

ANALISIS PERPINDAHAN PANAS BOILER INDUKSI DENGAN TEKANAN 200 kPa

SKRIPSI

OLEH:

**BENIRIKO BRANDOS SIREGAR
188130120**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 18/8/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)18/8/25

ANALISIS PERPINDAHAN PANAS BOILER INDUKSI DENGAN TEKANAN 200 kPa

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

**BENIRIKO BRANDOS SIREGAR
188130120**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 18/8/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)18/8/25

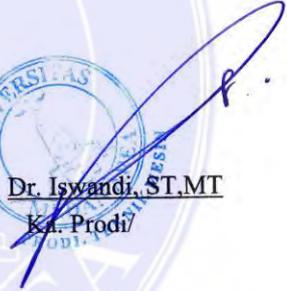
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Perpindahan Panas Boiler Induksi Dengan Kapasitas 200 kPa
Nama Mahasiswa : Beniriko Brandos Siregar
NIM : 18.813.0120
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Dr. Eng. Supriatno, ST, MT
Pembimbing I


Dr. Eng. Supriatno, ST, MT
Dekan


Dr. Iswandi, ST, MT
Ka. Prodi

Tanggal Lulus: 19 Maret 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyampaikan bahwasanya skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana ialah hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain sudah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai Norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila diberikannya hari ditemukan adanya peniruan (*plaijiat*) dalam skripsi ini.

Medan, 14 Februari 2025



Beniriko Brandos Siregar

188130120

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Beniriko Brandos Siregar
NPM : 188130120
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Perpindahan Panas Boiler Induksi Dengan Tekanan 200 kPa. Dengan ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 28 Mei 2025

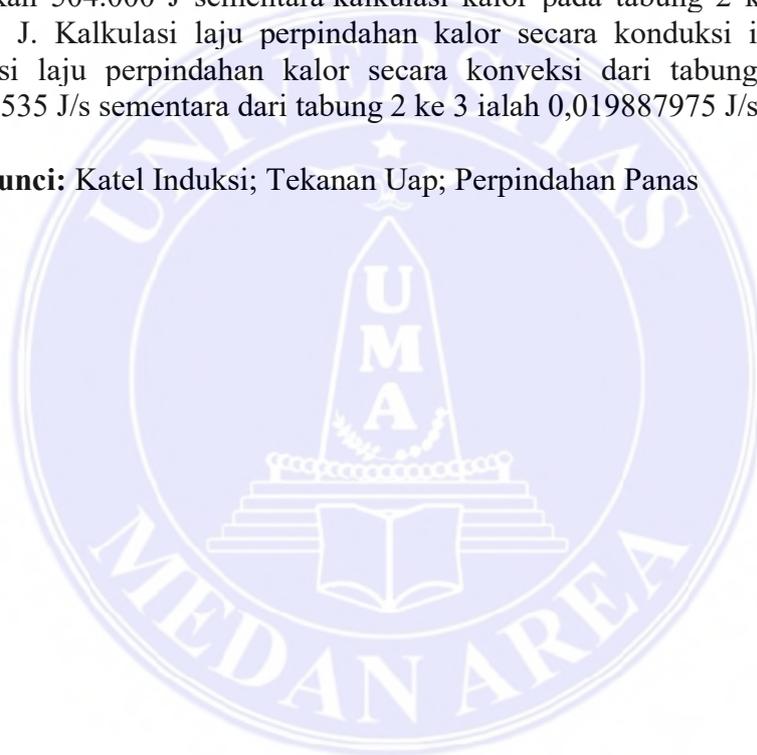
Yang menyampaikan


Beniriko Brandos Siregar

ABSTRAK

Ketel uap memiliki komponen seperti pipa penguapan, pemanas lanjut, pemanas air, dan pemanas udara. Uap panas dari ketel dipakai sebagai sumber energi penting dalam berbagai industri. Dari pendekatan terapan dan langkah-langkah metodologis yang jelas, diharapkan penelitian bisa memberikan solusi yang bermanfaat dan berkontribusi terhadap manufaktur ketel induksi dengan tekanan 200 kPa. Hasil kalkulasi listrik didapatkan arus listrik yang mengalir pada boiler senilai 13.63 A dan hambatan senilai 16.14 Ω . Hasil kalkulasi waktu pemanasan air pada boiler selama 4 menit. Hasil kalkulasi efisiensi maksimum pada tabung 1 didapatkan 20.10 %. Kalkulasi efisiensi maksimum pada tabung 2 didapatkan 25.37 %. Hasil kalkulasi efisiensi maksimum pada tabung 1 ke 2 didapatkan 20.88 % sementara tabung 2 ke 3 sebesar 19,02%. Hasil kalkulasi kalor pada tabung 1 ke 2 didapatkan 504.000 J sementara kalkulasi kalor pada tabung 2 ke 3 didapatkan 271.350 J. Kalkulasi laju perpindahan kalor secara konduksi ialah 23.85 J/s. Kalkulasi laju perpindahan kalor secara konveksi dari tabung 1 ke 2 ialah 0,01217535 J/s sementara dari tabung 2 ke 3 ialah 0,019887975 J/s.

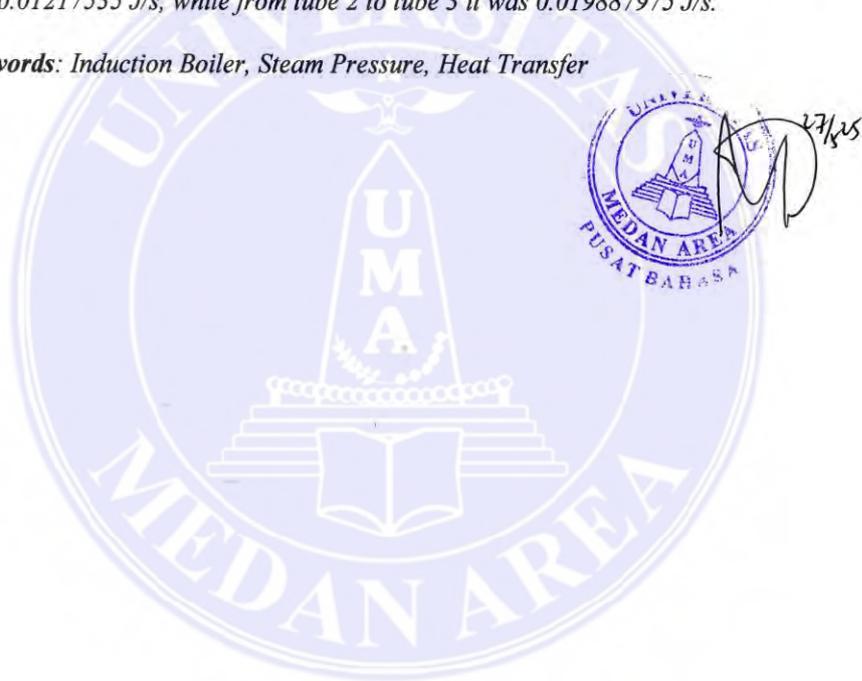
Kata Kunci: Katel Induksi; Tekanan Uap; Perpindahan Panas



ABSTRACT

Steam boilers consist of components such as evaporation pipes, superheaters, water heaters, and air heaters. Hot steam from the boiler is used as an important energy source in various industries. From the applied approach and clear methodological steps, this research was expected to provide beneficial solutions and contribute to the manufacturing of induction boilers with 200 kPa pressure. The results of the electrical calculations showed that the electric current flowing through the boiler was 13.63 A with a resistance of 16.14 Ω . The water heating time in the boiler was calculated to be 4 minutes. The maximum efficiency calculation in tube 1 was 20.10%. The maximum efficiency in tube 2 was 25.37%. The efficiency from tube 1 to tube 2 was 20.88%, while from tube 2 to tube 3 it was 19.02%. The heat calculation from tube 1 to tube 2 was 504,000 J, while from tube 2 to tube 3 it was 271,350 J. The conduction heat transfer rate was calculated at 23.85 J/s. The convection heat transfer rate from tube 1 to tube 2 was 0.01217535 J/s, while from tube 2 to tube 3 it was 0.019887975 J/s.

Keywords: *Induction Boiler, Steam Pressure, Heat Transfer*

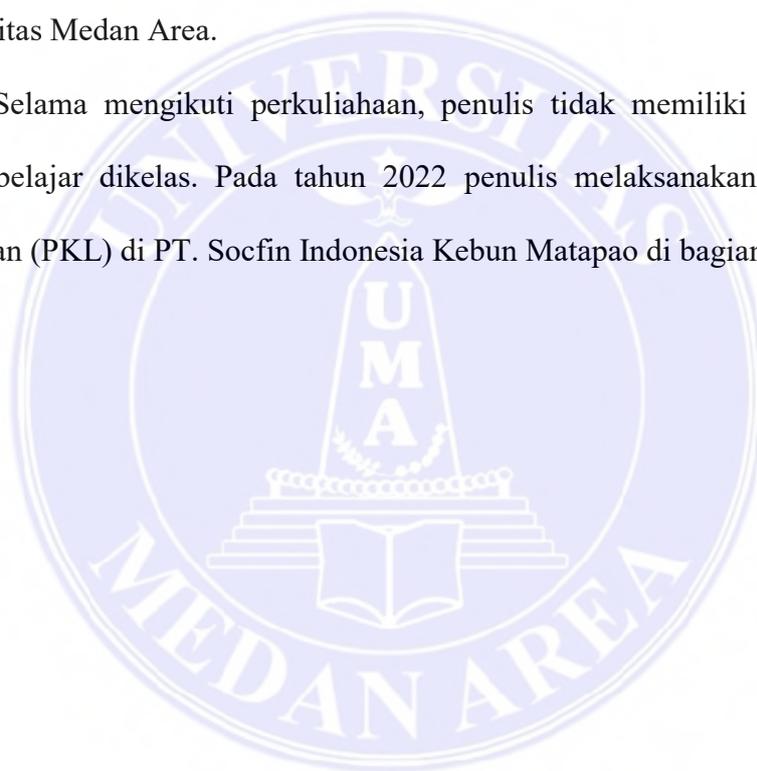


RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandung Pada tanggal 07 Januari 1999 dari Ayah Parmit Siregar dan Ibu Lindaria Simanjuntak. Penulis ialah Putra kedua dari Tiga bersaudara.

Tahun 2017, Penulis Lulus dari SMKS Teladan Sumatera Utara 2, dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Mesin, Universitas Medan Area.

Selama mengikuti perkuliahaan, penulis tidak memiliki kendala dalam proses belajar dikelas. Pada tahun 2022 penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Socfin Indonesia Kebun Matapao di bagian pabrik.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmatnya sehingga penulis dapat mengerjakan Proposal Skripsi ini. Dengan judul penelitian ini ialah **“ANALISI PERPINDAHAN PANAS BOILER INDUKSI DENGAN TEKANAN 200 kPa”**. Dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu,

Adapun Tujuan proposal penelitian ini adalah salah satu syarat untuk mahasiswa dalam menyelesaikan studinya di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Penulis memahami bahwa tanpa dorongan, doa dan bimbingan dari semua pihak, akan sangat sulit untuk menyelesaikan proposal penelitian ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dorongan dan kontribusinya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng. M.Sc. Selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T,M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area Sekaligus Dosen Pembimbing Saya.
3. Bapak Dr. Iswandi, S.T,M.T Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Muhammad Idris, S.T.M.T Selaku Dosen Penguji saya di Universitas Medan Area.
5. Kedua orangtua penulis tersayang, Bapak Parmit Siregar dan Linda Simanjuntak atas semua nasehat, dorongan, pengorbanan moral dan material serta doanya terhadap penulis selama menempuh studi di Universitas Medan Area.

6. Kepada Kakak Desi Cristina Wati Siregar, Adik Adikku Benryki Arista Siregar, Eva Efrida Zebua dan Steven Roganda Zebua atas dukungan untuk dapat menyelesaikan studi di Universitas Medan Area.
7. Kepada Alm. Uda Asal Dian Zebua dan Tante Korbina Simanjuntak yang telah banyak terlibat dalam mengingatkan untuk menyelesaikan skripsi serta hal material sehingga penulis menyelesaikan studi di Universitas Medan Area.
8. Kepada Martha Shenny Sianturi terkasih telah banyak terlibat, memberi support dan material dalam menyelesaikan skripsi penulis di Universitas Medan Area.
9. Terimakasih kepada CV. Micro Enterproses General and Suppier yang telah membantu untuk melakukan riset penelitian saya.
10. Semua pihak yang belum tertulis diatas, yang telah banyak membantu atas bantuan dan bimbingan, dukungan dan fasilitas yang telah diberikan kepada penulis. Penulis Berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini jauh masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Medan, 14 April 2025



Beniriko Brandos Siregar

NIM: 188130120

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI..... | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | vii |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH | vii |
| RIWAYAT HIDUP..... | xi |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR NOTASI..... | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 2 |
| 1.1. Latar Belakang | 2 |
| 1.2. Rumusan masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4. Hipotesis penelitian..... | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1. Boiler induksi..... | 5 |
| 2.2. Jenis-jenis Boiler..... | 5 |
| 2.3. Prinsip kerja Boiler induksi | 10 |
| 2.4. Perpindahan Panas | 12 |
| 2.5. Proses Pembentukan Uap..... | 21 |
| 2.6. Hukum Ohm..... | 23 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 24 |
| 3.1. Waktu dan tempat penelitian | 24 |
| 3.2. Bahan dan alat..... | 24 |
| 3.3. Metode penelitian..... | 27 |
| 3.4. Populasi dan sampel..... | 28 |
| 3.5. Diagram alir penelitian | 30 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 31 |
| 4.1. Hasil | 31 |
| 4.2. Pembahasan..... | 37 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 39 |
| 5.1. Kesimpulan | 39 |
| 5.2. Saran | 40 |
| DAFTAR PUSTAKA | 41 |
| LAMPIRAN..... | 43 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1. Kalor Jenis Bahan..... | 12 |
| Tabel 2.2. Tabel Nilai Konduktivitas Termal Bahan | 15 |
| Tabel 2.3. Data Laju Perpindahan Panas secara Konveksi..... | 18 |
| Tabel 3.1. Kegiatan pelaksanaa penyusunan tugas akhir | 24 |
| Tabel 3.2. Populasi komponen/bahan | 28 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. Ketel Uap Pipa Air | 5 |
| Gambar 2.2. Ketel uap pipa api..... | 6 |
| Gambar 2.3. Ketel uap jenis drum | 7 |
| Gambar 2.4. Ketel tetap | 7 |
| Gambar 2.5. Ketel mobil..... | 8 |
| Gambar 2.6. Ketel dengan pembakaran di dalam | 8 |
| Gambar 2.7. Ketel dengan pembakaran di luar | 9 |
| Gambar 2.8. Ketel tegak (vertikal steam boiler) | 9 |
| Gambar 2.9. Ketel tegak (vertikal steam boiler) | 10 |
| Gambar 2.10. Boiler Induksi..... | 10 |
| Gambar 2.11. Skema Perpindahan Panas..... | 13 |
| Gambar 2.12. Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan..... | 14 |
| Gambar 2.13. Skema Konduksi | 15 |
| Gambar 2.14. Skema Konveksi..... | 16 |
| Gambar 2.15. Skema Radiasi | 20 |
| Gambar 2.16. Grafik proses pembentukan Uap | 22 |
| Gambar 3.1. Plat Besi..... | 25 |
| Gambar 3.2. Pipa ASTM..... | 25 |
| Gambar 3.3. Pressure Gauge | 26 |
| Gambar 3.4. Thermometer | 26 |
| Gambar 3.5. Safety Valve | 27 |
| Gambar 3.6. Pemanas Induksi..... | 27 |
| Gambar 3.7. Boiler induksi | 29 |
| Gambar 4.1. Boiler induksi dengan tekanan 200 kPa 3D | 37 |
| Gambar 4.2. Tampak depan dan samping k..... | 38 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|---------------|---|
| T | = Suhu ($^{\circ}\text{C}$). |
| p | = Tekanan (MPa). |
| t | = Waktu (s). |
| P | = Panjang (mm). |
| L | = lebar (mm). |
| t | = Tinggi (mm). |
| Q | = Laju perpindahan panas per waktu (W) |
| K | = Konduktivitas thermal material ($\text{W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$) |
| A | = Luas permukaan bidang terkena panas (m^2) |
| dT / dx | = Gradien suhu |
| Q/t | = Laju perpindahan panas konveksi (J/s) |
| h | = koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$) |
| A | = Luas penampang (m^3) |
| ΔT | = Perbedaan suhu (temperature dinding T_w – temperature fluida T_{∞}), $^{\circ}\text{C}$ |
| σ | = Konstanta Boltzman ($5,669 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$) |
| ε | = Emitasi |
| A | = Luas permukaan benda (m^2) |
| T | = Suhu absolute benda (K) |
| m_a | = Massa air (kg/satuan waktu) |
| C_P | = Panas spesifik air (kkal/kg) |
| Q_1 | = Panas laten (penguapan) (kkal/kg $^{\circ}\text{C}$) |
| m_v | = Massa uap (kg) |
| Q_1 | = Panas laten (penguapan) (kkal/kg $^{\circ}\text{C}$) |
| Q_2 | = Panas Saturasi (kkal/kg $^{\circ}\text{C}$) |
| m_v | = Massa uap (kg) |
| C_{Pv} | = Panas spesifik uap (kkal/kg $^{\circ}\text{C}$) |
| Q_3 | = Panas lanjut (kkal/kg $^{\circ}\text{C}$) |
| Δt_2 | = Perbedaan Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini, uap air dipakai secara luas baik di bisnis maupun di rumah untuk keperluan sehari-hari. Ketel uap ialah salah satu alat bisa menghasilkan uap air. (A & E, 2015).

Ketel, disebut juga ketel uap, ialah tangki, drum, maupun bejana tertutup yang memakai sumber panas yang berasal dari pembakaran bahan bakar secara kimiawi di ruang bakar (tungku) untuk memanaskan air dalam tabung evaporator dan memodifikasinya menjadi uap. Steam, yang memiliki banyak kegunaan, tercipta saat energi panas yang dihasilkan ditransfer ke fluida kerja, yakni air (air umpan). Dalam dunia industri, boiler mempunyai peranan yang sangat penting, khususnya dalam bidang pembangkitan listrik.(Andini Dwi, 2015).

Sistem air umpan, sistem uap, dan sistem pemanas induksi membentuk sistem boiler ini. Tergantung pada kuantitas steam yang dibutuhkan, sistem air umpan secara otomatis menyuplai air ke boiler. Ada beberapa keran yang tersedia untuk pemeliharaan dan perbaikan. Produksi uap boiler dikumpulkan dan dikelola oleh sistem uap. Untuk mencapai lokasi pengguna, uap dialirkan dari sistem perpipaan. Keran dipakai untuk mengontrol tekanan uap di seluruh sistem, dan peralatan pemantau tekanan dipakai untuk mengawasinya. (Andini Dwi, 2015).

Ilmu perpindahan panas mengkaji bagaimana energi ditransfer antar bahan maupun benda akibat variasi suhu.

Perpindahan panas dapat meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi dalam keadaan tertentu selain mencoba menerangkan bagaimana energi panas berpindah dari satu benda ke benda lainnya. (J, 1993).

Pergerakan kalor maupun energi panas akibat variasi suhu disebut perpindahan panas. Dari suhu media yang lebih tinggi ke suhu media yang lebih rendah, energi panas akan mengalir. Sampai kedua media mencapai kesetimbangan suhu, proses perpindahan panas akan terus berlanjut. Perpindahan panas dapat terjadi secara radiasi, konveksi, maupun konduksi. (Hulu & Rahmawaty, 2021).

Pembuatan boiler ini sebelum nya sudah ada, namun alat tersebut kurang efektif karena ditemukan beberapa permasalahan seperti metode pemanasan konvensional sering kali mengalami kerugian energi yang signifikan dari panas yang hilang, serta hasil pembakaran yang menimbulkan kerak maupun kotoran yang mempengaruhi laju pemanasan air dalam proses perpindahan panas, di tahap ini pemakaian boiler induksi diharapkan dapat mengurangi kerugian panas yang tidak diperlukan, tingkat perawatan lebih mudah serta mempunyai kecepatan penghasil uap yang tinggi dibanding pemanasan konvensional. Kinerja boiler induksi bisa terlihat atas besar nilai laju perpindahan panas yang mempengaruhi kecepatan penghasil uap, jadi penulis berkeinginan mengambil judul “Analisis Perpindahan Panas Boiler Induksi dengan Tekanan 200 kPa”.

1.2 Rumusan masalah

Mengingat konteks dan identifikasi di atas, tantangan penelitian dinyatakan yakni:

- a. Cara menentukan laju perpindahan panas yang terjadi pada boiler induksi dengan tekanan uap sampai dengan 200 kPa.

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penulis bersumber latar belakang penelitian dan rumusan masalah, yakni:

- a. Memeriksa laju perpindahan panas boiler induksi.
- b. Mengetahui distribusi temperatur pada boiler induksi.

1.4 Hipotesis penelitian

Pemakaian boiler induksi kapasitas 200 kPa dalam proses pemanasan akan menghasilkan laju perpindahan panas yang lebih tinggi mempengaruhi produksi uap dibandingkan dengan metode konvensional.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang tercantum pada penelitian antara lain bisa mengoptimalkan efisiensi pemanasan, memahami ilmu perpindahan panas pada permasalahan nyata yang muncul pada model skala boiler serta menerapkan ilmu perguruan tinggi untuk menyelesaikan permasalahan boiler di tempat kerja dan sebagai bahan edukasi bagi mahasiswa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Boiler induksi

Ketel, juga dikenal sebagai ketel uap, ialah tangki tertutup maupun bejana drum yang memakai sumber panas yang berasal dari pembakaran bahan bakar kimia di ruang bakar untuk memanaskan air dalam tabung evaporator dan memodifikasinya menjadi uap. (Reza, 2022).

Boiler dipakai pada penelitian ialah boiler pipa air sederhana. Ketel ini memakai pemanas induksi untuk pemanasan dan dibuat dari pipa uap. Pemanas induksi, tabung air, dan tabung uap membentuk ketel ini. Selain itu, ada bagian lain termasuk pengukur tekanan, keran, dan katup pengaman.

Boiler induksi ini ialah modelnya horizontal, dan letak pemanas induksi nya berada pada pipa vertikal, Karena ketel juga ialah alat penukar panas dan panas yang mengalir dalam pipa api mengalir secara vertikal, konsep alat penukar panas juga dapat dipakai dalam situasi ini. Waktu mendidih air dalam drum jelas dipengaruhi oleh laju pergerakan panas dari pipa vertikal dan dipindahkan ke permukaan pipa api bagian dalam yang terbuka. Hal ini juga tergantung pada apakah diameter dan jenis pipa sesuai dengan tujuan pemakaian maupun desainnya.

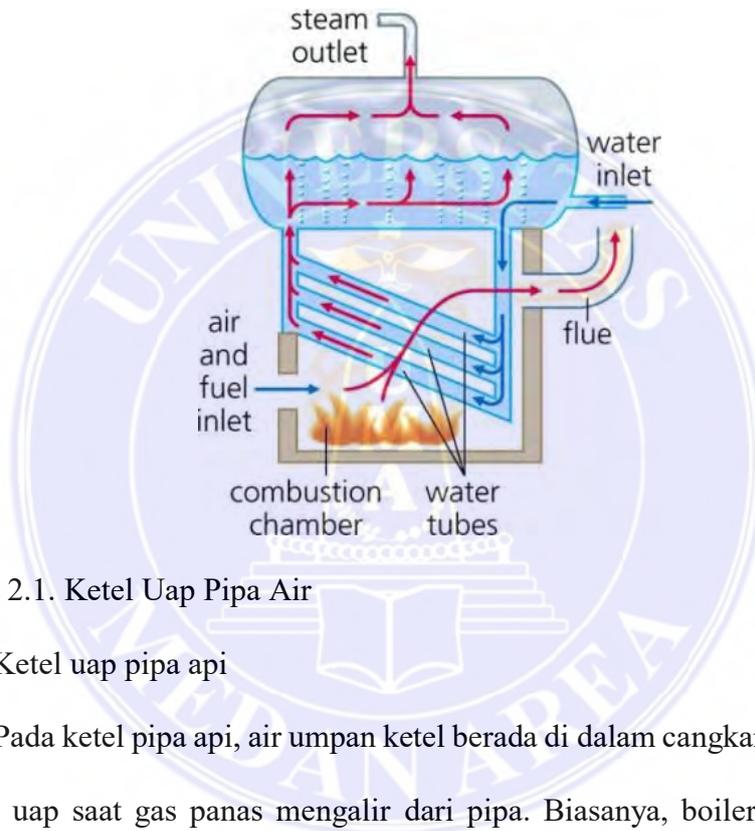
1.2. Jenis-jenis Boiler

1.2.1. Boiler pipa air

Air disuplai ke water tube boiler dari pipa-pipa yang masuk ke dalam drum.

Area uap terbentuk di dalam drum sebagai hasil dari gas pembakaran yang

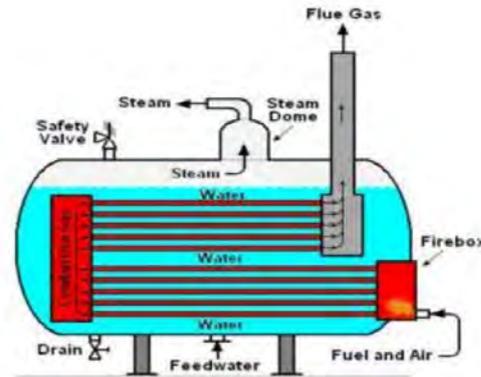
memanaskan sirkulasi air. Saat tekanan dan keperluan uap sangat tinggi, seperti pada boiler pembangkit listrik, boiler ini dipilih. Dengan tekanan yang sangat tinggi, boiler modern dibuat untuk menghasilkan 4.500–12.000 ton uap per jam. Bila memakai gas dan bahan bakar minyak, banyak boiler pipa air yang dibuat dalam bentuk paket. Jarang sekali boiler pipa air yang memakai bahan bakar padat dibentuk sebagai satu paket. (Aswan et al., 2017). Bisa terlihat digambar 2.1.



Gambar 2.1. Ketel Uap Pipa Air

3.2.1. Ketel uap pipa api

Pada ketel pipa api, air umpan ketel berada di dalam cangkang untuk diubah menjadi uap saat gas panas mengalir dari pipa. Biasanya, boiler pipa api dapat menghasilkan uap hingga 14.000 kg per jam pada tekanan 18 kg/cm³. Bahan bakar padat, gas, maupun bahan bakar minyak semuanya dapat dipakai dalam boiler pipa api. Mayoritas ketel pipa api dibuat sebagai ketel "paket" (rakitan pabrik) pada seluruh bahan bakar karena alasan keuangan. Pipa api yang disebut juga sebagai sumber energi ini mempunyai diameter rencana 125 mm, tebal 2,5 mm, suhu air awal 30 0C, suhu uap maksimum 150 0C, dan suhu dapur 980 0C. Kapasitas panasnya ialah 44 kW (Hakim, 2019). Bisa terlihat di gambar 2.2.



Gambar 2.2. Ketel uap pipa api

3.2.2. Ketel uap jenis drum / tangki

Ketel ini ialah salah satu jenis ketel yang memakai elemen pemanas untuk menghasilkan uap jika dilihat dari sumber panasnya (Heat Source). Fungsi utama boiler ialah memodifikasi air menjadi uap, yang dihasilkan dengan menambahkan sejumlah panas ke air dari elemen pemanas. Dengan kata lain boiler ialah suatu alat konversi energi yang memodifikasi energi listrik dari elemen pemanas menjadi energi panas (uap), berikutnya bisa dipakai pada tahapan industri (seperti pengolahan di pabrik industri maupun sebagai pembangkit listrik dari turbin). Intinya, ketel listrik tersusun atas bejana bertekanan dengan sejumlah komponen pemanas yang digerakkan oleh listrik. Ketel listrik ini ialah pembangkit tenaga uap yang sangat mendasar yang hanya dapat dipakai dengan ketel uap tipe drum dengan tekanan uap yang relatif rendah. Kehilangan panas wajib diminimalkan serta setiap unit ketel uap wajib dipantau guna mengurangi energi panas yang tidak efisien. (Tambunan et al., 2023). Bisa terlihat di gambar 2.3.



Gambar 2.3. Ketel uap jenis drum

3.2.3. Bersumber pemakaiannya

a. Ketel stasioner (*stationary boiler*) maupun ketel tetap

Boiler untuk industri, produksi listrik, dan keperluan lainnya yang terletak di atas fondasi tetap disebut boiler stasioner. Pada gambar 2.4 terlihat.



Gambar 2.4. Ketel tetap

b. Ketel mobil (*mobile boiler*) maupun ketel pindah / *portable boiler*

Gambar 2.5 mengilustrasikan berbagai jenis ketel mobil, yang mencakup ketel lokomotif, lokomotif bergerak, ketel panjang, dan lain-lain yang tampaknya mencakup ketel kapal laut. Boiler mobil ialah boiler yang diposisikan pada landasan berputar ah (mobil).



Gambar 2.5. Ketel mobil

3.2.4. Bersumber letak dapur (furnace position)

a. Ketel dengan pembakaran di dalam (*internally fired steam boiler*)

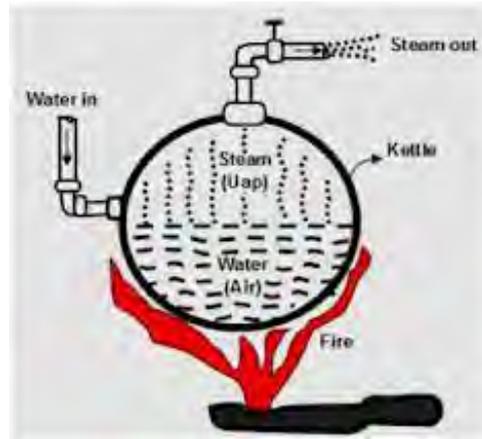
Di tahap ini, pembakaran terjadi di dalam boiler, yakni dapur. Cara ini dipakai oleh sebagian besar boiler pipa api untuk menjaga suhu ruang bakar boiler. Gambar 2.6 menunjukkan jenis boiler pembakaran internal.



Gambar 2.6. Ketel dengan pembakaran di dalam

b. Ketel dengan pembakaran di luar (*externally fired steam boiler*)

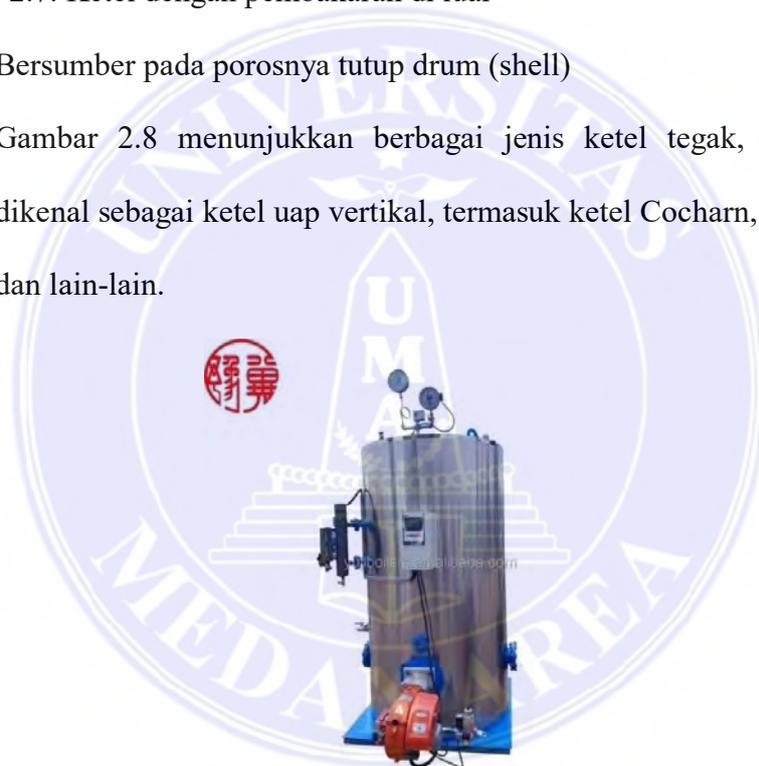
Pada situasi ini, pembakaran terjadi di dalam boiler, yakni dapur. Sistem ini dipakai oleh sebagian besar boiler pipa air; Gambar 2.7 menunjukkan jenis boiler pembakaran luar.



Gambar 2.7. Ketel dengan pembakaran di luar

3.2.5. Bersumber pada porosnya tutup drum (shell)

- a. Gambar 2.8 menunjukkan berbagai jenis ketel tegak, kadang-kadang dikenal sebagai ketel uap vertikal, termasuk ketel Cochran, ketel Clarkson, dan lain-lain.



Gambar 2.8. Ketel tegak (vertikal steam boiler)

- b. Ketel uap Cornish, Lancashire, dan Scotch ialah contoh ketel uap horizontal (juga dikenal sebagai ketel uap horizontal); Gambar 2.9 mengilustrasikan jenis boiler horizontal.



Gambar 2.9. Ketel tegak (vertikal steam boiler)

3.2.6. Boiler Induksi

Boiler Induksi ialah sistem pemanasan yang memakai prinsip pemanasan induksi elektromagnetik untuk memanaskan air maupun cairan lainnya. Prinsip kerja boiler induksi melibatkan pemakaian medan magnet bertransformasi untuk menyebarkan arus listrik pada pipa tembaga, yang giliran nya menghasilkan panas. Panas dihasilkan berikutnya dikirim ke cairan berada di sekitar pipa tembaga, Jenis boiler induksi bisa terlihat di gambar 2.10.



Gambar 2.10. Boiler Induksi

3.3. Prinsip kerja Boiler induksi

Ide dasar di balik pengoperasian ketel cukup mudah dan sama dengan merebus air dalam panci. Bahan bakar, udara, bahan penampung air, dan air itu sendiri semuanya terlibat dalam proses perpindahan panas yang selalu terjadi pada

saat air mendidih. Fase-fase tersebut dipisahkan menjadi tiga kategori perpindahan panas radiasi, konveksi, dan konduksi yang semuanya sudah kita ketahui. (Megah Anugerah Energi, 2023).

Konduksi ialah proses awal yang terjadi saat boiler memakai energi panas dari penghantar panas memodifikasi air menjadi uap. Distribusi molekul air dalam aliran, yang terjadi secara konveksi, ialah yang berikutnya. Aliran fluida yang berbeda dari aliran air di dalam pipa ketel dihasilkan, dalam arti tertentu, dari perpindahan panas konveksi antar molekul air. Air secara bertahap berubah menjadi uap basah jenuh, yang berikutnya berubah menjadi uap kering yang sangat panas (Megah Anugerah Energi, 2023).

Prinsip kerja boiler induksi yakni mengonversikan energi panas yang dihasilkan memakai rangkaian kumparan untuk menciptakan medan magnet, medan magnet ini berikutnya memanaskan plat logam yang bersentuhan dengan air, dan ini menyebabkan air memanaskan dan bertransformasi jadi uap pada suhu serta tekanan tinggi.

Boiler induksi memiliki induktor yang terbuat dari pipa tembaga yang membentuk lingkaran maupun spiral. Pipa tembaga ini berfungsi sebagai konduktor yang menghasilkan panas dari arus listrik yang di induksi. Berikutnya arus listrik bolak balik dialirkan dari kumparan konduktor, menciptakan medan magnet berubah secara terus menerus, medan magnet ini mempengaruhi pipa tembaga dan cairan di sekitarnya. Medan magnet bertransformasi melintasi pipa tembaga menyebarkan arus listrik induksi dipipa, arus listrik ini timbul karena hukum induksi faraday yang menyampaikan bahwasanya perubahan fluks magnetik melewati konduktor memberikan arus listrik. Resistansi di pipa tembaga

menyebabkan energi listrik diubah menjadi panas dalam pipa tembaga, panas ini berikutnya di transfer ke cairan di sekitar dari konduksi, cairan tersebut akan terus dipanaskan ampai suhu yang diinginkan.

2.4. Perpindahan Panas

Termal sering didefinisikan sebagai energi panas yang memiliki kemampuan untuk berpindah dari satu suhu ke suhu lainnya. Kuantitas panas yang diterima dari suatu benda akan bervariasi tergantung pada zat maupun bahan dipakai, yang juga akan memodifikasi kuantitas perpindahan panas. Kalor yang menyebabkan perubahan suhu secara umum bisa dihitung memakai formula:

$$Q = m c \Delta T \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

m = massa (kg)

c = kalor jenis bahan (J/kg⁰C)

ΔT = perubahan suhu (⁰C)

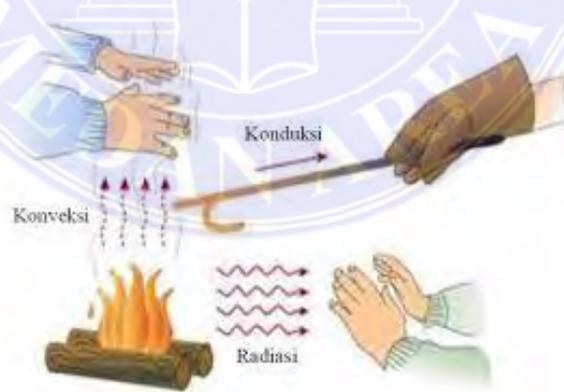
Q = kalor (J)

Tabel 2.1. Kalor Jenis Bahan

| No | Nama Zat | Kalor Jenis | |
|----|--------------|---------------------|------------------------|
| | | J/kg ⁰ C | Kkal/kg ⁰ C |
| 1 | Alkohol | 2400 | 550 |
| 2 | Es | 2100 | 500 |
| 3 | Air | 4200 | 1000 |
| 4 | Uap air | 2010 | 480 |
| 5 | Aluminium | 900 | 210 |
| 6 | Besi/baja | 450 | 110 |
| 7 | Emas | 130 | 30 |
| 8 | Gliserin | 2400 | 580 |
| 9 | Kaca | 670 | 160 |
| 10 | Kayu | 1700 | 400 |
| 11 | Kuningan | 380 | 90 |
| 12 | Marmar | 860 | 210 |
| 13 | Minyak tanah | 2200 | 580 |

| | | | |
|----|---------------|------|-----|
| 14 | Perak | 230 | 60 |
| 15 | Raksa | 140 | 30 |
| 16 | Seng | 390 | 90 |
| 17 | Tembaga | 390 | 90 |
| 18 | Timah | 130 | 30 |
| 19 | Badan manusia | 3470 | 830 |

Perpindahan energi (panas) dari suatu tempat ke tempat lain akibat adanya perbedaan suhu di tempat tersebut disebut dengan perpindahan kalor maupun kalor (Rifaldo, 2022). Luas permukaan total yang terkena panas wajib ditentukan untuk menghitung laju perpindahan panas. Oleh sebab itu diperlukan sejumlah data, antara lain data suhu fluida yang masuk dan keluar sistem, koefisien perpindahan panas total, laju perpindahan panas total, dan data-data lain bisa membantu dalam kajian permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini. Gambar 2.11 menunjukkan skema transmisi panas. Berikut ini ialah beberapa prinsip umum perpindahan panas:



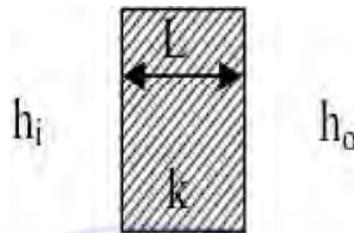
Gambar 2.11. Skema Perpindahan Panas

2.4.1 Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan

Semua koefisien arus dari fluida dingin ke fluida panas, termasuk faktor pengotoran yang mungkin timbul sesudah pesawat beroperasi, dijumlahkan untuk

menghasilkan koefisien perpindahan panas keseluruhan. Koefisien perpindahan panas keseluruhan ialah jika dinding datar memisahkan kedua fluida:

$$= \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}} \dots\dots\dots(2.2)$$

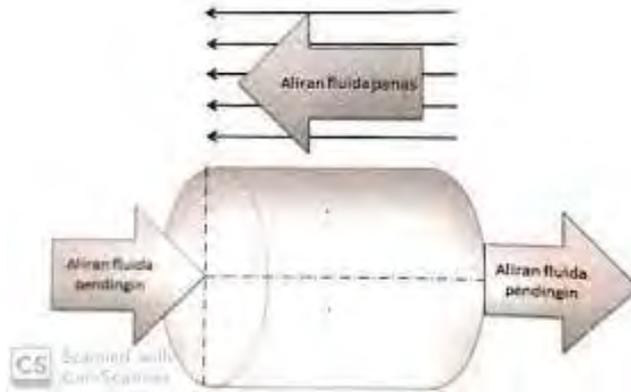


Gambar 2.12. Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan

Dengan menghitung perpindahan panas yang terjadi pada dinding logam antara fluida panas di satu sisi dan fluida dingin di sisi lain dengan aliran konveksi paksa, koefisien perpindahan panas diperiksa secara menyeluruh. Ada pertukaran panas tidak langsung yang terjadi. Pertukaran panas dengan aliran searah (co-current flow) ialah salah satu kategori bersumber aliran. Fluida panas dan dingin masuk pada sisi yang sama, mengalir pada arah yang sama, dan keluar pada sisi yang sama selama pertukaran ini. pertukaran panas aliran balik. Fluida panas dan dingin pada sistem pertukaran panas ini masuk dan keluar penukar panas dengan arah berlawanan. (Sutrisno & Chalim, 2023).

2.4.2 Konduksi

Panas berpindah dari satu jenis bahan secara konduksi. Perpindahan panas konduksi ialah prosedur yang menyeluruh karena hanya terjadi di dalam material (Setiawan et al., 2017). Perpindahan panas yang terjadi dalam medium padat maupun zat cair yang diam disebut perpindahan panas konduksi. Salah satu bentuk perpindahan panas secara konduksi disebabkan oleh perbedaan suhu antara dua permukaan dalam medium. Gambar 2.12 mengilustrasikan hal ini.



Gambar 2.13. Skema Konduksi

Salah satu kriteria yang diperlukan untuk menghasilkan bahan dengan konduktivitas termal rendah ialah konduktivitas termal, yakni kemampuan suatu zat untuk menghantarkan panas. Sejak tahun 1800-an, ahli geofisika sudah melaksanakan penelitian tentang konduktivitas termal dalam berbagai disiplin ilmu, seperti yang ditunjukkan oleh pemakaian metode Needle Probe oleh Poulsen pada tahun 1981. Suhu menentukan konduktivitas termal. Konduksi ialah mekanisme transfer dipakai untuk mengukur konduktivitas termal.

Tabel 2.2. Tabel Nilai Konduktivitas Termal Bahan

| Bahan | $\lambda(\text{W/m} \cdot ^\circ\text{K})$ | Bahan | $\lambda(\text{W/m} \cdot ^\circ\text{K})$ |
|----------------|--|---------|--|
| Aluminium | 237 | Air | 0.6 |
| Baja stainless | 14 | Akrilik | 0.16 |
| Besi | 79.5 | Gelas | 0.8 |
| Emas | 314 | Karet | 0.2 |
| Intan | 2000 | Kayu | 0.21 |
| Tembaga | 390 | Timah | 34.7 |
| Kuningan | 151 | Udara | 0.0234 |

Rumus berikut, yang mengikuti hukum Fourier, dapat dipakai untuk menyampaikan laju konduksi panas:

$$Q_{kond} = -K \times A \times \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

Q = Laju perpindahan panas per waktu (W)

K = Konduktivitas thermal material (W/m. $^{\circ}\text{C}$)

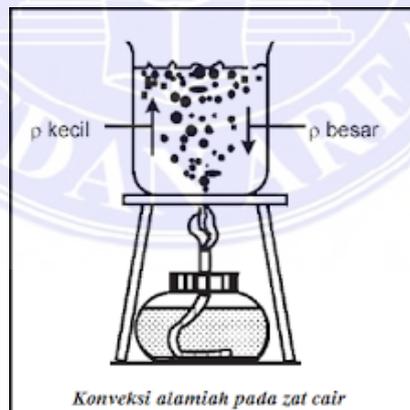
A = Luas permukaan bidang terkena panas (m^2)

dT / dx = Gradien suhu

Hukum kedua termodinamika yang menyampaikan bahwasanya kalor akan mengalir dari medium yang suhunya lebih tinggi ke medium yang suhunya lebih rendah, dipenuhi dengan menyisipkan tanda (-).

2.4.2 Konveksi

Perpindahan panas konveksi ialah salah satu bentuk perpindahan panas yang disebabkan oleh perbedaan suhu yang terjadi dari permukaan zat padat maupun zat cair yang diam ke zat cair yang mengalir maupun bergerak dan sebaliknya. Pandangan aliran fluida, perpindahan panas konveksi dapat dibagi menjadi 2 kategori: konveksi paksa dan konveksi alami (Dinikavanila & Widodo, 2019). Gambar 2.13 mengilustrasikan hal ini.



Gambar 2.14. Skema Konveksi

Perpindahan panas konveksi membagi pergerakan fluida ke dalam kategori berikut:

3. Saat gaya luar seperti blower, pompa, maupun kipas menghasilkan pergerakan fluida, hal ini disebut konveksi paksa.
4. Saat gaya apung suatu fluida (aksi paksa bouyanci) menyebabkannya mengalir, terjadilah konveksi alami. Hubungan antara suhu dan massa jenis zat cair berbanding terbalik. dimana densitasnya menurun seiring dengan meningkatnya suhu fluida dan sebaliknya. (Reza, 2022).

Hukum pendinginan Newton mengacu pada laju perpindahan panas konveksi (Incopera dan Dewitt), dimana:

$$Q = h \times A \times \Delta T \dots\dots\dots(2.4)$$

Persamaan berikut menampilkan koefisien perpindahan panas konvektif:

$$h = 0,664 \times \frac{K}{L} \times Re^{0,5} \times Pr^{0,333} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana persamaan bilangan Reynold ialah:

$$Re = \frac{v \times L}{\mu} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas (Watt)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m².⁰C)

A = Luas penampang (m³)

ΔT = Perbedaan suhu (⁰C)

Hukum Pendinginan Newton ialah persamaan bisa dipakai untuk menentukan fluks panas konvektif. Ini ialah:

$$q'' = h (Ts - T\infty) (W/m2) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$q = hA (Tw - T\infty) (Watt) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

q'' : fluks panas konveksi (kW)

T_w : temperatur permukaan padat ($^{\circ}\text{C}$)

T_{∞} : temperatur rata – rata fluida ($^{\circ}\text{C}$)

h : koefisien perpindahan panas konveksi (disebut juga konduktansi film/lapisan fluida [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$])

Kondisi lapisan batas, yang bergantung pada karakteristik termodinamika fluida, geometri permukaan, dan alasan alirannya, menentukan koefisien perpindahan panas konveksi. Mengetahui koefisien h diperlukan untuk mengatasi sejumlah masalah perpindahan panas konveksi. Tabel di bawah ini menunjukkan data dipakai untuk menghitung laju perpindahan panas secara konveksi.

Tabel 2.3. Data Laju Perpindahan Panas secara Konveksi

| Temperatur t $^{\circ}\text{C}$ | Density Kg/ m^3 | Coefficient of viscosity $\mu \times 10^6$ $\text{Ns}/\text{m}^2/\text{s}$ | Kinematic viscosity $\nu \times 10^6$ m^2/s | Thermal diffusivity $\alpha \times 10^6$ m^2/s | Prandtl number Pr | Specific heat C J/kgK | Thermal conductivity k W/mK |
|--------------------------------------|-----------------------------|---|--|---|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| -50 | 1.584 | 14.61 | 9.23 | 12.644 | 0.728 | 1013 | 0.02035 |
| -40 | 1.515 | 15.20 | 10.04 | 13.778 | 0.728 | 1013 | 0.02117 |
| -30 | 1.453 | 15.69 | 10.80 | 14.917 | 0.723 | 1013 | 0.02198 |
| -20 | 1.395 | 16.18 | 11.61 | 16.194 | 0.716 | 1009 | 0.02279 |
| -10 | 1.342 | 16.67 | 12.43 | 17.444 | 0.712 | 1009 | 0.02361 |
| 0 | 1.293 | 17.16 | 13.28 | 18.806 | 0.707 | 1005 | 0.02442 |
| 10 | 1.247 | 17.65 | 14.16 | 20.006 | 0.705 | 1005 | 0.02512 |
| 20 | 1.205 | 18.14 | 15.06 | 21.417 | 0.703 | 1005 | 0.02593 |
| 30 | 1.165 | 18.63 | 16.00 | 22.861 | 0.701 | 1005 | 0.02675 |
| 40 | 1.128 | 19.12 | 16.96 | 24.306 | 0.699 | 1005 | 0.02756 |
| 50 | 1.093 | 19.61 | 17.95 | 25.722 | 0.698 | 1005 | 0.02826 |
| 60 | 1.060 | 20.10 | 18.97 | 27.194 | 0.696 | 1005 | 0.02966 |
| 70 | 1.029 | 20.59 | 20.02 | 28.556 | 0.694 | 1009 | 0.03047 |
| 80 | 1.000 | 21.08 | 21.09 | 30.194 | 0.692 | 1009 | 0.03074 |
| 90 | 0.972 | 21.48 | 22.10 | 31.889 | 0.690 | 1009 | 0.03128 |
| 100 | 0.946 | 21.87 | 23.13 | 33.639 | 0.688 | 1009 | 0.03210 |
| 120 | 0.898 | 22.85 | 25.45 | 36.833 | 0.686 | 1009 | 0.03338 |
| 140 | 0.854 | 23.73 | 27.80 | 40.333 | 0.684 | 1013 | 0.03489 |
| 160 | 0.815 | 24.52 | 30.09 | 43.894 | 0.682 | 1017 | 0.03640 |
| 180 | 0.779 | 25.30 | 32.49 | 47.500 | 0.681 | 1022 | 0.03780 |
| 200 | 0.746 | 25.99 | 34.85 | 51.361 | 0.680 | 1026 | 0.03931 |

| | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|--------|-------|------|---------|
| 250 | 0.674 | 27.36 | 40.61 | 58.500 | 0.677 | 1038 | 0.04268 |
| 300 | 0.615 | 29.71 | 48.20 | 71.556 | 0.674 | 1047 | 0.04605 |

Konveksi pada pipa yang berlangsung pada aliran berkembang penuh tampak seperti ini:

1. Aliran Laminer

a) Constant Surface Heat Flux

q'' ialah konstan pada seluruh permukaan perpindahan panas jika situasi yang timbul ialah dimana ΔT sama pada seluruh permukaan.

$$Nu = \frac{hD}{K} = 4,36 \rightarrow q'' = \text{konstan}$$

b) Constant surface temperatur:

q'' local pada seluruh permukaan berbeda jika situasinya melibatkan perpindahan panas dan T_s pada seluruh permukaan perpindahan panas ialah sama.

$$= \frac{h}{K} = 3,36 \rightarrow = \text{konstan}$$

2. Aliran Turbulen

Dittus-Boelter menyajikan korelasi konveksi berikut untuk aliran turbulen yang berkembang penuh, baik termal maupun hidrodinamik::

$$NuD = 0,023 Re^{4/5} Pr^n \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana $n = 0,4$ untuk pemanasan ($T_s > T_m$) dan $n = 0,3$ untuk pendinginan ($T_s < T_m$), dengan:

$$T_m = \frac{T_{mi} + T_{mo}}{2} \dots\dots\dots(2.10)$$

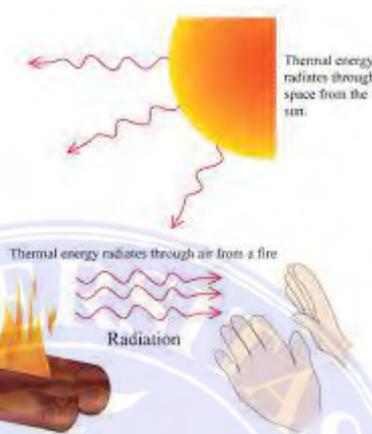
Dimana :

T_{mi} , = Temperatur fluida masuk

T_{mo} , = Temperatur fluida keluar

2.4.3 Radiasi

Proses perpindahan panas dari benda panas ke benda dingin saat keduanya terpisah dalam ruang walaupun ditemukan ruang hampa di antara keduanya disebut perpindahan panas radiasi.



Gambar 2.15. Skema Radiasi

Persamaan dasar radiasi ialah pada persamaan:

$$Q_{\text{Rad}} = \varepsilon \times \sigma \times A \times T^4 \dots\dots\dots(2.11)$$

Untuk benda hitam:

$$Q_{\text{Rad.black}} = \sigma \times A \times T^4 \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

Q = Laju perpindahan panas (W)

σ = Konstanta Bolzman ($5,669.10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

ε = Emitasi

A = Luas permukaan benda (m^2)

T = Suhu absolute benda (K)

Emisi (pancaran) energi dari suatu material pada suhu tertentu dikenal sebagai radiasi termal. Bahan padat, cair, maupun gas semuanya dapat memancarkan radiasi. Perubahan konfigurasi elektron atom maupun molekul

material terkait dengan mekanisme perpindahan panas radiasi ini. Selain itu, gelombang elektromagnetik dilepaskan sebagai akibat dari medan energi radiasi ini. Oleh sebab itu, berbeda dengan transmisi panas konduksi dan konveksi, perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media. Jika transmisi panas radiasi dilaksanakan dalam ruang hampa, maka akan lebih efisien. Hukum STEFAN-BOLTZMANN dipakai untuk menentukan fluks panas radiasi maksimum dari suatu permukaan, khususnya:

$$q'' = \sigma T^4 \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

- q'' = fluks pancaran panas radiasi (W/m^2)
- σ = konstanta Stefan - Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$)
- T_s = temperatur permukaan (K)

Benda hitam ialah fluks panas radiasi tertinggi bisa dipancarkan oleh permukaan radiator sempurna. Fluks panas radiasi maksimal lebih besar dari fluks sebenarnya, khususnya:

2.5 Proses Pembentukan Uap

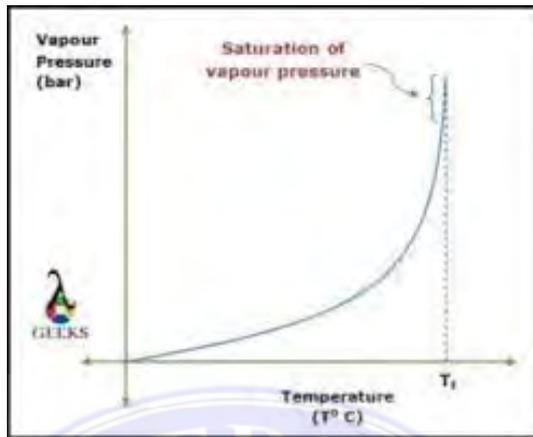
Media kerja diperlukan agar energi panas dapat diubah menjadi energi mekanik. Di tahap ini media kerjanya ialah uap, dan uap pada ketel yang dimaksud ialah uap air, yakni gas yang terbentuk saat air mengalami pergeseran fasa menjadi uap pada saat dipanaskan.

Pemakaian steam sebagai media kerja mempunyai keuntungan yakni:

1. Memiliki kemampuan menyerap banyak panas.
2. Mampu berfungsi di bawah tekanan.

- Menghantarkan panas dengan cepat.

Gambar 2.15 berikut menggambarkan proses pembentukan uap:



Gambar 2.16. Grafik proses pembentukan Uap

sehingga kalor diperlukan ialah:

$$Q_1 = m_a \times c_p \times \Delta T \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

m_a = Massa air (kg/satuan waktu)

C_p = Panas spesifik air (kkal/kg)

Q_1 = Panas laten (penguapan) (kkal/kg°C)

Kalor yang diperlukan untuk perubahan fasa ini ialah: Jika pemanasan terus menerus maka volume uap akan bertambah hingga seluruh air berubah menjadi uap, tetapi suhu air tidak naik sehingga tekanannya juga tetap.

$$Q_2 = m_v \times Q_1 \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

m_v = Massa uap (kg)

Q_1 = Panas laten (penguapan) (kkal/kg°C)

Q_2 = Panas Saturasi (kkal/kg°C)

Selain itu, suhu uap akan meningkat sebanding dengan panas yang diperoleh jika uap air dipanaskan lebih lanjut, khususnya:

$$Q_3 = m_v \times c_{pv} \times \Delta t_2 \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

m_v = Massa uap (kg)

C_{pv} = Panas spesifik uap (kkal/kg °C)

Q_3 = Panas lanjut (kkal/kg⁰C)

Δt_2 = Perbedaan Temperatur (°C)

2.6. Hukum Ohm

Salah satu cara agar menemukan perangkat listrik menyala maupun belum yakni dengan cara mengetahui nilai arus yang mengalir. Hukum Ohm ialah salah satu hukum fisika yang sering ditemui. Hukum yang menghubungkan hambatan listrik, kuat arus listrik, dan beda potensial listrik ini ditemukan pada tahun 1827 oleh fisikawan Jerman George Ohm, yang hidup pada tahun 1787 hingga 1854. Tepat pada Hukum Ohm yang menyampaikan bahwasanya “tegangan antara ujung-ujung penghantar sebanding dengan arus listrik yang melewati suatu hambatan”.

Hukum Ohm ialah:

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

R = Hambatan (Ω)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan tempat penelitian

3.1.1. Waktu

Manufaktur ketel uap kapasitas 200 kPa komposit dijalankan saat judul tugas akhir disetujui oleh ketua pembimbing. Penelitian ini dilaksanakan mulai 28 Juni 2023 - 28 Agustus 2023.

3.1.2. Tempat

Tempat penulis melaksanakan penelitian dijalankan di CV. Micro Enterprises General and Supplier.

Tabel 3.1. Kegiatan pelaksanaan penyusunan tugas akhir

| Aktivitas | 2025 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|---|---|---|----------|---|---|---|-----------|---|---|---|----------|---|---|---|
| | Bulan I | | | | Bulan II | | | | Bulan III | | | | Bulan IV | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Pengajuan Judul | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Penulisan Proposal | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Seminar Proposal | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Proses Penelitian | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Pengolahan Data | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Penyelesaian Laporan | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Seminar Hasil | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Evaluasi dan persiapan Sidang | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sidang Sarjana | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.2. Bahan dan alat

3.2.1. Bahan

a. Plat besi

Plat besi dipakai pada boiler induksi ialah plat yang berukuran 8 mm, jenis plat besi bisa terlihat di gambar 3.1



Gambar 3.1. Plat Besi

b. Pipa ASTM

Dipakai dalam konstruksi kilang minyak dan gas di lepas pantai, pembangkit listrik, pabrik petro kimia, boiler dan kapal. Hal ini dikarenakan spesifikasi pipa ini mampu membawa cairan yang memiliki suhu, tekanan, dan gas yang lebih tinggi, jenis pipa ASTM bisa terlihat di gambar 3.2.



Gambar 3.2. Pipa ASTM

3.2.2. Alat

Instrumen berikut dipakai dalam prosedur analisis perpindahan panas dalam boiler induksi yang beroperasi pada 200 kPa:

a. Pressure gauge

Untuk memastikan tidak ada kebocoran maupun variasi tekanan bisa

mengganggu pengoperasian sistem, pengukur tekanan mengukur intensitas cairan, gas, air, maupun uap dalam peralatan bertenaaga tekanan. Gambar 3.3 menunjukkan jenis pengukur tekanan.



Gambar 3.3. Presure Gauge

b. Thermometer

Dipakai dalam boiler skala model untuk mengukur suhu uap dan air. Pada

Gambar 3.4, jenis termometer ditunjukkan.



Gambar 3.4. Thermometer

c. Safty valve

Peralatan dan gadget akan dilindungi oleh katup pengaman dari bahaya suhu dan gaya yang disebabkan oleh tekanan uap tinggi dalam sistem. Oleh sebab itu, jika suhu dan tekanan sistem uap naik melebihi batas titik sudah ditentukan (keadaan tertentu), katup pengaman akan terbuka dan mengeluarkan uap berlebih.

Gambar 3.5 menunjukkan jenis katup pengaman.



Gambar 3.5. Safety Valve

d. Pemanas Induksi

ialah teknologi pemanas yang memakai induksi medan magnet frekuensi tinggi. Suatu benda yang orientasinya melingkar mengelilingi medan magnet yang menembusnya dapat mengalami arus eddy maupun arus pusat. Gambar 3.6 menggambarkan pemanas induksi jenis ini.



Gambar 3.6. Pemanas Induksi

3.3. Metode penelitian

Metodologi penelitian yang saya gunakan pada penelitian ialah teknik kuantitatif, yakni mengumpulkan data dari sampel matematis metode ini

melibatkan pemakaian persamaan matematika dan model perpindahan panas untuk memodelkan perilaku sistem pemanasan padan boiler induksi. Persamaan-persamaan bisa mencakup persamaan perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi. Dengan memasukkan parameter seperti dimensi pipa tembaga, konduktivitas termal, aliran fluida, dan suhu awal, penulis akan dapat menghasilkan prediksi numeric tentang distribusi suhu dan perpindahan panas dalam boiler induksi.

3.4. Populasi dan sampel

3.4.1. Populasi

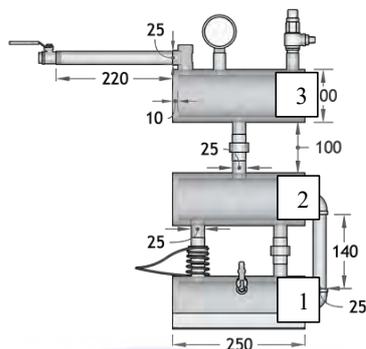
Pada analisis perpindahan panas pada boiler induksi populasi merujuk pada keseluruhan sistem boiler induksi yang akan diteliti, ini mencakup semua komponen seperti pipa tembaga, fluida, sirkuit elektrik, pipa steam dan elemen pengendali yang terlibat dalam pemanasan dan perpindahan panas dalam induksi boiler.

Tabel 3.2. Populasi komponen/bahan

| Deskripsi | Spesifikasi | Unit |
|---------------|----------------|-------|
| Jenis Boiler | Boiler Induksi | 1 |
| Jenis Pemanas | Induksi Heater | 1 |
| Kapasitas | 200 | kpa |
| Heater | 3000 | Watt |
| Sumber Arus | 220 | Volt |
| Listrik (AC) | 1,5 | Liter |
| Massa air | | |

3.4.2. Sampel

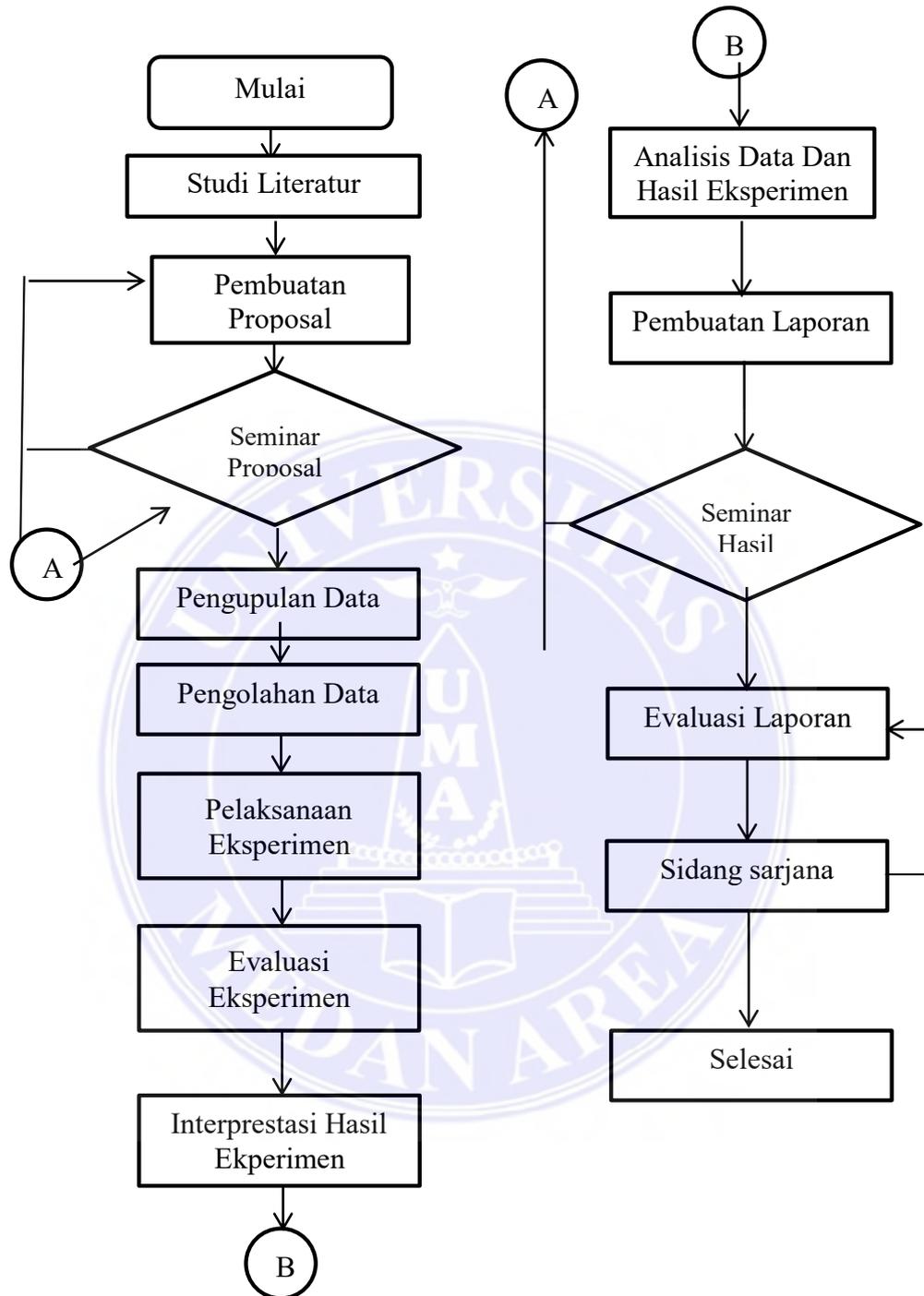
Sampel diambil atas populasi yakni menganalisis perpindahan panas pada tabung uap yang di beri angka 1, 2, 3.



Gambar 3.7. Boiler induksi



3.5. Diagram alir penelitian



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

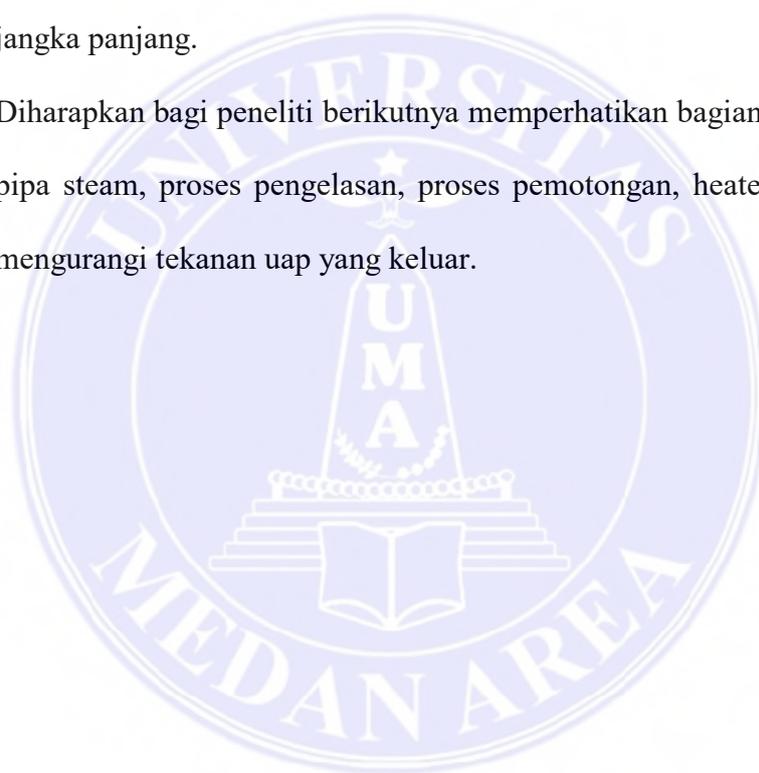
Berikut ialah temuan penelitian ini:

1. Pembuatan Ketel Induksi dengan Tekanan 200 kPa ini dimulai dengan analisis keperluan, desain alat, pembuatan alat, serta menguji alat. Sesudah diuji, perangkat bisa berfungsi mirip dengan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa dimana komponen-komponennya berfungsi sebagaimana mestinya, dan mendapatkan hasil tekanan uap 200 kPa, sehingga dinyatakan proses pembuatan Ketel Induksi dengan Tekanan 200 kPa dinyatakan selesai.
2. Hasil kalkulasi listrik didapatkan arus listrik yang mengalir pada boiler senilai 13.63 A dan hambatan senilai 16.14 Ω . Hasil kalkulasi waktu pemanasan air pada boiler 1 ke 2 selama 2,8 menit dan waktu pemanasan air pada boiler 2 ke 3 selama 1,5 menit. Hasil kalkulasi efisiensi maksimum pada tabung 1 ke 2 didapatkan 20.88 % sementara tabung 2 ke 3 sebesar 19,02%. Hasil kalkulasi kalor pada tabung 1 ke 2 didapatkan 504.000 J sementara kalkulasi kalor pada tabung 2 ke 3 didapatkan 271.350 J. Kalkulasi laju perpindahan kalor secara konduksi ialah 23.85 J/s. Kalkulasi laju perpindahan kalor secara konveksi dari tabung 1 ke 2 ialah 0,01217535 J/s sementara dari tabung 2 ke 3 ialah 0,019887975 J/s.

5.2. Saran

Berikut ini ialah rekomendasi yang dibuat oleh penelitian ini:

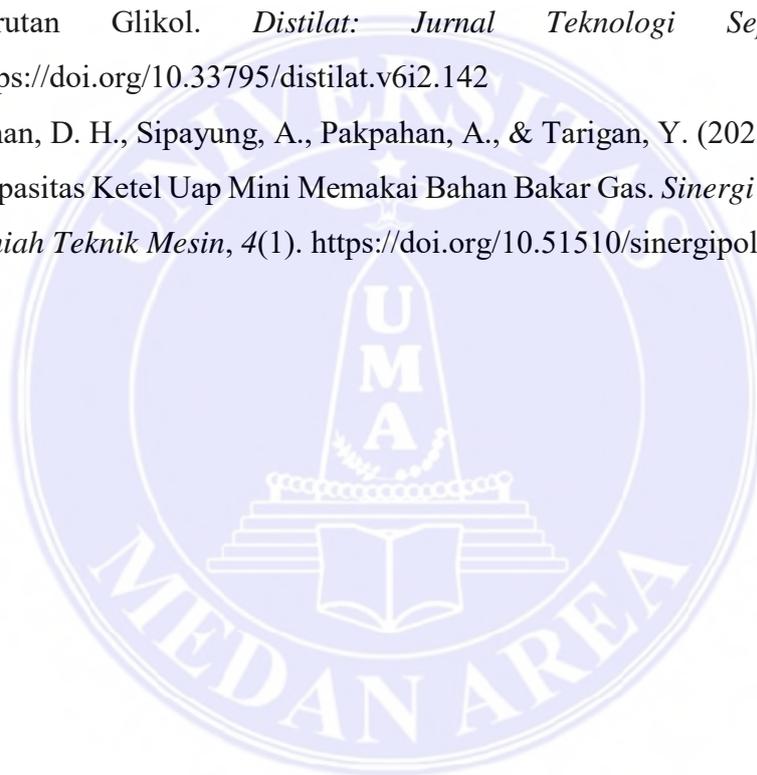
1. Pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa melibatkan proses yang meliputi tahapan rinci dan evaluasi performa alat pada berbagai setting operasional. Diperlukan analisis lebih lanjut terkait efisiensi energi, keandalan alat, serta potensi perbaikan maupun penyesuaian lebih lanjut untuk memastikan kinerja optimal serta keamanan selama pemakaian jangka panjang.
2. Diharapkan bagi peneliti berikutnya memperhatikan bagian penting seperti pipa steam, proses pengelasan, proses pemotongan, heater, karena dapat mengurangi tekanan uap yang keluar.



DAFTAR PUSTAKA

- A, F., & E, S. (2015). Analisa Pengaruh Variasi Kapasitas Uap Terhadap Efisiensi Ketel. 111-230.
- Andini Dwi, S. (2015). *Analisis Perpindahan Panas Di Final Superheater Pada Boiler PLTU Unit 3 PJB Up Gresik*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Aswan, A., Susilowati, E., & Juriwon. (2017). Analisis Energi Boiler Pipa Air memakai Bahan Bakar Solar. *KINETIKA*, 8(2).
- Dinikavanila, A., & Widodo, B. U. K. (2019). Rancang Bangun Perangkat Praktikum Perpindahan Panas Konveksi Paksa pada Berkas Pin Fin Berpenampang Sirkular dengan Susunan Staggered. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.42065>.
- Effendy, Dwi A. 2013 “Rancang Bangun Boiler Pada tahapan Pemanasan Sistem Uap Pada Industri Tahu Dengan Memakai Catia V5” Semarang. Aswan,
- Hakim, L. (2019). Analisa Teoritis Laju Aliran Kalor Pada Ketel Uap Pipa Api Mini Industri Tahu Di Tinjau Dari Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh. *Jurnal Surya Teknik*, 1(04). <https://doi.org/10.37859/jst.v1i04.1188>
- Hulu, G. M. R., & Rahmawaty. (2021). Analisis Perpindahan Panas Dan Efektivitas Economizer Pada Boiler Unit 4 Pltu Pangkalan Susu. *Sinergi Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(1). <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v2i1.293>
- J, H. (1993). *Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill International.
- Megah Anugerah Energi. (2023, Februari 17). Mengenal Boiler Lebih Jauh Beserta Fungsi, Prinsip Kerja, dan Jenisnya.
- Reza, M. (2022). Analisis Laju Perpindahan panas Pada Mini Boiler Tipe Pipa Api Vertikal. 1-6.
- Rifaldo, Z. (2022). *Analisis Perpindahan Panas Pada Kondensor Tipe Shell And Tube*. Universitas Medan Area, Fakultas Teknik. Medan: Universitas Medan Area.
- Sarsetyanto, Joko. “Diktat Perpindahan Panas” Surabaya: D3 Teknik Mesin ITS. Aswan, A., Susilowati, E., & Juriwon. (2017). Analisis Energi Boiler Pipa Air menggunakan Bahan Bakar Solar. *KINETIKA*, 8(2).

- Setiawan, A., Faisal, F., & Sulaiman, A. (2017). Kaji eksperimental pengaruh lapisan dinding dengan material es dan garam pada dinding cold box terhadap laju perpindahan panas. *Jurnal POLIMESIN*, 15(1). <https://doi.org/10.30811/jpl.v15i1.368>
- Simbolon, E. P. (2024). Manufaktur Ketel Induksi dengan Tekanan 200 kPa.
- Sinulingga, I. (2024). Perancangan Boiler Induksi dengan Tekanan 200 kPa (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Sutrisno, S. H., & Chalim, A. (2023). Studi Literatur Koefisien Perpindahan Panas Total Shell And Tube Tipe 1-1 Sistem Fluida Larutan Etilen Glikol Dan Larutan Glikol. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2). <https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.142>
- Tambunan, D. H., Sipayung, A., Pakpahan, A., & Tarigan, Y. (2023). Unjuk Kerja Kapasitas Ketel Uap Mini Memakai Bahan Bakar Gas. *Sinergi Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1). <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v4i1.1016>



LAMPIRAN



