning,” *J. Riksa Cendikia Nusantara*, vol. 1, no. 2, pp. 22–34, 2025.
 - [16] G. R. Cahyaningnugroho and E. N. Hidayah, “POTENSI PEMANFAATAN LUMPUR DARI PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI Potential Utilization Of Mud From Industrial Wastewater Treatment Processes,” *Nusant. Hasana J.*, vol. 3, no. 2, pp. 22–26, 2023.
 - [17] R. X. A. Freitas *et al.*, “Characterization of the Primary Sludge from



Hak Cipta :

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

- Pharmaceutical Industry Effluents and Final Disposition,” *Processes*, vol. 7, no. 4, p. 231, 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/pr7040231>.
- [18] K. Lawrence, M.-H. Sung Wang, and W. Sung Wang, “Sludge Drying Beds Design Using International Metric Units,” *Technol. Eng. Arts Math.*, vol. 6, no. 3B, pp. 1–48, 2024.
- [19] J. P. Angula and F. Inambao, “Modelling and CFD Simulation of Temperature and Airflow Distribution Inside a Forced Convection Mixed Mode Solar Grain Dryer with a Preheater,” *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 10, no. 4, pp. 33–40, 2021, doi: 10.35940/ijitee.b8282.0210421.
- [20] W. Jamaludin, “Analisa sistem perpindahan panas pada 2 material copper dan stainless steel dengan media air secara konveksi paksa,” pp. 1–13, 2023, [Online]. Available: <https://repository.unrika.ac.id/xmlui/handle/123456789/664?show=full>
- [21] L. C. Hawa and S. H. Sumarlan, *Teknik Pengeringan*. Malang: Media Nusa Creative, 2023. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/Teknik_Pengeringan/OskHEQAAQBAJ?hl=en&gbpv=1&kptab5C
- [22] A. Mursadin and R. Subagyo, *BAHAN AJAR PERPINDAHAN PANAS 1 HMKK* 453. 2016. [Online]. Available: https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/bahan/Perpindahan_Panas_1_full.pdf
- [23] M. Izzulhaq, Hafizh and N. Septiriani, Pratiwi, “Rancang Bangun Pengering Kolektor Surya Tipe Pelat Ber-Fin Sistem Konveksi Paksa Dengan Memanfaatkan Sel Fotovoltaik,” POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG, 2021.
- [24] Fahrur Rozi, “UJI KINERJA PENDINGER PORTABLE DRYER HOUSE UNTUK PENDINGERAN LADA HITAM,” POLITEKNIK ENJINIRING PERTANIAN INDONESIA, 2022. [Online]. Available: <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/18478>
- [25] A. Zinchenko, K. Baiul, P. Krot, and A. Khudyakov, “Materials Selection and Design Options Analysis for a Centrifugal Fan Impeller in a Horizontal Conveyor Dryer,” vol. 14, no. 21, pp. 1–14, 2021.



Hak Cipta :

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

- [26] G. Angelini, A. Corsini, G. Delibra, and L. Tieghi, "Exploration of Axial Fan Design Space with Data-Driven Approach," *Turbomach. Propulsion Power*, vol. 4, no. 2, p. 11, 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/ijtp4020011>.
- [27] Z. M. Nasution, D. Y. Sari, R. A. Nabawi, and Rifelino, "Jurnal Review: Metode Perancangan Produk Dalam Teknik Mesin," *J. Vokasi Mek.*, vol. 4, no. 3, pp. 20–29, 2022, doi: <https://doi.org/10.24036/vomek.v4i3.389>.
- [28] M. J. French, *Conceptual Design for Engineers*. 1985. doi: 10.1007/978-3-662-11364-6.
- [29] M. G. Haikal, "Analisis Perpindahan Kalor Untuk Optimasi Desain Alat Pengering Biji Kakao Tipe Tray Dryer," UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA, 2023.
- [30] R. N. Haq, B. Y. Prasetyo, and Pratikto, "Simulasi Computational Fluids Dynamic Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara Pada Sistem Pendingin Thermoelectric," *Pros. 16th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 16, no. 1, pp. 323–329, 2025, doi: <https://doi.org/10.35313/irwns.v16i1.6691>.
- [31] Fajri Julian, Kardiman, and N. Fauji, "Sistem Pengendalian Kualitas (Quality Control) Pada Proses Fabrikasi Project "Refinery Development Master Plan (RDMP)",", 2022. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7049124>.
- [32] A. Fantasse, S. L. Parra-Angarita, E. K. Lakhal, A. Idlimam, E. H. Bougayr, and A. Léonard, "Exploring Convective Drying Behavior of Hydroxide Sludges Through Micro-Drying Systems," *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 7, 2025, doi: 10.3390/app15073470.
- [33] Y. Bellaziz *et al.*, "Optimizing convective drying for efficient reduction of phosphate sludge moisture: experimental investigations and mathematical modeling," *Water-Energy Nexus*, vol. 8, pp. 244–254, 2025, doi: 10.1016/j.wen.2025.08.001.
- [34] A. Lipolt, B. Širok, M. Hočevár, and L. Novak, "Convective drying of sewage sludge layer in through-flow," *Stroj. Vestnik/Journal Mech. Eng.*, vol. 66, no. 9, pp. 481–493, 2020, doi: 10.5545/sv-jme.2020.6717.
- [35] S. Nurdin, M. R. Nahdlo, A. Kusumawardhani, and R. Nur, "Desain Simulasi Panas Oven Pengering Model Drum Menggunakan CFD Solidworks Flow



Hak Cipta :

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

Simulation,” *Terap. Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 3, 2025, doi: <https://doi.org/10.21067/jtst.v7i3.13338>.

- [36] A. . Elbaz, A. M. Aboulfotoh, E. H. Elgohary, and M. T. Reham, “Review Classification of sludge drying beds SDB (conventional sand drying beds CSDB, Wedge-wire, Solar, and Vacuum assisted and paved drying beds PDB),” *J. Mater. Environ. Sci.*, vol. 11, no. 4, pp. 593–608, 2020, [Online]. Available: https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol11/vol11_N4/JMES-2020-1153-Elbaz.pdf
- [37] Herisiswantoa, D. R. P. C. Nazaruddina, Syafria, K. Anuara, A. Wulansaria, and Vindo Dwi Refki, “Perancangan mesin pencacah limbah medis padat dengan metode french,” *Pros. SNTTM XXI 2023*, vol. 21, pp. 107–114, 2023.
- [38] Z. Wang *et al.*, “Effects of Air Temperature and Humidity on the Kinetics of Sludge Drying at Low Temperatures,” *Energies*, vol. 14, no. 22, p. 7722, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/en14227722>.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

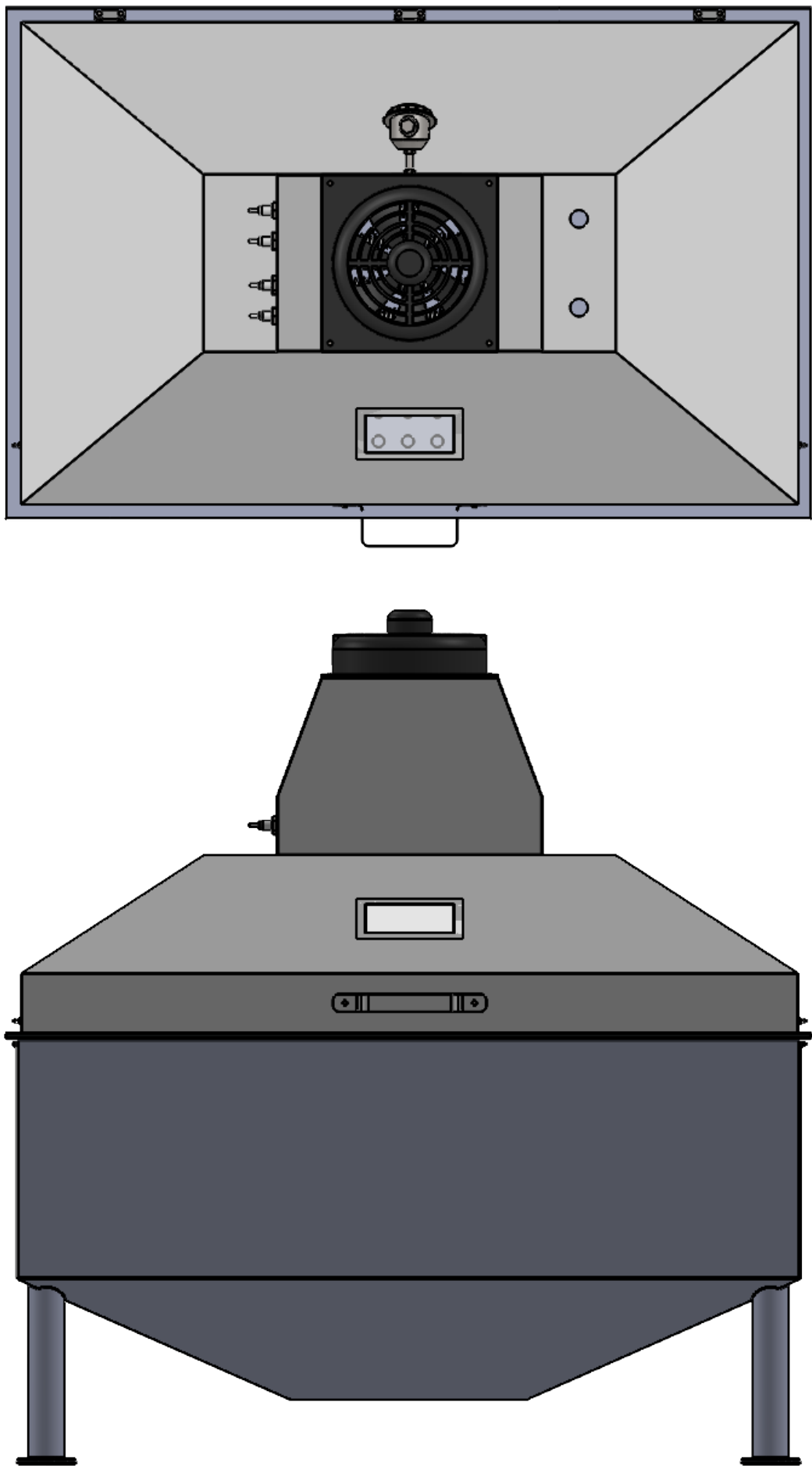
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

LAMPIRAN

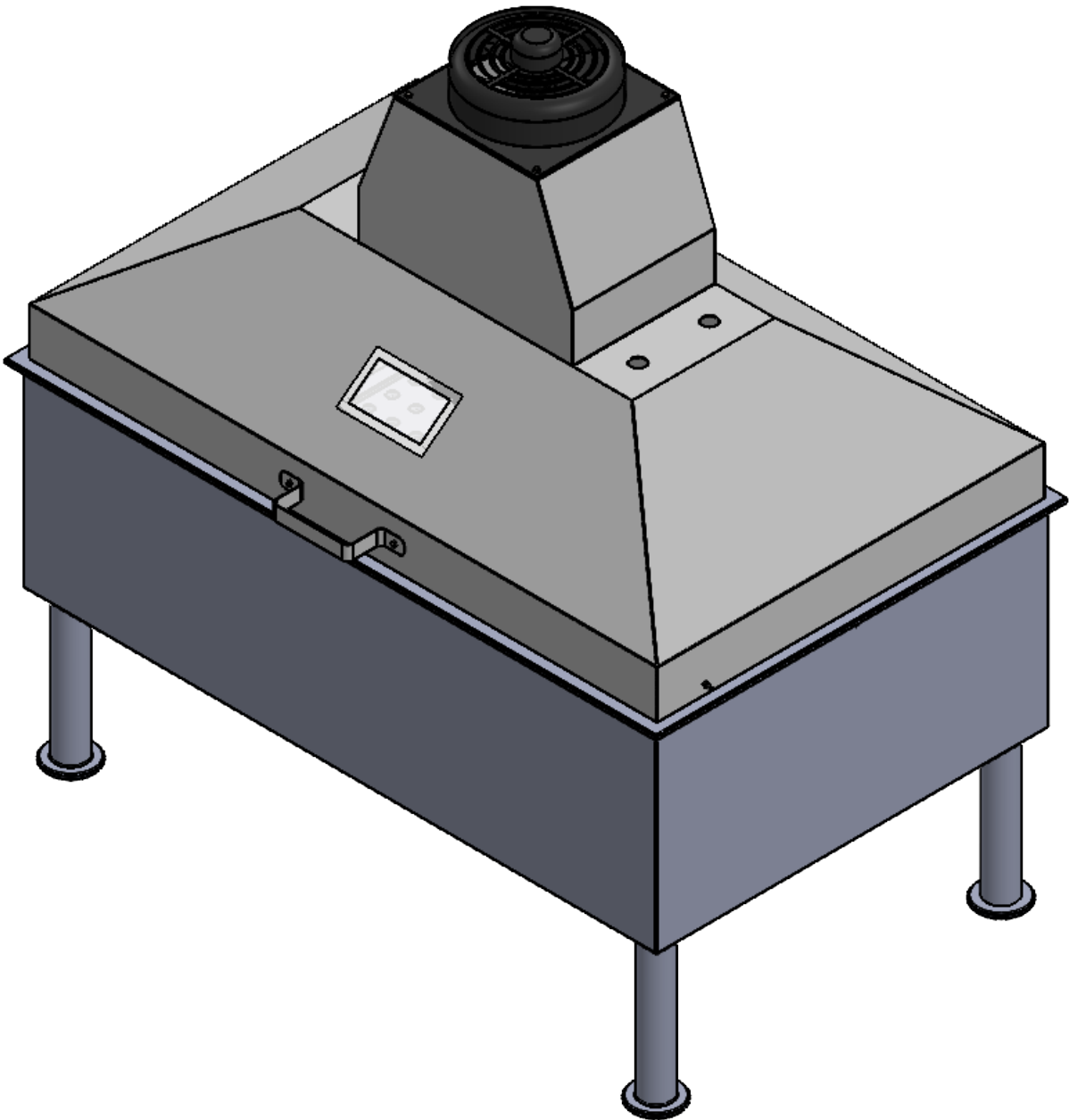
Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan



Lampiran 2 Drawing *Drying Chamber*

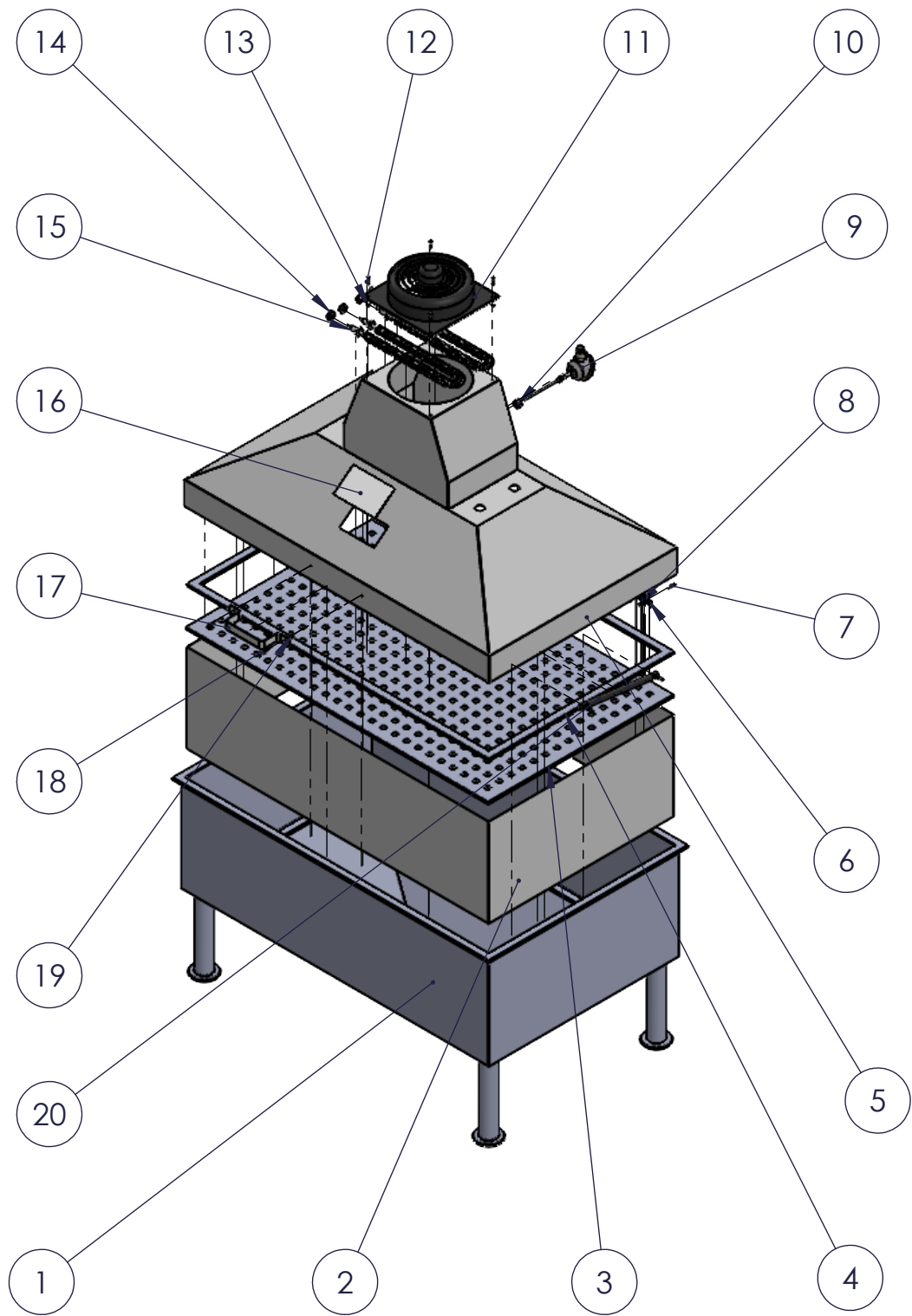


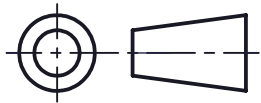
						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

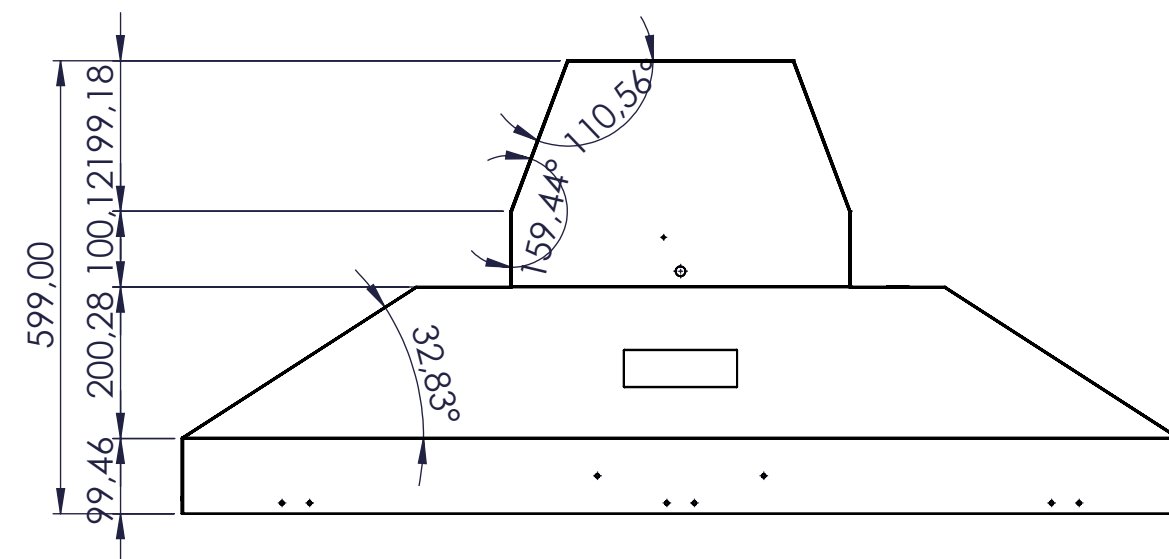
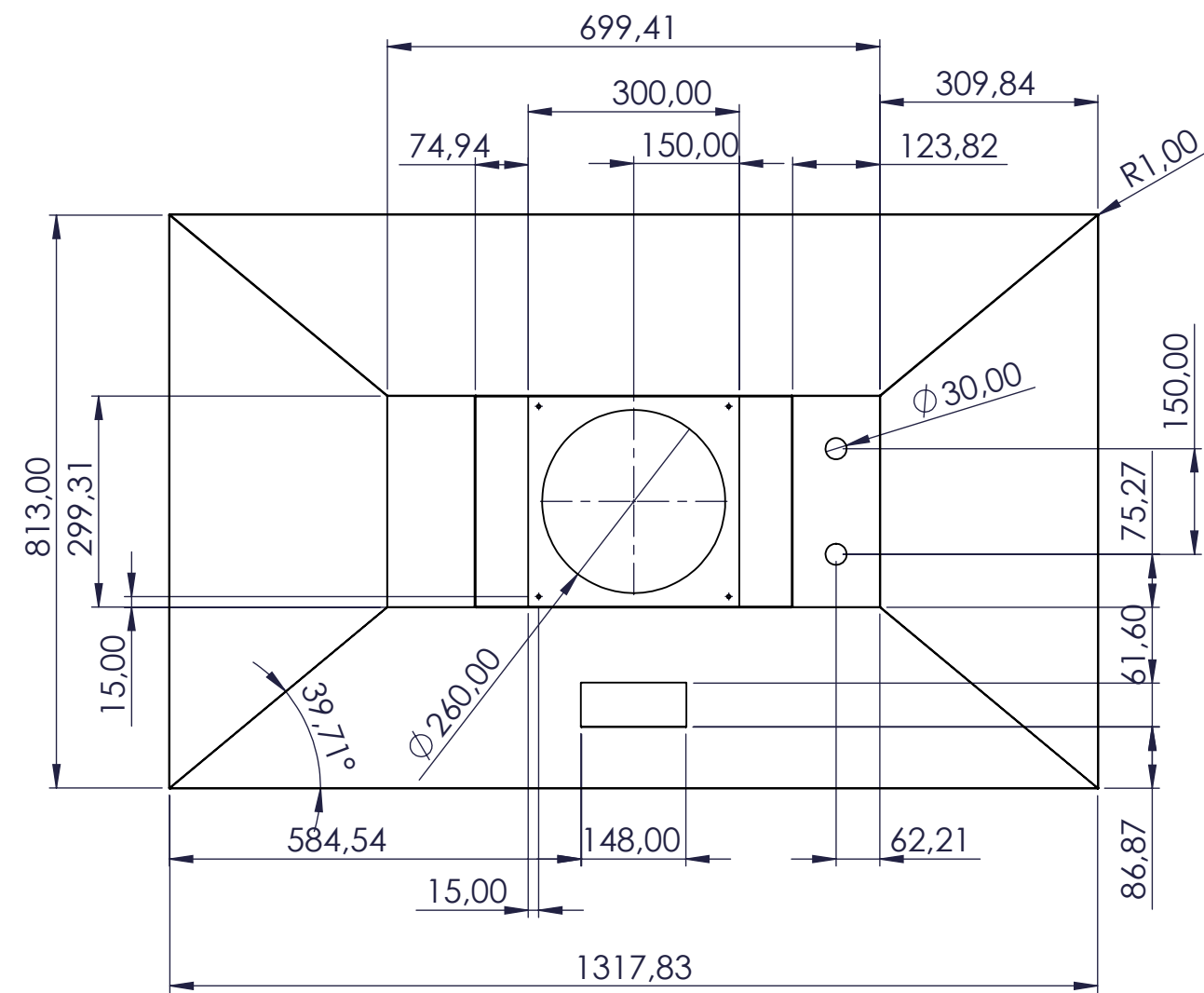


Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
			Sludge Drying Bed Modifikasi				Skala 1 : 10	Digambar 062626	Endang
			Prima Medika Laboratories				No.01/Engg/01		

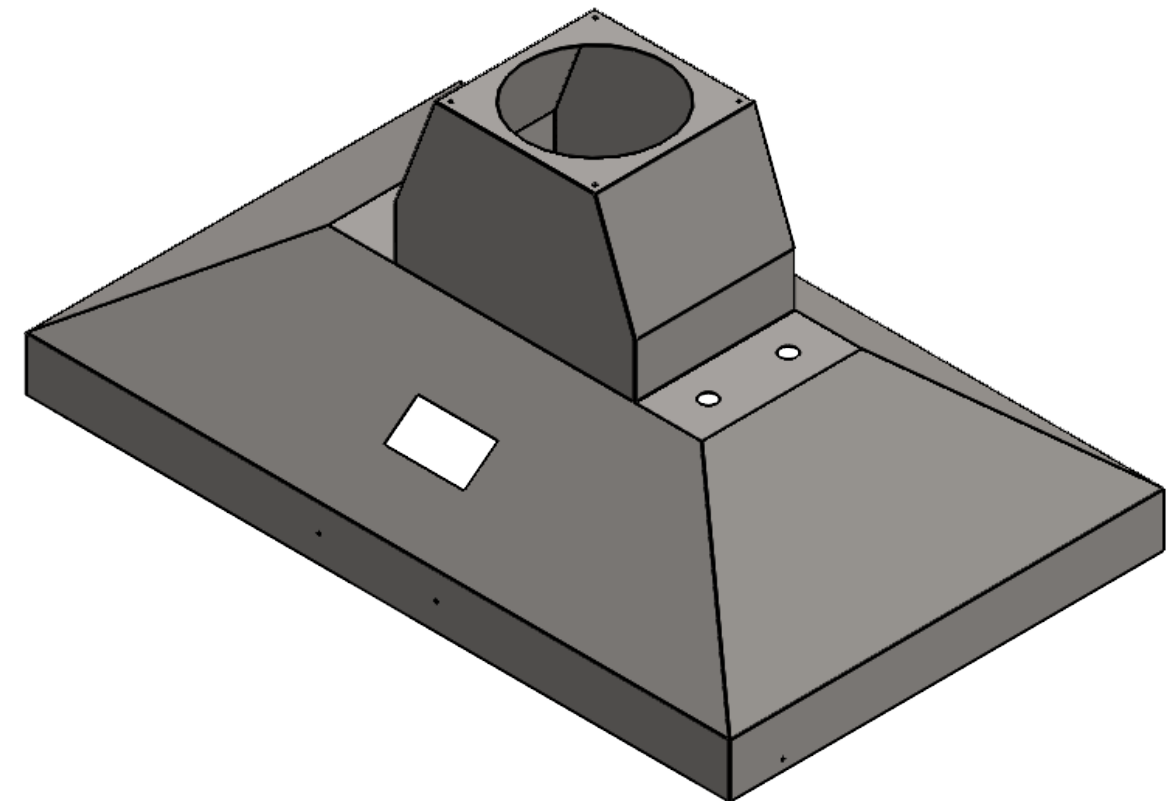
						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

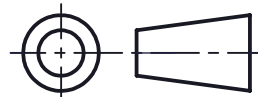


		2	Shock Absorber	20	Baja	Dia.5x10	Dibeli		
		1	Handle	17	Aluminium	10X2	Dibeli		
		1	Kaca Tempered 5 mm	16	Kaca Float	10x15	Dibeli		
		2	Finned Tubular Heater	15	AISI 304	-	Dibeli		
		1	Hex Nut Heater	14	AISI 304	M12x2	Dibeli		
		1	Propeller Axial Fan 10 Inch	11	Baja	30X30X15	Dibeli		
		1	Hex Nut Thermocouple	10	AISI 304	M16x2	Dibeli		
		1	Thermocuple PT100	9	AISI 304	-	Dibeli		
		18	Hex Nut	8,13,19	Carbon Steel	M5X0.8	Dibeli		
		18	Hex Bolts	7,12,18	Carbon Steel	M5X0.8X25	Dibeli		
		1	Engsel	6	Baja	10x2	Dibeli		
		1	Chamber	5	AISI 304	128x77x40	Dibuat		
		1	Filter	4	HDPE	127x76x5	Dibeli		
		1	Penyekat	3	HDPE	127x76x5	Dibeli		
		1	Plat Pelindung	2	AISI 304	127x76x40	Dibeli		
		1	Bak Sludge	1	HDPE	131x81x5	Dibeli		
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
			Explode View Sludge Drying Bed Modifikasi			Skala	Digambar	062626	Endang
						1 : 20	Diperiksa		
			Prima Medika Laboratories			No.01/Engg/02			



						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang dizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2



		1	Chamber	5	AISI 304	128X77X40	Dibuat		
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
			Drying Chamber			Skala	Digambar	062626	Endang
							Diperiksa		
Prima Medika Laboratories						No.01/Engg/03			