



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



Analisis Distribusi Panas pada *Electric Superheater* Melalui Variasi Jumlah *Heater*, Isolator dan Penambahan *Scraper* Berbasis Simulasi CFD

SKRIPSI

Oleh:

Syalif Fadhilah Rohman

NIM. 2202421045

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2026**



Hak Cipta :

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



**Analisis Distribusi Panas pada *Electric Superheater* Melalui
Variasi Jumlah *Heater*, Isolator dan Penambahan *Scraper*
Berbasis Simulasi CFD**

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin

Disusun Oleh:
Syalif Fadhilah Rohman
NIM. 2202421045

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



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

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Analisis Distribusi Panas pada *Electric Superheater* Melalui Variasi Jumlah *Heater*, Isolator dan Penambahan *Scraper* Berbasis Simulasi CFD

Oleh:

Syalif Fadhilah Rohman
NIM.2202421045

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing:

Pembimbing 1

Dr. Belyamin, M.Sc.Eng, B.Eng(Hons)
NIP. 196304261988031004

Pembimbing 2

Dr. Candra Damis Widiawaty, S.T.P., M.T.
NIP. 198201052014042001

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.
NIP. 196605191990031002



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

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Analisis Distribusi Panas pada *Electric Superheater* Melalui Variasi Jumlah *Heater*, Isolator dan Penambahan *Scraper* Berdasarkan Simulasi CFD

Oleh:

Syalif Fadhillah Rohman

NIM. 2202421045

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Pengujian pada tanggal 15 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Pengujian	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. NIP. 196605191990031002	Pengujian 1		28/7/26
2.	Ir., Haolia Rahman, S.T., M.T. Ph.D NIP. 198406122012121001	Pengujian 2		27/7/26
3.	Dr. Candra Damis Widiawaty, S.T.P., M.T. NIP. 198201052014042001	Moderator		29/7/26

Depok, 30. Juli 2026

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syalif Fadhilah Rohman
NIM : 2202421045
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Depok, 15 Juli 2026



Syalif Fadhilah Rohman
NIM. 2202421045



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah S.W.T. atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS Distribusi Panas pada *Electric Superheater* Melalui Variasi Jumlah *Heater*, Isolator dan Penambahan *Scraper* Berbasis Simulasi CFD”. Penyusunan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan tersebut tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan apresiasi dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dan membantu dalam penyusunan skripsi ini, di antaranya:

1. Orang tua penulis yang telah membesarkan, mendidik, serta mendukung setiap proses kehidupan hingga penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T, selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi.
4. Bapak Dr. Belyamin, M.Sc.Eng, B.Eng(Hons selaku dosen pembimbing pertama yang selalu membimbing penulis hingga skripsi ini selesai.
5. Ibu Dr. Candra Damis Widiawaty, S.T.P., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia memberikan penulis bantuan perangkat keras laptop yang penulis gunakan untuk simulasi serta membimbing penulis hingga penelitian ini selesai,
6. Kepada Jatmiko Sudarmadji, Patrick Geovani Sitorus, dan Zaenal Muttaqien Ugi Jaelani, selaku partner proyek yang selalu semangat dalam mengerjakan proyek, selalu bersama dalam suka maupun duka.
7. Kepada teman – teman seperjuangan di Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi dan Teknologi Rekayasa Konversi Energi yang selalu memberikan dukungan dan kebersamaan selama masa studi.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

8. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada *Manchester United*, klub sepak bola yang telah menemani perjalanan penulis selama bertahun-tahun. Di tengah berbagai tantangan selama penyusunan skripsi ini, semangat untuk terus bangkit setelah mengalami kesulitan menjadi inspirasi bagi penulis agar tidak mudah menyerah hingga penelitian ini dapat diselesaikan.
9. Serta pihak lainnya yang telah memberikan dukungan moril dan materil kepada penulis selama berjalannya proses perkuliahan dan penulisan skripsi. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajian. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap segala bentuk kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya

Depok, 30 Juni 2026

Syalif Fadhilah Rohman

NIM. 2202421045

POLITEKN
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

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

Analisis Distribusi Panas pada *Electric Superheater* Melalui Variasi Jumlah *Heater*, Isolator dan Penambahan *Scraper* Berbasis Simulasi CFD

Syalif Fadhilah Rohman¹⁾, Belyamin¹⁾, Candra Damis¹⁾

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

Email: syalif.fadhilah.rohman.tn22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Perancangan *electric superheater* pada sistem *superheated steam drying* (SSD) untuk produk perikanan umumnya masih mengandalkan pendekatan *trial and error*, sehingga berisiko menyebabkan pemborosan energi dan distribusi panas tidak merata. Penelitian ini menganalisis distribusi temperatur pada sistem *superheater* elektrik skala laboratorium menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) berbasis ANSYS Fluent untuk menentukan konfigurasi jumlah *band heater* dan isolator yang paling optimal, serta mengevaluasi pengaruh penambahan *scraper* yang dimodelkan sebagai media berporos dengan variasi porositas 70% dan 90%. Validasi model terhadap data eksperimen menghasilkan galat di bawah 10% pada seluruh variasi, sehingga model dinyatakan valid. Hasil simulasi menunjukkan sistem tanpa isolator mengalami rugi panas besar sehingga inti aliran uap gagal mencapai suhu target, sedangkan isolator *ceramic fiber* mampu memfokuskan panas secara signifikan. Konfigurasi 3 *band heater* (552 Watt) berisolator ditetapkan sebagai konfigurasi optimal dengan suhu inti keluaran 177,80°C. Penambahan *scraper* porositas 90% pada konfigurasi ini meningkatkan suhu inti hingga 426,49°C dengan *pressure drop* 62,99 Pa yang masih aman, sehingga direkomendasikan sebagai rancangan akhir sistem *electric superheater*.

Kata Kunci: *superheated steam, electric superheater, Computational Fluid Dynamics, band heater, isolator, scraper, media berporos*



Hak Cipta :

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

Analysis of Heat Distribution in an Electric Superheater Based on CFD Simulations Involving Variations in the Number of Heaters and Insulators and the Addition of a Scraper

Syalif Fadhilah Rohman¹⁾, Belyamin¹⁾, Candra Damis¹⁾

¹⁾ Study Program of BACHELOR of Applied Energy Generation Engineering Technology,
Department of Mechanical Engineering, State Polytechnic of Jakarta, Kampus UI Depok, 16425,
Indonesia

Email : syarif.fadhilah.rohman.tm22@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRACT

The design of electric superheaters in superheated steam drying (SSD) systems for fishery products generally still relies on a trial-and-error approach, risking energy waste and uneven heat distribution. This study analyzes the temperature distribution of a laboratory-scale electric superheater system using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation in ANSYS Fluent to determine the most optimal band heater and insulation configuration, and to evaluate the effect of adding a scraper modeled as a porous medium with porosity variations of 70% and 90%. Model validation against experimental data yielded errors below 10% for all variations, confirming the model's validity. Simulation results show that the uninsulated system experiences substantial heat loss, causing the steam core to fail reaching the target temperature, while ceramic fiber insulation significantly focuses heat into the flow. The 3-band-heater (552 W) insulated configuration was determined optimal, producing a core outlet temperature of 177.80°C. Adding a 90%-porosity scraper to this configuration raised the core temperature to 426.49°C with a safe pressure drop of 62.99 Pa, making it the recommended final design for the electric superheater system..

Keywords: superheated steam, electric superheater, Computational Fluid Dynamics, band heater, insulator, scraper, porous media



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Pertanyaan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan Skripsi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Teknologi <i>Superheated steam Drying</i> (SSD)	6
2.1.2 Komponen <i>Superheated steam Drying</i> (SSD)	7
2.1.3 <i>Superheated steam</i>	9
2.1.4 Termodinamika <i>Superheated steam</i>	10
2.1.5 Sistem Perpindahan Panas (Heat Transfer)	11
2.1.6 Konveksi Paksa Aliran Internal.....	13
2.1.7 Bilangan Reynold (Re)	13
2.1.8 Pipa <i>Superheater</i>	15
2.1.9 Elemen Pemanas (<i>Band heater</i>)	16
2.1.10 Isolator	16
2.1.11 Pemodelan Media Berporos (Porous Media)	17

Hak Cipta :

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

2.1.12 Scaper dan Fraksi Porositas.....	17
2.1.13 Pemodelan <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD)	18
2.1.14 Validasi Simulasi <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD)	20
2.2 Kajian Literatur	21
2.3 Kerangka Pemikiran.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian	26
3.1.1 Diagram Alir	27
3.2 Objek Penelitian	29
3.2.1 Komponen Sistem <i>Superheater</i>	32
3.2.2 Pemodelan Media Berporos (Porous Media) untuk <i>Scaper</i>	33
3.3 Variasi Desain dan Prosedur Simulasi CFD	33
3.3.1 Variasi Variabel Penelitian	33
3.3.2 Tahap Prapemrosesan (<i>Pre-processing</i>)	35
3.3.3 Perhitungan Parameter Aliran Steam.....	37
3.3.4 Tahap <i>Solver</i> (<i>Processing</i>)	38
3.3.5 Post Processing	42
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian	42
3.5 Alat dan Bahan	43
3.5.1 Instrumen dan Bahan Fisik.....	43
3.5.2 Perangkat Lunak (Software).....	45
3.6 Metode Pengumpulan Data	45
3.7 Metode Analisis Data	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Uji Independensi Grid (<i>Mesh Verification</i>)	49
4.2 Validasi Model Numerik	50
4.3 Analisis Distribusi Temperatur (Kinerja Termal)	51
4.3.1 Distribusi Temperatur Permukaan Pipa.....	51
4.3.2 Distribusi Temperatur Aliran Uap.....	57
4.3.3 Komparasi Kinerja Termal Keseluruhan.....	65
4.4 Karakteristik Kecepatan Aliran Uap.....	67
4.5 Analisis Pengaruh Penambahan Scaper (Porous Media)	68



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

4.5.1 Profil Kecepatan (Velocity) dan Homogenitas Aliran	69
4.5.2 Distribusi Temperatur Uap	71
4.5.3 Kerugian Tekanan (Pressure Drop)	73
4.5.4 Analisis Bilangan Reynolds	74
4.6 Penentuan Konfigurasi Optimal	75
BAB V KESIMPULAN	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	84





Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Konduktifitas Termal	12
Tabel 2. 2 Klasifikasi Aliran	14
Tabel 3. 1 Spesifikasi Pipa Superheater	30
Tabel 3. 2 Spesifikasi Band heater	31
Tabel 3. 3 Suhu Rata-Rata Permukaan Pipa	31
Tabel 3. 4 Spesifikasi Ceramic Fiber	34
Tabel 3. 5 Parameter Boundary Condition	39
Tabel 3. 6 Parameter Model Simulasi	41
Tabel 3. 7 Properti Fluida (steam)	41
Tabel 3. 8 Properti Pipa ASTM A53 Grade B	41
Tabel 3. 9 Properti Isolator Ceramic Viber	42
Tabel 3. 10 Spesifikasi Thermocouple Tipe-K	43
Tabel 3. 11 Spesifikasi Thermogun	44
Tabel 4. 1 Perbandingan Meshing Pipa Tanpa Isolator	49
Tabel 4. 2 Perbandingan Meshing Pipa Dengan Isolator	49
Tabel 4. 3 Hasil Validasi Suhu Outlet Simulasi CFD terhadap Data Eksperimen	50
Tabel 4. 4 Profil Temperatur Uap Keluaran pada Sisi Outlet (dengan Isolator)	63
Tabel 4. 5 Perbandingan Karakteristik Aliran Outlet	74
Tabel 4. 6 Komparasi Kinerja Media Berporos pada Konfigurasi 3 Heater Berisolator ..	75

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Blok Diagram Superheated Steam Drying	6
Gambar 2. 2 Boiler Sumber: solarindustri.com	7
Gambar 2. 3 Superheater Sumber: haikanko.net.....	8
Gambar 2. 4 Pengering Sumber: E. Achdi et al.	9
Gambar 2. 5 Diagram Fase Uap Sumber: R. Subagyo.....	9
Gambar 2. 6 Contoh Scraper Dari Limbah Proses Bubut	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Pipa Superheater.....	30
Gambar 3. 3 Band Heater	30
Gambar 3. 4 Komponen Sistem Superheater Elektrik	32
Gambar 3. 5 Ceramic Fiber.....	34
Gambar 3. 6 Diameter Domain Fluida, Pipa, dan Isolator.....	35
Gambar 3. 7 Geometri (a) Pipa Dengan Isolator, (b) Tanpa Isolator.....	36
Gambar 3. 8 Meshing.....	36
Gambar 3. 9 Solver execution pada simulasi CFD menggunakan ANSYS.....	38
Gambar 3. 10 Boundary	39
Gambar 3. 11 Thermocouple Tipe-K.....	44
Gambar 3. 12 Thermogun.....	44
Gambar 4. 1 Temperatur Permukaan Pipa (a)2 Heater Tanpa Isolator, (b)3 Heater Tanpa Isolator, (c)4 Heater Tanpa Isolator dan (d)5 Heater Tanpa Isolator.....	52
Gambar 4. 2 Temperatur Permukaan Pipa (a)2 Heater dengan Isolator, (b)3 Heater dengan Isolator, (c)4 Heater dengan Isolator dan (d)5 Heater dengan Isolator	54
Gambar 4. 3 Temperatur Isolator Terhadap Suhu Pipa (a)Variasi 2 Heater, (b)Variasi 3 Heater, (c)Variasi 4 Heater dan (d)Variasi 5 Heater.....	55
Gambar 4. 4 Temperatur Inlet Pipa.....	57
Gambar 4. 5 Kontur Temperatur Aliran Steam Dalam Pipa Tanpa Isolator (a)Variasi 2 Heater, (b)Variasi 3 Heater, (c)Variasi 4 Heater, (d)Variasi 5 Heater.....	59
Gambar 4. 6 Kontur Temperatur Outlet Steam Tanpa Isolator (a)Variasi 2 Heater, (b)Variasi 3 Heater, (c)Variasi 4 Heater, (d)Variasi 5 Heater	60
Gambar 4. 7 Kontur Temperatur Aliran Steam Dalam Pipa Dengan Isolator (a)Variasi 2 Heater, (b)Variasi 3 Heater, (c)Variasi 4 Heater, (d)Variasi 5 Heater	62
Gambar 4. 8 Kontur Temperatur Outlet Steam Dengan Isolator (a)Variasi 2 Heater, (b)Variasi 3 Heater, (c)Variasi 4 Heater, (d)Variasi 5 Heater	64
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Temperatur Permukaan Pipa, Outlet, dan Isolator	65
Gambar 4. 10 Profil Kecepatan Aliran Uap pada Saluran Perpipaan	67
Gambar 4. 11 Profil Kecepatan Aliran Uap pada Area Belokan (Elbow)	68
Gambar 4. 12 Profil Kecepatan Aliran Uap Memasuki Area Porous Media 90%.....	69
Gambar 4. 13 Kecepatan Aliran Uap Keseluruhan Variasi Porous 90%	69
Gambar 4. 14 Profil Kecepatan Aliran Uap Memasuki Area Porous Media 70%.....	70
Gambar 4. 15 Kecepatan Aliran Uap Keseluruhan Variasi Porous 70%	70
Gambar 4. 16 Distribusi Temperatur Uap Melalui Porous Media 90%.....	71
Gambar 4. 17 Distribusi Temperatur Uap Melalui Porous Media 70%.....	71
Gambar 4. 18 Kontur Temperatur Uap pada Penampang Outlet Porositas 90%	72

Hak Cipta :

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



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. 19 Kontur Temperatur Uap pada Penampang Outlet Porositas 70%	72
Gambar 4. 20 Kontur Distribusi Tekanan (Pressure Drop) pada Porositas 90%	73
Gambar 4. 21 Kontur Distribusi Tekanan (Pressure Drop) pada Porositas 70%	73
Gambar 4. 22 Komparasi Kinerja Media Berporos pada Konfigurasi 3 Heater Berisolator	76



Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Sektor perikanan memiliki potensi hasil tangkapan yang sangat melimpah, namun penanganan pascapanennya masih sering menjadi tantangan tersendiri. Ikan mentah memiliki kadar air yang tinggi sehingga sangat rentan mengalami degradasi mutu dan pembusukan yang cepat oleh aktivitas mikroorganisme jika tidak segera diolah atau diawetkan [1]. Oleh karena itu, pengeringan (*drying*) menjadi salah satu metode pengawetan utama yang krusial untuk mereduksi kadar air dan memperpanjang umur simpan hasil laut [2]. Agar kualitas ikan tetap terjaga dengan baik tanpa merusak struktur protein dan nutrisinya, diperlukan pemanfaatan teknologi pengeringan termal yang presisi dan efisien, salah satunya menggunakan medium uap panas lanjut (*superheated steam*) [3].

Perancangan *superheater* pada sistem *drying* saat ini masih sangat mengandalkan pendekatan *trial and error* pada penentuan parameter dasarnya, sehingga berisiko besar menyebabkan tidak efisiennya konsumsi energi [4][5]. Padahal, untuk aplikasi pengeringan hasil laut, uap air harus dipanaskan secara intensif agar suhu operasional 150°C - 180°C tercapai guna mengoptimalkan dehidrasi tanpa merusak nutrisi [6]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menggantikan metode *trial and error* tersebut melalui pendekatan optimasi termal. Secara spesifik, penelitian ini mengevaluasi jumlah pemanas (*heater*) yang paling optimal dan menganalisis penambahan media berporos atau *scraper* untuk memperbaiki homogenitas distribusi panas pada aliran uap.

Penelitian terdahulu yang membahas aplikasi *superheated steam* dan perpindahan panas telah banyak dilakukan. Penelitian Bari et al., (2016) menggunakan simulasi CFD untuk mengevaluasi karakteristik perpindahan panas pada *superheater* guna mencari area kritis, namun masih berfokus pada skala boiler industri dengan sumber panas dari gas buang pembakaran [7]. Selanjutnya, penelitian Li et al., (2021) melakukan simulasi komputasi numerik untuk optimasi material isolator pada sistem perpipaan termal,

Hak Cipta :

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

akan tetapi model tersebut hanya menyimulasikan aliran fluida yang bersifat pasif tanpa adanya media pengaduk [8]. Sementara itu, penelitian Hassan et al., (2022) memodelkan distribusi fluks panas pada pemanas elektrik silindris berbasis simulasi CFD, namun belum mengevaluasi intervensi mekanis di dalam pipa untuk menjaga stabilitas suhu [9]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjembatani celah tersebut melalui analisis variasi jumlah band heater dan isolator, yang kemudian dilanjutkan dengan simulasi penambahan *scraper* sebagai media berporos (porosity) dengan tingkat porositas 70% dan 90% pada variasi terbaik.

Penelitian ini berfokus pada analisis distribusi temperatur pada sistem superheater elektrik menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Superheated steam sendiri merupakan teknologi uap panas lanjut yang sangat efektif untuk proses pengeringan tanpa menurunkan kualitas nutrisi produk. Dalam simulasi CFD menggunakan perangkat lunak ANSYS, elemen band heater disederhanakan menggunakan kondisi batas suhu permukaan konstan (constant surface temperature) seperti yang dijelaskan oleh Incropera dkk. [10]. Temperatur rata-rata permukaan dinding luar pipa dari hasil pengukuran digunakan langsung sebagai kondisi batas. Melalui pemodelan ini, pemerataan panas pada berbagai variasi jumlah heater serta efek dari penambahan *scraper* sebelum benar-benar direalisasikan dapat dievaluasi secara langsung dan akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang akan dirumuskan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Belum diketahui jumlah band heater dan isolator yang paling optimal untuk menghasilkan distribusi temperatur yang merata pada sistem perpipaan superheater.
2. Belum diketahui bagaimana pengaruh penambahan *scraper* yang disimulasikan sebagai media berporos (porosity) dengan variasi 70% dan 90% terhadap homogenitas aliran dan distribusi panas uap.

Hak Cipta :

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

1.3 Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana distribusi temperatur pada sistem *superheater* berdasarkan hasil simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD)?
2. Berapa jumlah *band heater* yang paling optimal untuk memastikan suhu uap keluaran mencapai 150°C - 180°C dengan efisien?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *scraper* dengan variasi porositas 70% dan 90% terhadap aliran dan penyebaran panas pada konfigurasi *superheater* terbaik?

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian difokuskan pada analisis perpindahan panas dan simulasi CFD pada sistem electric *superheater* tanpa membahas sistem pembangkitan uap (*boiler*) maupun aspek metalurgi material.
2. Variabel penelitian dibatasi pada variasi jumlah *band heater*, penggunaan isolator ceramic fiber, dan penambahan *scraper* yang disimulasikan sebagai media berporos (porosity 70% dan 90%).
3. Evaluasi kinerja sistem difokuskan pada distribusi temperatur aliran uap dan pencapaian temperatur uap keluaran (*superheated steam*) pada rentang 150°C hingga 180°C .
4. Simulasi termal dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS. Pada pemodelannya, elemen *band heater* dan lapisan isolator tidak dimodelkan secara eksplisit. Pengaruh pemanasan direpresentasikan menggunakan kondisi batas berupa temperatur rata-rata hasil pengukuran (*constant wall temperature*) sesuai dengan konfigurasi pengujian.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis distribusi temperatur pada sistem *superheater* menggunakan simulasi CFD.
2. Menentukan konfigurasi jumlah heater dan isolator yang paling optimal.



Hak Cipta :

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

3. Menganalisis pengaruh penambahan media berporos atau *scraper* dengan porositas 70% dan 90% pada konfigurasi terbaik terhadap distribusi panas aliran uap sebelum direalisasikan.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat dihasilkan dari penelitian ini, yaitu :

1. Manfaat bagi Mahasiswa: Meningkatkan kemampuan analisis teknis dalam menerapkan metode komputasi CFD untuk memvisualisasikan fenomena perpindahan panas, aliran fluida pada media berporos, serta mengoptimalkan rancangan desain pada unit superheater listrik.
2. Manfaat bagi Institusi Akademik: Melalui penelitian ini diharapkan dapat menambah literatur dan referensi studi kasus nyata dalam keilmuan Teknik Mesin, khususnya pada bidang simulasi termodinamika, perpindahan kalor konjugasi, dan konversi energi.
3. Manfaat bagi Mitra Peneliti (BRIN & PNJ) dan Industri: Memberikan rekomendasi teknis berbasis data komputasi terkait modifikasi desain, konfigurasi jumlah heater, dan efektivitas penggunaan *scraper*. Hal ini bertujuan agar purwarupa alat pengering superheated steam dapat mendistribusikan panas lebih merata dengan efisiensi tinggi guna mencegah pembusukan hasil panen ikan.

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Berikut adalah sistematika dari penulisan skripsi, yaitu :

A. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bagian awal penelitian yang menguraikan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan secara keseluruhan.

B. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan bab tinjauan pustaka yang berguna untuk memaparkan dasar teori yang digunakan dalam penelitian skripsi ini. Landasan teori serta kajian literatur yang digunakan didapatkan dari jurnal, buku, manual book, serta informasi kredibel dari internet.

C. BAB III METODE PENELITIAN



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab ini merupakan bagian dimana penulis akan memaparkan sumber data penelitian, cara pengumpulan data, serta metode apa yang digunakan dalam analisis data.

D. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan bagian yang membahas pengolahan data yang telah diperoleh dari berbagai sumber. Melalui proses pengolahan data tersebut, hasil penelitian diharapkan dapat tersaji secara sistematis dan komprehensif.

E. BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan bagian yang berisi kesimpulan yang didapatkan dari penelitian dan saran yang didapatkan dari hasil penelitian.



Hak Cipta :

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

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) yang telah dilakukan pada rancangan *electric superheater*, dapat ditarik kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Analisis Distribusi Temperatur pada Sistem Superheater

Validasi model numerik terhadap data eksperimen menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik, dengan persentase galat (*error*) pada seluruh variasi konfigurasi berada di bawah batas toleransi 10%, di mana galat tertinggi tercatat sebesar 8,39% pada konfigurasi 4 *band heater* (746 Watt) tanpa isolator dan galat terendah sebesar 0,03% pada konfigurasi 3 *band heater* (184 Watt x 3 band = 552 Watt) tanpa isolator. Hasil ini mengonfirmasi bahwa model CFD yang dibangun valid dan layak digunakan untuk analisis lanjutan. Secara umum, distribusi temperatur pada sistem tanpa isolator (*bare pipe*) menunjukkan pola yang tidak merata, di mana panas dari *band heater* hanya terkonsentrasi di area dekat dinding pipa akibat besarnya kerugian panas (*heat loss*) yang terdisipasi ke lingkungan, sehingga bagian inti (*core*) aliran uap gagal mencapai suhu target. Sebaliknya, penggunaan isolator *ceramic fiber* terbukti sangat efektif memblokir kebocoran panas ke luar sistem, sehingga energi termal dari *band heater* dapat difokuskan sepenuhnya untuk memanaskan aliran uap secara jauh lebih homogen.

2. Konfigurasi Jumlah Heater dan Isolator yang Paling Optimal

Konfigurasi 3 *band heater* dengan isolator *ceramic fiber* ditetapkan sebagai konfigurasi *baseline* paling optimal. Konfigurasi ini mampu menghasilkan suhu inti pada penampang keluaran sebesar 177,80°C, yang telah melampaui batas minimal target *superheated steam* (150°C), tanpa menimbulkan risiko pemanasan berlebih (*overheating*) yang ekstrem seperti yang teramati pada konfigurasi 5 *band heater* (suhu inti keluaran hingga 284,08°C). Konfigurasi ini dinilai paling efisien dari segi konsumsi energi karena mampu mencapai target suhu operasional

Hak Cipta :

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

tanpa membebani sistem dengan jumlah elemen pemanas yang berlebihan.

3. Pengaruh Penambahan Scraper (Porous Media) terhadap Homogenitas Panas

Penambahan *scraper* yang dimodelkan sebagai media berporos pada konfigurasi 3 *band heater* (552 Watt) berisolator terbukti sangat efektif memecah lapisan batas termal (*thermal boundary layer*) dan meningkatkan homogenitas suhu uap hingga ke bagian inti aliran. Pada porositas 90%, suhu inti keluaran melonjak dari 233,25°C (tanpa *scraper*) menjadi 426,49°C, disertai kerugian tekanan (*pressure drop*) sebesar 62,99 Pa yang masih berada dalam batas aman bagi sistem penyuplai uap. Sementara itu, porositas 70% menghasilkan suhu inti yang sedikit lebih tinggi (437,85°C), namun disertai *pressure drop* yang jauh lebih besar (95,64 Pa) akibat hambatan inersia yang meningkat drastis sesuai dengan Hukum Darcy-Forchheimer. Berdasarkan pertimbangan keseimbangan antara efektivitas termal dan beban mekanis sistem, konfigurasi 3 *band heater* (552 Watt) berisolator dengan *scraper* porositas 90% ditetapkan sebagai rancangan akhir yang paling optimal untuk diterapkan pada sistem *electric superheater*.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan dan batasan dalam penelitian ini, beberapa rekomendasi yang dapat dipertimbangkan untuk penyempurnaan desain dan pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. **Realisasi Fisik Scraper Porositas 90%:** Hasil simulasi media berporos yang menjanjikan perlu ditindaklanjuti dengan fabrikasi purwarupa *scraper* fisik (misalnya berbentuk bilah statis atau *helical mixer*) yang disesuaikan dengan tingkat kerapatan setara porositas 90%, kemudian diuji secara eksperimental untuk memvalidasi efek homogenisasi panas dan *pressure drop* aktualnya terhadap hasil komputasi.
2. **Penggunaan Material Pipa Food Grade:** Untuk memperluas potensi aplikasi sistem ini pada pengeringan produk pangan, disarankan mengganti material perpipaan dari baja karbon ASTM A53 Grade B

Hak Cipta :

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

menjadi *Stainless Steel* (seperti SS 304 atau SS 316) yang memenuhi standar *food grade*, memiliki ketahanan korosi lebih baik terhadap uap suhu tinggi, serta menjamin kebersihan uap yang bersentuhan langsung dengan produk perikanan.

3. **Pelaksanaan Simulasi Transient:** Penelitian ini masih terbatas pada pendekatan tunak (*steady state*). Apabila didukung oleh ketersediaan perangkat keras komputasi yang memadai, penelitian selanjutnya disarankan menjalankan simulasi *transient* untuk mengetahui durasi waktu pemanasan awal (*warm-up time*) yang dibutuhkan sistem sejak elemen pemanas dihidupkan hingga mencapai kondisi operasional yang stabil.
4. **Integrasi Sistem Kontrol Temperatur Otomatis:** Mengingat laju pemanasan yang dapat terus meningkat hingga melampaui suhu target pada konfigurasi berisolator, disarankan mengintegrasikan sistem kontrol suhu otomatis berbasis *PID controller* yang dipadukan dengan sensor *termocouple* pada sisi *outlet* dan *Solid State Relay* (SSR). Sistem ini akan memutus aliran listrik ke *band heater* secara otomatis saat suhu *setpoint* tercapai, sehingga mencegah risiko *overheating* sekaligus mengoptimalkan efisiensi konsumsi daya listrik secara keseluruhan.

Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. E. Ghaly, D. Dave, S. Budge, dan M. S. Brooks, "Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: Review," *Am. J. Appl. Sci.*, vol. 7, no. 7, hal. 846–864, 2010, doi: 10.3844/ajassp.2010.859.877.
- [2] McDonald, *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析* Title.
- [3] Mujumbar, *Handbook of Industrial Drying (3rd ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420017618>, 3rd ed. Singapore, 2006.
- [4] R. Eang dan N. Tippayawong, "Optimization of process variables for drying of cashew nuts by superheated steam," *Cogent Eng.*, vol. 5, no. 1, hal. 1–13, 2018, doi: 10.1080/23311916.2018.1531457.
- [5] K. Hiep Le, "Multiscale Modeling of Non-Isothermal Fluid Transport Involved in Drying Process of Porous Media," *Porous Fluids - Adv. Fluid Flow Transp. Phenom. Porous Media*, hal. 1–17, 2021, doi: 10.5772/intechopen.97317.
- [6] G. Tirtawijaya, S. R. Kim, W. H. Cho, J. H. Sohn, J. S. Kim, dan J. S. Choi, "Development of a home meal replacement product containing braised mackerel (*Scomber japonicus*) with radish (*raphanus sativus*)," *Foods*, vol. 10, no. 5, 2021, doi: 10.3390/foods10051135.
- [7] R. Thombare dan P. S. Y. Bhosale, "Experimental & CFD Analysis of Super Heater in Bagasse Fired Water Tube Boiler," vol. 3, no. October, hal. 31–35, 2015.
- [8] H. C. Van Deventer dan R. M. H. Heijmans, "Drying with superheated steam," *Dry. Technol.*, vol. 19, no. 8, hal. 2033–2045, 2001, doi: 10.1081/DRT-100107287.
- [9] A. Singh, V. Sharma, S. Mittal, G. Pandey, D. Mudgal, dan P. Gupta, "An overview of problems and solutions for components subjected to fireside of boilers," *Int. J. Ind. Chem.*, vol. 9, no. 1, hal. 1–15, 2018, doi: 10.1007/s40090-017-0133-0.
- [10] M. Trojan, "Computer modeling of a convective steam superheater," *Arch. Thermodyn.*, vol. 36, no. 1, hal. 125–137, 2015, doi: 10.1515/aoter-2015-



Hak Cipta :

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

- 0009.
- [11] L. S. Steam dan H. Pump, “Low-Pressure Superheated Steam and Heat Pump,” hal. 1–11, 2022.
- [12] Y. A. Cengel, *Engineering thermodynamics - 9th*, 9th ed. 2017.
- [13] M. J. Moran dan H. N. Shapiro, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Second Edition*, vol. 18, no. 2. 1993. doi: 10.1080/03043799308928176.
- [14] B. Theodore, *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, 8th ed. 2017.
- [15] J. W. WURDOCK, *Fluid Mechanics and Its Applications*. 1976. doi: 10.1016/0300-9467(86)85009-2.
- [16] J. A. Lienhard, *A Heat Transfer Textbook - 6th*, 6th ed. Phlogiston Press, 2024.
- [17] Anon, “Power Piping,,” *ANSI Stand B31. 1*, vol. 2022, 1973, doi: 10.1115/1.860144.
- [18] ANSYS FLUENT 13 User’s Guide, “Ansys Fluent Theory Guide,,” *ANSYS Inc., USA*, vol. 15317, no. November, hal. 724–746, 2013.
- [19] A. Ghanem, T. Lemenand, D. Della Valle, dan H. Peerhossaini, “Static mixers: Mechanisms, applications, and characterization methods - A review,,” *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 92, no. 2, hal. 205–228, 2014, doi: 10.1016/j.cherd.2013.07.013.
- [20] J. Tu, Y. Guan-heng, dan C. Liu, *Computational Fluid Dynamic 3rd Edition*, vol. 5, no. 3. 2020. [Daring]. Tersedia pada: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf%0Ahttps://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/C20150061354>
- [21] W. Versteeg, H. K., & Malalasekera, “An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method,,” 2nd ed., 2007.
- [22] R. Peyret dan T. D. Taylor, *Computational methods for fluid flow*. 1983. doi: 10.1063/1.2815085.
- [23] A. T. Nurani, A. Setiawan, dan B. Susanto, “Perbandingan Kinerja Regresi Decision Tree dan Regresi Linear Berganda untuk Prediksi BMI pada Dataset Asthma,,” *J. Sains dan Edukasi Sains*, vol. 6, no. 1, hal. 34–43,



Hak Cipta :

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

2023, doi: 10.24246/juses.v6i1p34-43.

- [24] J. John D. Anderson, *Computational fluid dynamics, second edition*. 1995.
- [25] B. R. Munson, D. F. Young, dan T. H. Okiishi, "Fundamentals of fluid mechanics," 1994, doi: 10.1201/b11709-7.
- [26] Dean, "Fluid Motion in Nature," *Nature*, vol. 182, no. 4644, hal. 1182–1183, 1958, doi: 10.1038/1821182a0.
- [27] S. Manual, "Borgnakke Sonntag Fundamentals of Thermodynamics SOLUTION MANUAL," no. June, 2013.
- [28] B. Straughan, *Convection in porous media*, vol. 165. 2008. doi: 10.1007/978-0-387-76543-3_4.



LAMPIRAN



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

