



© 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



Desain dan Analisis *Superheated Steam* Dengan Neraca Energi Untuk Pengeringan

SKRIPSI

Oleh:

Jatmiko Sudarmadji
NIM. 2202421015

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

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

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



Desain dan Analisis *Superheated Steam* Dengan Neraca Energi Untuk Pengeringan

SKRIPSI

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

Oleh:
Jatmiko Sudarmadji
NIM. 2202421015

**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

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Desain dan Analisis *Superheated Steam* Dengan Neraca Energi Untuk
Pengeringan

Oleh :

Jatmiko Sudarmadji

NIM. 2202421015

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Skrripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Prof. Dr., Tatun Hayatun Nufus, M. Si
NIP. 196604161995122001

Pembimbing 2

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

Kepala Program Studi
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**

**Desain dan Analisis *Superheated Steam* Dengan Neraca Energi Untuk
Pengeringan**

Oleh :

Jatmiko Sudarmadji
2202421015

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan (atau skripsi) di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 14 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (Diploma IV) pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin.

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Prof. Dr., Tatun Hayatun Nufus, M. Si	Ketua		03-8-2026
2	Dr. Candra Damis Widiawaty, S.T.P., M.T.	Penguji 1		24-7-2026
3	Dhea Tisane Ardhan, S.Hum., M.Hum.	Penguji 2		16-7-2026

Depok, 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 mengumunkan 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 : Jatmiko Sudarmadji
NIM : 2202421015
Program Studi : 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, 07 Juli 2026

Jatmiko Sudarmadji
NIM. 2202421015



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

Desain dan Analisis *Superheated Steam* Dengan Neraca Energi Untuk Pengeringan

Jatmiko Sudarmadji, Tatun Hayatun Nufus, Cecep Slamet Abadi, Akhmad Junaidi

E-mail address: jatmiko.sudarmadji.tn22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini merancang bangun dan menganalisis performa *superheater* elektrik tubular pada sistem *Superheated Steam Drying* (SSD) untuk pengeringan ikan. Metode yang digunakan meliputi pendekatan rancang bangun berdasarkan perhitungan neraca massa dan energi, serta pengujian eksperimental pada enam konfigurasi alat. Variabel pengujian mencakup variasi jumlah *heater* pemanas atau *Band heater* (3, 4, dan 5 unit *heater* 185 W) serta penggunaan insulasi ceramic fiber setebal 25 mm pada pipa baja ASTM A53. Pengambilan data suhu diukur menggunakan *termocouple* Tipe-K berbasis Arduino selama 60 menit pada kondisi steady-state. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa konfigurasi 4 *heater* tanpa isolator mampu mencapai target suhu 178,5°C, namun efisiensi termalnya sangat rendah (~21,3%) akibat besarnya kerugian panas (*heat loss*). Sebaliknya, penggunaan isolator ceramic fiber terbukti meningkatkan efisiensi termal hingga 48,2% pada konfigurasi 3 *heater*, meskipun memicu overshoot suhu hingga 233,25°C. Disimpulkan bahwa desain paling optimal adalah konfigurasi 3 *Band heater* (555 W) berinsulasi penuh ceramic fiber, dengan rekomendasi penambahan pengontrol otomatis (PID) untuk menstabilkan suhu uap pada rentang operasional ideal 150°C–180°C..

Kata-kata kunci: *Superheated Steam Drying, superheater, neraca energi, ceramic fiber, pengeringan ikan*



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

Design and Analysis of Superheated Steam Using an Energy Balance for Drying

Jatmiko Sudarmadji, Tatun Hayatun Nufus, Cecep Slamet Abadi, Akhmad Junaidi

E-mail address: jatmiko.sudarmadji.tn22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

This study designs and analyzes the performance of a tubular electric superheater in a Superheated Steam Drying (SSD) system for fish Drying. The methods used include an engineering design approach based on mass and energy balance calculations, alongside experimental testing on six device configurations. Testing variables encompass the variation in the number of Band heaters (3, 4, and 5 units at ± 185 W each) and the application of a 25 mm thick ceramic fiber insulation on an ASTM A53 steel pipe. Temperature data were recorded using an Arduino-based Type-K thermocouple for 60 minutes under steady-state conditions. Experimental results show that the 4-heater configuration without insulation reached the target temperature of 178.5°C , but its thermal efficiency was considerably low ($\sim 21.3\%$) due to substantial heat loss. Conversely, the use of ceramic fiber insulation successfully boosted the thermal efficiency to 48.2% in the 3-heater configuration, although it triggered a temperature overshoot up to 233.25°C . It is concluded that the most optimal design is the 3-Band heater configuration (555 W) fully insulated with ceramic fiber, with a recommendation to integrate an automatic controller (PID) to stabilize the steam temperature within the ideal operational range of 150°C – 180°C .

Keywords: Superheated Steam Drying, superheater, energy balance, ceramic fibre, fish Drying

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

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Desain dan Analisis *Superheated Steam* Dengan Neraca Energi Untuk Pengeringan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma IV (Sarjana Terapan) Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak yang terkait selama berjalannya proses penulisan skripsi. Oleh karena itu, ucapan terima kasih Penulis sampaikan kepada :

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 Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Jakarta,
4. Bapak Prof. Dr., Tatun Hayatun Nufus, M. Si selaku Dosen Pembimbing satu yang telah membimbing dengan penuh dedikasi,
5. Bapak Cecep Slamet Abadi S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing dua yang telah membimbing dengan penuh dedikasi,
6. Seluruh Dosen serta Civitas akademik Politeknik Negeri Jakarta,
7. Saudara dan kerabat yang telah memberikan dukungan selama berjalannya perkuliahan,
8. Partner dan seluruh teman – teman satu kelas, yang telah memberikan masukan dan dukungan baik selama perkuliahan maupun penulisan skripsi, khususnya rencang-rencang outdoor lab energi yang telah bersama-sama menyelesaikan projek ini.
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 memiliki keterbatasan dan jauh



© 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

dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun guna perbaikan serta penyempurnaan karya ilmiah ini di masa mendatang. Penulis berharap skripsi ini dapat menjadi referensi bagi pihak perusahaan serta menambah wawasan dan pengetahuan bagi penulis maupun pembaca. Dengan demikian, skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam mendukung pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 07 Juli 2026

Jatmiko Sudarmadji
NIM. 2202421015

**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

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	14
1.1 Latar Belakang.....	14
1.2 Rumusan Masalah	16
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	17
1.4 Hipotesis Penelitian.....	17
1.5 Tujuan Penelitian.....	17
1.6 Manfaat Penelitian.....	18
1.7 Sistematika Penelitian	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	20
2.1 <i>Superheated Steam Drying</i>	20
2.1.1. Pengertian <i>Superheated Steam Drying</i>	20
2.1.2. Prinsip Kerja <i>Superheated Steam Drying</i>	20
2.1.3. Komponen Pada Sistem <i>Superheated Steam Drying</i>	22
2.2 <i>Superheater</i>	23
2.2.1 Pengertian <i>Superheater</i>	23
2.2.2 Rancang Bangun <i>Superheater Electric</i>	24
2.2.3 Prinsip Dasar Termodinamika Pada <i>Superheater</i>	24
2.2.4 <i>Steam</i>	25
2.2.5 Perpindahan Panas.....	27
2.2.6 Neraca Massa (<i>Mass Balance</i>) Sebagai Desain Aliran	29
2.2.7. Neraca Energi (<i>Energy Balance</i>) Sebagai Basis Penentuan Jumlah <i>Heater</i> ..	30
2.2.8 Dasar Perancangan Geometri <i>Superheater</i>	33
2.3 Kajian Literatur	38
2.4 Kerangka Pemikiran	44
BAB III Metode Penelitian	45
3.1 Jenis Penelitian	45
3.2 Objek Penelitian	49
3.3 Prosedur Perancangan <i>Superheater</i>	51
3.4 Prosedur Pengujian	53
3.5 Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	55
3.6 Alat dan Bahan.....	56
3.7 Metode Pengumpulan Data.....	65
3.8 Metode Analisis Data	66
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	67
4.1 Hasil Pengujian	67
4.1.1 Hasil Pengujian Variasi 3 <i>Band heater</i> Tanpa Isolator	68
4.1.2 Hasil Pengujian Variasi 3 <i>Band heater</i> Dengan Isolator.....	69
4.1.3 Hasil Pengujian Variasi 4 <i>Band heater</i> Tanpa Isolator	71



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

4.1.4 Hasil Pengujian Variasi 4 <i>Band heater</i> Dengan Isolator.....	72
4.1.5 Hasil Pengujian Variasi 5 <i>Band heater</i> Tanpa Isolator	74
4.1.6 Hasil Pengujian Variasi 5 <i>Band heater</i> Dengan Isolator.....	74
4.1.7 Data Pengujian Seluruh Variasi	75
4.1.8 Analisis Diagram Suhu-Entalpi (T-h) pada Sistem <i>Superheated Steam</i>	77
4.2 Pembahasan	78
4.2.1 Analisis Perpindahan Panas Sebagai Perhitungan Desain	79
4.2.2 Analisis Neraca Energi.....	80
4.2.3 Analisis Kehilangan Panas (<i>Heat loss</i>)	82
4.2.4 Pengaruh Jumlah <i>Band heater</i> Terhadap Temperatur <i>Superheated Steam</i>	87
4.2.5 Penentuan Desain Optimal <i>Superheater</i>	87
4.2.6 Estimasi Konsumsi dan Biaya Energi Listrik.....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	92
5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran	92
Daftar Pustaka	94
LAMPIRAN	97

**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

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perbandingan Penelitian (Research Gap).....	15
Tabel 3. 1 Spesifikasi Superheater	50
Tabel 3. 2 Spesifikasi Bandheater	50
Tabel 3. 3 Spesifikasi Isolator.....	51
Tabel 3. 4 Spesifikasi Termocouple.....	56
Tabel 3. 5 Spesifikasi Thermometer	63
Tabel 3. 6 Spesifikasi Thermal Imaging	64
Tabel 4. 1 Variabel.....	67
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian 3 Heater Tanpa Isolator.....	68
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian 3 Heater Dengan Isolator	70
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian 4 Heater Tanpa Isolator.....	71
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian 4 Heater Dengan Isolator	73
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian 5 Heater Tanpa Isolator.....	74
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian 5 Heater Dengan Isolator	75
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Gabungan Heater Tanpa dan Dengan Isolator	75
Tabel 4. 9 Data Geometri Sistem Perpipaan	82
Tabel 4. 10 Temperatur Outlet Hasil Pengujian.....	83
Tabel 4. 11 heatloss.....	86
Tabel 4. 12 Biaya Operasional Per Jam	89

**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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Blok Diagram Superheated Steam Drying	21
Gambar 2. 2 Boiler	22
Gambar 2. 3 Superheater	22
Gambar 2. 4 Pengering	23
Gambar 2. 5 Gambar diagram phase steam	26
Gambar 3. 1 Diagram Alir	46
Gambar 3. 2 Gambar Superheater	49
Gambar 3. 3 Gambar Thermocouple.....	56
Gambar 3. 4 Diagram rangkaian Arduino Uno.....	57
Gambar 3. 5 Thermometer	63
Gambar 3. 6 IR Thermal Imaging.....	64
Gambar 4. 1 Grafik Seluruh Variasi	76
Gambar 4. 2 Diagram Suhu dan Entalpi	77
Gambar 4. 3 Sketsa pengujian	84
Gambar 4. 4 Sketsa pengujian	84
Gambar 4. 4 Grafik suhu isolator.....	90
Gambar 4. 4 Grafik Konsumsi Listrik penggunaan heater.....	91

**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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selama ini, nelayan bergantung pada metode pengeringan ikan konvensional menggunakan panas matahari yang rentan terhadap cuaca dan kontaminasi silang. Penggunaan pengering udara panas konvensional juga menimbulkan masalah teknis; paparan oksigen pada suhu tinggi memicu reaksi oksidasi lipid secara masif yang menyebabkan daging ikan menjadi tengik dan menurunkan nilai nutrisinya, serta menyebabkan pengerasan permukaan luar (*case hardening*). [1].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, teknologi pengeringan *Superheated Steam Drying* (SSD) atau uap panas lanjut menjadi solusi yang mendekati. Lingkungan uap panas lanjut murni bebas dari oksigen bebas, sehingga efektif mencegah kerusakan oksidasi dan mempertahankan kualitas produk. Dalam operasional sistem ini, komponen paling vital adalah *superheater*, yang bertugas mengonversi uap jenuh (*saturated steam*) pada suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$ menjadi uap panas lanjut pada rentang suhu operasional pengeringan yang ideal, yakni $150^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}$.

Untuk mencapai target suhu operasional tersebut secara presisi dan efisien, diperlukan sebuah rancang bangun *superheater* yang dilandasi oleh perhitungan termodinamika yang matang, bukan sekadar *trial and error*. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada rancang bangun *superheater* elektrik berbentuk tubular dengan panjang pipa ± 1 meter. Proses desain diawali dengan perhitungan teoritis neraca massa dan neraca energi yang komprehensif. Perhitungan ini menjadi fondasi utama (teori penguat) untuk memprediksi besaran daya termal yang dibutuhkan dan menentukan secara eksak jumlah *heater* pemanas (*Band heater*) yang harus diinstalasi pada pipa guna mengatasi rugi-rugi panas (*heat loss*) ke lingkungan dan menaikkan suhu uap hingga rentang $150^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}$. [2][3].

Alat *superheater* ini telah berhasil difabrikasi berdasarkan landasan perhitungan desain tersebut. Selanjutnya, penelitian ini akan melakukan pengujian eksperimental untuk memvalidasi kinerja alat secara empiris. Keselarasan antara kalkulasi neraca energi pada tahap desain dengan distribusi suhu aktual yang

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

dihasilkan akan mengonfirmasi keandalan rancang bangun *superheater* ini sebagai mesin penunjang pengawetan hasil tangkapan nelayan yang efisien..

Saat ini latar belakang lebih banyak menjelaskan teknologi SSD secara umum, namun masih terdapat research gap yang spesifik mengenai optimalisasi alat pengeringnya. Kekurangan dari penelitian-penelitian terdahulu yang mengkaji SSD adalah tidak dibahasnya parameter rekayasa desain *superheater* secara mendetail. Di sisi lain, fokus penelitian mengenai pengeringan ikan masih terbatas pada teknologi udara panas konvensional tanpa adanya kontrol lingkungan bebas oksigen. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk menutup gap (celah) penelitian dengan menyajikan integrasi implementasi SSD pada proses pengeringan yang dibarengi dengan rancang bangun presisi komponen *superheater* berdasarkan neraca energi. Perbedaan spesifik penelitian ini dibanding penelitian sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Perbandingan Penelitian (Research Gap)

Penelitian	Fokus Penelitian	Kekurangan
Adewuni et al (2021)	Evaluasi konsumsi energi pada <i>Superheated Steam Dryer</i> (SSD).	Membahas neraca energi sistem secara keseluruhan, tetapi tidak membahas desain geometri komponen <i>superheater</i> secara mekanis dan spesifik.
Li et al. (2016)	Tinjauan komprehensif mengenai aspek desain, performa energi, dan pemodelan matematis dari berbagai jenis sistem <i>Superheated Steam Drying</i> (SSD) di ranah industri.	Bersifat tinjauan makro sistem pengeringan; tidak membahas rancang bangun detail dan fabrikasi geometris (seperti panjang pipa dan daya heater) komponen <i>superheater</i> elektrik

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

		secara spesifik.
Mansoor et al. (2025)	Kajian aplikasi <i>Superheated Steam</i> (SHS) pada pengolahan seafood untuk peningkatan kualitas produk, retensi nutrisi, dan efisiensi pengeringan bebas oksigen.	berfokus pada evaluasi kualitas produk pangan (biokimia dan mikrobiologi); tidak membahas landasan rekayasa termodinamika (neraca energi/massa) dalam pembuatan mesin <i>superheater</i> penghasil uap tersebut
Penelitian Ini	Rancang bangun <i>superheater</i> + SSD + perhitungan neraca energi eksperimental untuk pengeringan ikan laut.	Menutup gap penelitian dengan memadukan perhitungan mekanis perancangan alat (reduksi <i>heat loss</i> dan spesifikasi geometris) yang secara khusus difungsikan untuk pengolahan produk ikan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah yang di dapat dari latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

1. Belum adanya rancang bangun spesifikasi geometris komponen *superheater* tubular dengan panjang 1 meter yang secara presisi didasarkan pada prinsip neraca massa untuk memastikan sirkulasi aliran uap beroperasi secara optimal tanpa hambatan.
2. Diperlukannya perhitungan neraca energi dan analisis reduksi rugi-rugi panas (*heat loss*) untuk menentukan secara eksak jumlah serta spesifikasi daya *heater* pemanas (*Band heater*) yang harus diinstalasi pada pipa agar mampu menaikkan

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

suhu uap hingga rentang target operasional pengeringan 150°C - 180°C .

3. Belum tervalidasinya kinerja termal dari alat *superheater* yang telah difabrikasi, khususnya mengenai tingkat kesesuaian antara data hasil perhitungan desain secara teoritis dengan data distribusi suhu secara aktual di lapangan.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Adapun beberapa rumusan masalah yang di dapat dari latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang spesifikasi geometris komponen *superheater* tubular sepanjang ± 1 meter yang selaras dengan prinsip perhitungan neraca massa agar sirkulasi aliran uap dapat beroperasi secara optimal?
2. Berdasarkan kalkulasi neraca energi dan perhitungan reduksi rugi-rugi panas (*heat loss*), berapakah jumlah dan daya *heater* pemanas (*Band heater*) yang secara presisi dibutuhkan untuk mencapai target temperatur operasional uap pengering pada 150°C - 180°C ?
3. Bagaimana tingkat kesesuaian (validasi) kinerja termal dari alat *superheater* yang telah difabrikasi apabila data distribusi suhu aktualnya dikomparasikan dengan data hasil perhitungan desain teoritisnya?

1.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teoritis dan perancangan yang dilakukan, hipotesis pada penelitian rekayasa terapan ini adalah: Semakin banyak jumlah *Band heater* dan semakin baik kualitas isolator yang diaplikasikan, maka temperatur *Superheated Steam* yang dihasilkan akan semakin tinggi serta efisiensi termal sistem akan meningkat.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini disusun berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang telah di rumuskan, yaitu untuk mencapai hal-hal yang telah ditentukan yaitu:

1. Menghasilkan rancang bangun unit *superheater* elektrik berpipa 1 meter yang optimal untuk aplikasi pengeringan ikan laut, berlandaskan prinsip mekanika



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

fluida dan neraca massa.

2. Menentukan jumlah dan spesifikasi daya *Band heater* secara eksak melalui perhitungan neraca energi untuk mengonversi uap jenuh menjadi uap panas lanjut bersuhu 150°C - 180°C.
3. Memvalidasi keberhasilan rancang bangun melalui pengujian eksperimental guna mengevaluasi efisiensi termal dan mengukur deviasi antara suhu desain (teoritis) dengan suhu aktual.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak yang terkait dengan penelitian ini. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa: Mengaplikasikan ilmu termodinamika terapan, khususnya hukum kekekalan massa dan energi, ke dalam proyek rancang bangun (*engineering design and fabrication*) mesin nyata berskala laboratorium.
2. Bagi Politeknik Negeri Jakarta: Menambah literatur dan prototipe teknologi rekayasa pembangkit energi panas terbarukan atau sistem konversi energi yang dapat dijadikan standar modul praktikum di masa depan.
3. Bagi Industri dan Masyarakat: Menyediakan rancangan *Prototipe* alat pemanas uap yang terukur dan efisien secara konsumsi energi listrik, yang kelak dapat dikembangkan menjadi solusi alat pengering ikan higienis untuk mendukung ketahanan pangan dan program pemenuhan gizi nasional.

1.7 Sistematika Penelitian

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 PUSATAKA

Bab ini merupakan bab tinjauan pustaka yang berguna untuk memaparkan dasar teori yang digunakan dalam penelitian skripsi ini. Landasan teori serta



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

kajian literatur yang digunakan didapatkan dari jurnal, buku, manual book, serta informasi kredibel dari internet.

C. BAB III METODE PENELITIAN

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.

**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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun, pengujian eksperimental, dan analisis termodinamika yang telah dilakukan terhadap prototipe *superheater* uap panas lanjut berbasis pipa baja ASTM A53 Grade B dengan pemanas sabuk elektrik (*Band heater*), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Keberhasilan Rancang Bangun dan Mekanika Aliran: Prototipe *superheater* berhasil difabrikasi menggunakan pipa baja karbon ASTM A53 Grade B dengan panjang aktif 1100 mm. Desain geometri ini terbukti optimal karena mampu mendistribusikan laju aliran uap sebesar 7 kg/jam pada profil aliran transisi ($Re = 5910$), memastikan kelancaran sirkulasi tanpa hambatan tekanan balik (*backpressure*).
2. Efektivitas Insulasi dalam Mereduksi *Heat loss*: Penggunaan insulasi ceramic fiber setebal 25 mm terbukti diperlukan untuk mencegah loss energi ke lingkungan. Insulasi ini mampu menekan kerugian panas (*heat loss*) secara ekstrem hingga 98,13%, yang secara langsung mendongkrak efisiensi termal sistem menjadi 48,2%, berbanding terbalik dengan konfigurasi tanpa insulasi yang membuang lebih dari 80% daya termal.
3. Konfigurasi Operasional Optimal: Konfigurasi 3 unit *Band heater* (beban daya 555 W) dengan insulasi penuh merupakan desain paling optimal secara termodinamika untuk memenuhi rentang suhu pengeringan ikan (150°C – 180°C) tanpa merusak produk (*case hardening*). Mengingat efisiensi penahanan panas pada konfigurasi ini kelebihan suhu hingga $233,25^{\circ}\text{C}$, pengoperasiannya membutuhkan integrasi pengontrol otomatis untuk menstabilkan suhu di batas ideal.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian ini, beberapa saran direkomendasikan untuk pengembangan dan penelitian lanjutan:

1. Tambahkan sistem pengatur suhu otomatis menggunakan sensor (*termocouple*) pada pemanas. Sistem ini akan mengatur daya listrik secara

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

otomatis agar suhu uap tetap stabil di kisaran 160–175°C. Hal ini sangat penting untuk mencegah suhu alat menjadi terlalu panas (*overshoot*) dan membuat alat bekerja lebih efisien.

2. Lakukan pengujian langsung menggunakan alat ini untuk mengeringkan ikan segar, seperti bandeng atau ikan layang. Ukur seberapa cepat ikan mengering, seberapa banyak sisa air pada ikan, kualitas akhir ikan, serta jumlah energi (*listrik*) yang dihabiskan. Ini bertujuan untuk membuktikan apakah alat ini benar-benar efektif di kondisi nyata.
3. Untuk meningkatkan efisiensi termal sistem secara keseluruhan, disarankan untuk mengkaji penggunaan kombinasi insulasi, Agar panas tidak banyak terbang, pasang pelapis penahan panas hanya pada bagian tengah pipa, tidak perlu di seluruh bagian, agar suhu tidak berlebihan. Sebelum mengubah bentuk fisik alat, sangat disarankan menggunakan simulasi komputer (seperti *CFD* atau *ANSYS*) untuk melihat pergerakan aliran uap dan sebaran panas di dalam pipa.
4. Jika alat ini ingin diproduksi untuk dijual ke masyarakat (komersil), ganti material pipa dengan *stainless steel* khusus makanan (seperti tipe 304 atau 316L) agar anti-karat dan aman. Selain itu, hitung rincian biaya pembuatan dan operasionalnya, lalu bandingkan dengan cara tradisional (seperti penjemuran atau pengasapan) untuk memastikan alat ini layak dan menguntungkan secara ekonomi.
5. Pengujian variasi tekanan operasi (bukan hanya tekanan atm 1 bar) perlu dipertimbangkan pada penelitian berikutnya. mengoperasikan alat ini pada tekanan uap yang sedikit lebih tinggi dari tekanan udara normal. Tekanan yang lebih tinggi bisa membuat proses pemanasan uap menjadi lebih cepat dan efisien. Namun, pastikan desain pipa dan sambungannya sudah diperkuat agar aman dan memenuhi standar keselamatan alat bertekanan.

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] S. Mansoor, H. R. An, J. H. Sohn, K. M. I. Bashir, and J. S. Choi, "Superheated Steam processing: a novel approach to improve seafood quality and nutritional value," Jul. 01, 2025, *Oxford University Press*. doi: 10.1093/ijfood/vvaf212.
- [2] A. D. Adewumi, J. O. Ojedian, S. O. Oladele, M. Olumuyiwa, C. E. Okonkwo, and T. A. Olayanju, "Energy Requisite and *Drying Capacity* of a *Superheated Steam Dryer*," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1107, no. 1, p. 012045, Apr. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1107/1/012045.
- [3] J. Li, Q. C. Liang, and L. Bennamoun, "Superheated Steam Drying: Design aspects, energetic performances, and mathematical modeling," Jul. 01, 2016, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.rser.2016.03.033.
- [4] Arun S. Mujumdar, *Handbook of Industrial Drying*. CRC Press, 2014. doi: 10.1201/b17208.
- [5] H. C. Van Deventer and R. M. H. Heijmans, "Drying with Superheated Steam," *Drying Technology*, vol. 19, no. 8, pp. 2033–2045, 2007, doi: 10.1081/DRT-100107287.
- [6] A. Singh, V. Sharma, S. Mittal, G. Pandey, D. Mudgal, and P. Gupta, "An overview of problems and solutions for components subjected to fireside of boilers," Mar. 01, 2018, *Springer Berlin Heidelberg*. doi: 10.1007/s40090-017-0133-0.
- [7] M. Trojan, "Computer modeling of a convective steam superheater," *Archives of Thermodynamics*, vol. 36, no. 1, pp. 125–137, Oct. 2015, doi: 10.1515/aoter-2015-0009.
- [8] Y. Yao, Z. Lu, Y. Gong, S. Guo, C. Xiao, and W. Hu, "Drying Characteristics of a Combined Drying System of Low-Pressure Superheated Steam and Heat Pump," *Processes*, vol. 10, no. 7, Jul. 2022, doi: 10.3390/pr10071402.
- [9] S. Si., M. T. J. E. A. L. S. T., M. KKK., Dr. (c) P. P. S. T., M. T. K. A. S. T., M. T. Ir. Suherna, "TERMODINAMIKA DASAR," 2025. Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: <https://www.karyabukudanjurnalindonesia.com/product/termodinamika-dasar-2>
- [10] Y. A. . Çengel, M. A. . Boles, and Mehmet. Kanoğlu, *Thermodynamics : an engineering approach*. McGraw-Hill Education, 2019.
- [11] M. J. . Moran and H. N. . Shapiro, *Fundamentals of engineering thermodynamics*. John Wiley & Sons, 2014.
- [12] R. Subagyo, "B A H A N A J A R SISTEM PEMBANGKIT DAN TURBIN UAP HMKB760 PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT 2018."
- [13] S. K. Patel and M. H. Bade, "Superheated Steam Drying and its applicability for various types of the dryer: The state of art," *Drying Technology*, vol. 39, no. 3, pp. 284–305, 2020, doi: 10.1080/07373937.2020.1847139.
- [14] Y. A. . Çengel, M. A. . Boles, and Mehmet. Kanoğlu, *Thermodynamics : an engineering approach*. McGraw-Hill Education, 2019.
- [15] "Introduction to Heat Transfer 6e c.2011 - Bergman, Incropera".

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

- [16] Richard M. Felder, *HEATERTARY PRINCIPLES OF CHEMICAL PROCESSES*.
- [17] R. Adamski, D. Siuta, B. Kukfisz, M. Frydrysiak, and M. Prochoń, "Integration of safety aspects in modeling of *Superheated Steam* flash *Drying* of tobacco," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 18, Sep. 2021, doi: 10.3390/en14185927.
- [18] Y. Yao, Z. Lu, Y. Gong, S. Guo, C. Xiao, and W. Hu, "Drying Characteristics of a Combined *Drying* System of Low-Pressure *Superheated Steam* and Heat Pump," *Processes*, vol. 10, no. 7, Jul. 2022, doi: 10.3390/pr10071402.
- [19] G. Díaz-Flórez *et al.*, "Design and Fabrication of a Compact Evaporator–Absorber Unit with Mechanical Enhancement for LiBr–H₂O Vertical Falling-Film Absorption, Part I: Experimental Validation," *Technologies (Basel)*, vol. 13, no. 11, Nov. 2025, doi: 10.3390/technologies13110538.
- [20] Z. Lei and T. Langrish, "Energy and exergy analysis for a laboratory-scale closed-loop spray *Drying* system: Experiments and simulations," *Drying Technology*, vol. 43, no. 1–2, pp. 228–247, 2025, doi: 10.1080/07373937.2024.2387840.
- [21] M. Sobulska, P. Wawrzyniak, and M. W. Woo, "*Superheated Steam* Spray *Drying* as an Energy-Saving *Drying* Technique: A Review," Nov. 01, 2022, MDPI. doi: 10.3390/en15228546.
- [22] Eliseo Maria Ranzi and Rubens Maciel Filho, "Chemical engineering transactions," 2020.
- [23] J. Fang, C. Liu, C.-L. Law, A. S. Mujumdar, H.-W. Xiao, and C. Zhang, "*Superheated Steam* processing: An emerging technology to improve food quality and safety," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 63, no. 27, pp. 8720–8736, Oct. 2023, doi: 10.1080/10408398.2022.2059440.
- [24] H. Fu *et al.*, "Simulation and experimental study on the effect of deformation on heat and mass transfer in potato chips during *Superheated Steam Drying*," *J. Food Process Eng.*, vol. 47, no. 1, p. e14518, Jan. 2024, doi: 10.1111/JFPE.14518;WGROU:STRING:PUBLICATION.
- [25] C.-M. Yang, K. Nawaz, and A. Gehl, "Flow Boiling Heat Transfer Characteristics Of Water For Metal-Flow Boiling Heat Transfer Characteristics Of Water For Metal-Foam-Filled Horizontal Tube Foam-Filled Horizontal Tube Flow Boiling Heat Transfer Characteristics of Water for Metal-foam-filled Horizontal Tubes." [Online]. Available: <https://docs.lib.purdue.edu/iracc>
- [26] A. Rivera, W. Quitiaquez, I. Simbaña, and P. Quitiaquez, "Study of *Steam* Generation and Distribution in a Hospital to Improve Energy Efficiency Using Thermography, Ultrasound, and Gas Analyzer," *Revista Técnica "energía,"* vol. 20, no. 2, pp. 72–80, Jan. 2024, doi: 10.37116/revistaenergia.v20.n2.2024.601.
- [27] P. Suvarnakuta, S. Devahastin, † S Soponronnarit, and A. S. Mujumdar, "*Drying* Kinetics and Inversion Temperature in a Low-Pressure *Superheated Steam-Drying* System."
- [28] I. Paramudita *et al.*, "The Effect of Measurement Distances and Infrared Thermometer Types for Body Temperature Measurement as Early Screening



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

of COVID-19.”

- [29] C. B. Pereira, X. Yu, S. Dahlmanns, V. Blazek, S. Leonhardt, and D. Teichmann, “InfrCHed thermography,” *Multi-Modality Imaging: Applications and Computational Techniques*, pp. 1–30, Nov. 2018, doi: 10.1007/978-3-319-98974-7_1/SAVE-RESEARCH.
- [30] R. A. Simanjuntak, M. R. Hersya, and S. Alkarimoza, “Pengaruh Tarif Listrik dan Pengeluaran Per Kapita Rumah Tangga terhadap Pengeluaran Listrik Rumah Tangga di Sumatera Utara Tahun 2022–2024,” *Surplus: Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, vol. 4, no. 2, pp. 2073–2082, Jun. 2026, doi: 10.71456/sur.v4i2.2104.





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LAMPIRAN BIODATA

Nama : Jatmiko Sudarmadji
NIM : 2202421015
Tempat, Tanggal : Jakarta, 30 Agustus 2003
Lahir
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Alamat : JL. Mampang Prapatan I no.6
Jakarta Selatan, DKI Jakarta
Email : jatmikosudarmadji@gmail.com
Program Studi : Teknologi Rekayasa Pembangkit
Energi
Tempat Penelitian : Lab Energi dan BRIN



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Lampiran 1 Tabel Saturated water

914
PROPERTY TABLES AND CHARTS

TABLE A-4

Saturated water—Temperature table

Temp., T °C	Sat. press., P_{sat} kPa	Specific volume, m^3/kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, $kJ/kg \cdot K$		
		Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

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

Lampiran 2 Tabel *Superheated* water

918
PROPERTY TABLES AND CHARTS

TABLE A-6

Superheated water

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K
$P = 0.01 \text{ MPa (45.81°C)*}$					$P = 0.05 \text{ MPa (81.32°C)}$				$P = 0.10 \text{ MPa (99.61°C)}$			
Sat. [†]	14.670	2437.2	2583.9	8.1488	3.2403	2483.2	2645.2	7.5931	1.6941	2505.6	2675.0	7.3589
50	14.867	2443.3	2592.0	8.1741								
100	17.196	2515.5	2687.5	8.4489	3.4187	2511.5	2682.4	7.6953	1.6959	2506.2	2675.8	7.3611
150	19.513	2587.9	2783.0	8.6893	3.8897	2585.7	2780.2	7.9413	1.9367	2582.9	2776.6	7.6148
200	21.826	2661.4	2879.6	8.9049	4.3562	2660.0	2877.8	8.1592	2.1724	2658.2	2875.5	7.8356
250	24.136	2736.1	2977.5	9.1015	4.8206	2735.1	2976.2	8.3568	2.4062	2733.9	2974.5	8.0346
300	26.446	2812.3	3076.7	9.2827	5.2841	2811.6	3075.8	8.5387	2.6389	2810.7	3074.5	8.2172
400	31.063	2969.3	3280.0	9.6094	6.2094	2968.9	3279.3	8.8659	3.1027	2968.3	3278.6	8.5452
500	35.680	3132.9	3489.7	9.8998	7.1338	3132.6	3489.3	9.1566	3.5655	3132.2	3488.7	8.8362
600	40.296	3303.3	3706.3	10.1631	8.0577	3303.1	3706.0	9.4201	4.0279	3302.8	3705.6	9.0999
700	44.911	3480.8	3929.9	10.4056	8.9813	3480.6	3929.7	9.6626	4.4900	3480.4	3929.4	9.3424
800	49.527	3665.4	4160.6	10.6312	9.9047	3665.2	4160.4	9.8883	4.9519	3665.0	4160.2	9.5682
900	54.143	3856.9	4398.3	10.8429	10.8280	3856.8	4398.2	10.1000	5.4137	3856.7	4398.0	9.7800
1000	58.758	4055.3	4642.8	11.0429	11.7513	4055.2	4642.7	10.3000	5.8755	4055.0	4642.6	9.9800
1100	63.373	4260.0	4893.8	11.2326	12.6745	4259.9	4893.7	10.4897	6.3372	4259.8	4893.6	10.1698
1200	67.989	4470.9	5150.8	11.4132	13.5977	4470.8	5150.7	10.6704	6.7988	4470.7	5150.6	10.3504
1300	72.604	4687.4	5413.4	11.5857	14.5209	4687.3	5413.3	10.8429	7.2605	4687.2	5413.3	10.5229
$P = 0.20 \text{ MPa (120.21°C)}$					$P = 0.30 \text{ MPa (133.52°C)}$				$P = 0.40 \text{ MPa (143.61°C)}$			
Sat.	0.88578	2529.1	2706.3	7.1270	0.60582	2543.2	2724.9	6.9917	0.46242	2553.1	2738.1	6.8955
150	0.95986	2577.1	2769.1	7.2810	0.63402	2571.0	2761.2	7.0792	0.47088	2564.4	2752.8	6.9306
200	1.08049	2654.6	2870.7	7.5081	0.71643	2651.0	2865.9	7.3132	0.53434	2647.2	2860.9	7.1723
250	1.19890	2731.4	2971.2	7.7100	0.79645	2728.9	2967.9	7.5180	0.59520	2726.4	2964.5	7.3804
300	1.31623	2808.8	3072.1	7.8941	0.87535	2807.0	3069.6	7.7037	0.65489	2805.1	3067.1	7.5677
400	1.54934	2967.2	3277.0	8.2236	1.03155	2966.0	3275.5	8.0347	0.77265	2964.9	3273.9	7.9003
500	1.78142	3131.4	3487.7	8.5153	1.18672	3130.6	3486.6	8.3271	0.88936	3129.8	3485.5	8.1933
600	2.01302	3302.2	3704.8	8.7793	1.34139	3301.6	3704.0	8.5915	1.00558	3301.0	3703.3	8.4580
700	2.24434	3479.9	3928.8	9.0221	1.49580	3479.5	3928.2	8.8345	1.12152	3479.0	3927.6	8.7012
800	2.47550	3664.7	4159.8	9.2479	1.65004	3664.3	4159.3	9.0605	1.23730	3663.9	4158.9	8.9274
900	2.70656	3856.3	4397.7	9.4598	1.80417	3856.0	4397.3	9.2725	1.35298	3855.7	4396.9	9.1394
1000	2.93755	4054.8	4642.3	9.6599	1.95824	4054.5	4642.0	9.4726	1.46859	4054.3	4641.7	9.3396
1100	3.16848	4259.6	4893.3	9.8497	2.11226	4259.4	4893.1	9.6624	1.58414	4259.2	4892.9	9.5295
1200	3.39938	4470.5	5150.4	10.0304	2.26624	4470.3	5150.2	9.8431	1.69966	4470.2	5150.0	9.7102
1300	3.63026	4687.1	5413.1	10.2029	2.42019	4686.9	5413.0	10.0157	1.81516	4686.7	5412.8	9.8828
$P = 0.50 \text{ MPa (151.83°C)}$					$P = 0.60 \text{ MPa (158.83°C)}$				$P = 0.80 \text{ MPa (170.41°C)}$			
Sat.	0.37483	2560.7	2748.1	6.8207	0.31560	2566.8	2756.2	6.7593	0.24035	2576.0	2768.3	6.6616
200	0.42503	2643.3	2855.8	7.0610	0.35212	2639.4	2850.6	6.9683	0.26088	2631.1	2839.8	6.8177
250	0.47443	2723.8	2961.0	7.2725	0.39390	2721.2	2957.6	7.1833	0.29321	2715.9	2950.4	7.0402
300	0.52261	2803.3	3064.6	7.4614	0.43442	2801.4	3062.0	7.3740	0.32416	2797.5	3056.9	7.2345
350	0.57015	2883.0	3168.1	7.6346	0.47428	2881.6	3166.1	7.5481	0.35442	2878.6	3162.2	7.4107
400	0.61731	2963.7	3272.4	7.7956	0.51374	2962.5	3270.8	7.7097	0.38429	2960.2	3267.7	7.5735
500	0.71095	3129.0	3484.5	8.0893	0.59200	3128.2	3483.4	8.0041	0.44332	3126.6	3481.3	7.8692
600	0.80409	3300.4	3702.5	8.3544	0.66976	3299.8	3701.7	8.2695	0.50186	3298.7	3700.1	8.1354
700	0.89696	3478.6	3927.0	8.5978	0.74725	3478.1	3926.4	8.5132	0.56011	3477.2	3925.3	8.3794
800	0.98966	3663.6	4158.4	8.8240	0.82457	3663.2	4157.9	8.7395	0.61820	3662.5	4157.0	8.6061
900	1.08227	3855.4	4396.6	9.0362	0.90179	3855.1	4396.2	8.9518	0.67619	3854.5	4395.5	8.8185
1000	1.17480	4054.0	4641.4	9.2364	0.97893	4053.8	4641.1	9.1521	0.73411	4053.3	4640.5	9.0189
1100	1.26728	4259.0	4892.6	9.4263	1.05603	4258.8	4892.4	9.3420	0.79197	4258.3	4891.9	9.2090
1200	1.35972	4470.0	5149.8	9.6071	1.13309	4469.8	5149.6	9.5229	0.84980	4469.4	5149.3	9.3898
1300	1.45214	4686.6	5412.6	9.7797	1.21012	4686.4	5412.5	9.6955	0.90761	4686.1	5412.2	9.5625

*The temperature in parentheses is the saturation temperature at the specified pressure.

† Properties of saturated vapor at the specified pressure.