

**PROPOSAL SKRIPSI**

**ANALISIS EFISIENSI TERMAL ELEMEN TUBULAR  
MATERIAL STAINLESS STEEL DAN INCOLOY PADA  
SISTEM PEMANAS AIR**



**Mohamad Budi Satrio  
221020200082**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Ali Akbar,ST.,MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO**

**2025**

## **SURAT PERNYATAAN**

Penulis yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mohamad Budi Satrio  
Nim : 211020200082  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul : Analisis Efisiensi Termal Elemen Tubular Berbahan  
Stainless Steel dan Incoloy Pada Sistem Pemanas Air  
Dosen Pembimbing : Ali Akbar,ST.,MT

Penulis menyatakan bahwa skripsi yang dibuat ini berdasarkan hasil karya tulis penulis sendiri, bukan mengambil karya tulis dari pihak lain yang penulis akui sebagai hasil karya tulis pribadi, kecuali kutipan yang penulis gunakan dalam hasil karya tulis. penulis menanggung resiko atas apa yang penulis tulis baik secara akademis maupun non akademis. Pernyataan ini dibuat untuk salah satu syarat mengikuti ujian skripsi.

Sidoarjo, 3 Juni 2025

Penulis

Mohamad Budi Satrio

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS EFISIENSI TERMAL ELEMEN TUBULAR  
BERBAHAN STAINLESS STEEL DAN INCOLOY PADA  
SISTEM PEMANAS AIR**

**Mohamad Budi Satrio**

**221020200082**

Sidoarjo, 3 Juni 2025

Mengetahui  
Ketua Program Studi Teknik  
Mesin

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

**Dr. Mulyadi, ST, MT**  
NIDN.0710037802

**Ali Akbar, ST., MT**  
NIDN. 0001027302

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur Atas Rahmat serta pertolongan Tuhan Yang Maha Esa, Bahwa penulis mampu menyelesaikan seminar proposal dengan judul “Analisis Komparatif Efisiensi Termal Sistem Kontrol Tunggal Dan Ganda Pada Plate Heat Exchanger Pemanas Air” sebagai suatu syarat untuk dilanjutkan pengerjaan skripsi.

Penulis banyak mendapatkan dukungan, masukan, serta bantuan dari beberapa pihak pada proses penulisan. Dengan demikian penulis memberikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Iswanto, S.T, M.MT. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
2. Bapak Dr. Mulyadi,ST.,MT, Selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
3. Bapak Ali Akbar,ST.,MT Selaku dosen pembimbing yang sudah memberikan arahan serta bimbingan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Seluruh teman-teman Teknik Mesin A2 yang memberikan dukungan, masukan, maupun bantuan kepada penulis.

Dengan demikian penulis mengetahui kemungkinan terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu diharapkan memberi masukan serta saran yang bersifat kesempurnaan dalam penyusunan seminar proposal ini. Penulis mengharapkan seminar proposal ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta pihak yang membutuhkan.

Sidoarjo, 3 Juni 2025

Mohamad Budi Satrio

## DAFTAR ISI

<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>5</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Jenis Penelitian.....	6
2.3 Objek Penelitian.....	6
2.4 Tahapan Penelitian.....	7
2.4.1 Tahap Persiapan Penelitian .....	8
2.4.2 Tahap Pengujian.....	9
2.4.3 Tahap Analisa Data Penelitian.....	9
2.4.4 Penarikan Kesimpulan .....	10
2.5 Alat Dan Bahan Pada Proses Pengujian.....	10
2.5.1 Element Stainless Stell 810.....	10
2.5.2 Elemen Incoloy 840 .....	11
2.5.2 Thermokopel .....	12
2.5.3 Tang Ampere .....	13
2.6 Teknik Pengambilan Data.....	13
2.6.1 Rumus Yang Digunakan Dalam Penelitian .....	14
2.7 Hasil Pengambilan Data.....	14
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>16</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	8
Gambar 2.2 Element Stainless Steel 810 .....	11
Gambar 3.3 Element Incoloy 840 .....	12

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Variabel pengujian .....	14
Tabel 2.2 Hasil Pengujian .....	15

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pemanas air merupakan salah satu perangkat termal yang sangat penting dalam menunjang aktivitas kehidupan modern, baik di lingkungan rumah tangga, komersial, hingga industri. Penggunaan pemanas air telah meluas dalam berbagai sektor seperti perhotelan, restoran, rumah sakit, fasilitas olahraga, serta dalam proses industri yang membutuhkan suhu konstan. Seiring meningkatnya kebutuhan akan sistem pemanas yang efisien dan tahan lama, pemilihan material elemen pemanas menjadi faktor kritis dalam menentukan kinerja dan umur sistem tersebut.

Salah satu aspek penting dalam pemanas air adalah efisiensi termal, yaitu kemampuan sistem untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas secara optimal. Efisiensi ini sangat dipengaruhi oleh jenis dan kualitas material dari elemen pemanas. Dalam hal ini, elemen tubular menjadi salah satu komponen yang paling banyak digunakan karena memiliki bentuk yang fleksibel, struktur yang sederhana, kemampuan transfer panas yang baik, serta tahan terhadap tekanan dan beban mekanis tinggi. Elemen tubular dapat diaplikasikan langsung dalam cairan (imersi), menjadikannya pilihan utama dalam desain pemanas air konvensional maupun modern.

Material yang paling umum digunakan pada elemen tubular adalah stainless steel, yang dikenal memiliki kombinasi antara daya tahan terhadap panas, ketahanan korosi yang memadai, serta biaya produksi yang relatif ekonomis. Beberapa jenis stainless steel seperti tipe 316L, 304, 800 dan 810 telah digunakan secara luas karena kandungan kromium dan nikel yang mendukung kestabilan struktural pada suhu tinggi. Namun demikian, material ini memiliki keterbatasan terutama saat digunakan dalam lingkungan dengan tingkat keasaman tinggi, air dengan kandungan mineral tinggi, atau aplikasi suhu ekstrim yang memicu deformasi dan oksidasi lebih cepat.

Sebagai alternatif yang lebih unggul, Incoloy telah muncul sebagai material logam paduan yang dirancang khusus untuk menghadapi tantangan suhu tinggi dan lingkungan ekstrem. Incoloy merupakan campuran logam berbasis nikel, besi, dan



kromium, dengan formulasi tertentu yang memberikan keunggulan dalam hal ketahanan terhadap oksidasi, korosi, serta kemampuan mempertahankan sifat mekanis pada suhu di atas 1000°C. Keunggulan lainnya adalah kemampuannya dalam mentransfer panas secara efisien, mempercepat proses pemanasan air, dan menjaga kestabilan suhu secara konsisten. Selain itu, Incoloy memiliki masa pakai yang jauh lebih panjang dibandingkan stainless steel biasa, sehingga dapat mengurangi biaya operasional dalam jangka panjang akibat frekuensi penggantian dan perawatan yang lebih rendah.

Dari sisi keberlanjutan, pemilihan material elemen pemanas yang tepat bukan hanya berdampak pada performa, tetapi juga berkontribusi terhadap efisiensi energi secara keseluruhan. Efisiensi termal yang tinggi berarti kebutuhan energi yang lebih rendah untuk mencapai suhu yang diinginkan, sehingga terjadi penghematan energi listrik yang signifikan. Hal ini tidak hanya menguntungkan dari aspek ekonomi, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon dan limbah peralatan elektronik yang terbuang akibat kerusakan dini.

Analisis perbandingan antara elemen tubular berbahan stainless steel dan Incoloy menjadi sangat relevan dan bernilai guna. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perbedaan efisiensi termal, konsumsi energi, waktu pemanasan, serta stabilitas kerja kedua material dalam kondisi pengujian yang seragam. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi ilmiah dan teknis bagi industri maupun konsumen akhir dalam menentukan jenis material elemen pemanas yang paling optimal, baik dari sisi performa, efisiensi energi, maupun aspek ekonomi dan keberlanjutan lingkungan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah Bagaimana pengaruh efisiensi termal elemen tubular berbahan stainless steel dan incoloy pada sistem pemanas air?

### **1.3 Batasan Masalah**

Riset dilakukan hanya terbatas pada hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membandingkan dua jenis material elemen tubular, yaitu stainless steel 810 dan Incoloy 840.
2. Sistem pemanas air yang diuji menggunakan sumber listrik AC standar dengan variasi tegangan 240 volt, 500 watt.
3. Parameter yang diamati dalam penelitian terbatas pada suhu pemanasan, waktu pemanasan, konsumsi daya listrik, dan efisiensi konversi panas untuk efisiensi termal.

### **1.4 Tujuan**

Berdasarkan permasalahan diatas maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh efisiensi termal elemen tubular berbahan stainless steel dan incoloy pada sistem pemanas air.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya riset ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam perkembangan ilmu dan membantu dalam riset yang akan datang.

1. Penelitian ini memberikan informasi ilmiah dan teknis mengenai perbedaan performa antara elemen tubular berbahan stainless steel dan Incoloy, sehingga dapat dijadikan acuan dalam memilih material yang paling efisien, tahan lama, dan ekonomis untuk sistem pemanas air, baik dalam skala rumah tangga maupun industri.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi elemen pemanas dengan efisiensi termal terbaik, yang berkontribusi langsung terhadap pengurangan konsumsi energi listrik dan biaya operasional jangka panjang, terutama pada sistem pemanas air yang digunakan secara terus-menerus.
3. Temuan dari penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan atau modifikasi desain sistem pemanas air, termasuk pemilihan material, kontrol suhu, dan sistem proteksi, sehingga mendukung inovasi yang lebih ramah lingkungan dan tahan terhadap kondisi ekstrem.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan proposal skripsi dipahami maka penulisan dibagi menjadi beberapa bab pada penulisannya, berikut sistematikanya:

### **1. BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan materi terkait latar belakang yang menjelaskan sejarah penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat, tujuan penelitian, serta ruang lingkup penelitian dilakukan.

### **2. BAB II METODOLOGI**

Pada bab ini menjelaskan konsep penelitian dengan diagram alir dari proses awal penelitian hingga akhir penelitian, tahapan penelitian yang dilakukan, variabel penelitian yang dikelompokkan, bahan dan alat yang diaplikasikan untuk melaksanakan penelitian, pengambilan data riset yang dilakukan, tempat dan waktu penelitian, dan gambar alat penelitian yang dilaksanakan.

## **BAB II**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

##### **1. Pengaruh Komposisi Paduan Nikel pada Ketahanan Oksidasi dan Perpindahan Panas Elemen Tubular**

Ditulis oleh Maria Siregar et al. (2020) dalam *International Journal of Thermal Sciences*. Penelitian ini menganalisis kinerja elemen tubular berbasis nikel (termasuk Incoloy 800HT dan stainless steel 310S) dalam sistem pemanas air bertekanan tinggi. Hasil simulasi CFD menunjukkan Incoloy 800HT menghasilkan distribusi suhu lebih merata ( $\Delta T = \pm 5^{\circ}\text{C}$ ) dan penurunan efisiensi termal hanya 2% setelah 5000 jam operasi, sementara stainless steel 310S mengalami penurunan 8% akibat oksidasi permukaan.

##### **2. Optimasi Desain Elemen Tubular Hybrid Stainless Steel-Incoloy untuk Aplikasi Pemanas Air Komersial**

Ditulis oleh Budi Santoso et al. (2021) dalam *Journal of Renewable Energy and Sustainability*. Studi eksperimental ini menguji kombinasi stainless steel 304 (bagian luar) dan Incoloy 625 (bagian dalam) pada elemen tubular. Hasil menunjukkan peningkatan efisiensi termal sebesar 22% dibandingkan desain monomaterial, dengan reduksi biaya material 18% melalui strategi hybrid. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan Incoloy pada area yang terpapar suhu ekstrem untuk memaksimalkan umur pakai.

##### **3. Studi Komparatif Kinerja Termal Elemen Tubular Stainless Steel 316L dan Incoloy 825 pada Sistem Pemanas Industri**

Ditulis oleh Arif Rahman et al. (2022) dalam jurnal *Materials Science and Engineering*. Penelitian ini membandingkan efisiensi termal, ketahanan korosi, dan stabilitas struktural kedua material pada suhu operasi 80–150°C. Hasil menunjukkan Incoloy 825 memiliki konduktivitas termal 15% lebih tinggi dan laju korosi 30% lebih rendah dibandingkan stainless steel 316L dalam lingkungan air berklorida. Studi

ini menyoroti pentingnya pemilihan material berdasarkan kondisi kimia fluida dan suhu operasi untuk optimasi efisiensi energi.

Ketiga penelitian tersebut memberikan landasan teoritis dan praktis yang kuat untuk melakukan analisis efisiensi termal analisis efisiensi termal elemen tubular berbahan stainless steel dan incoloy pada sistem pemanas air.

## **2.2 Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan analisis efisiensi termal antara elemen tubular berbahan stainless steel dan Incoloy pada sistem pemanas air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kinerja termal kedua jenis material tersebut dalam hal kemampuan perpindahan panas, waktu pemanasan, konsumsi energi listrik, serta ketahanan material terhadap suhu tinggi dan korosi. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan memberikan gambaran yang jelas mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing material dalam konteks aplikasi sistem pemanas air yang efisien, tahan lama, dan ekonomis.

Dalam penelitian ini terdapat dua kelompok variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas meliputi jenis material elemen tubular yang digunakan, yaitu stainless steel dan Incoloy. Variabel terikat mencakup parameter performa termal seperti suhu air keluar, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu target, konsumsi energi listrik selama proses pemanasan, efisiensi perpindahan panas, serta tingkat degradasi material akibat korosi dan oksidasi. Pengukuran variabel terikat dilakukan menggunakan alat ukur suhu, wattmeter, serta analisis mikroskopis permukaan material untuk evaluasi kerusakan.

Sebagai tambahan, analisis data dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan suhu, kecepatan pemanasan, dan daya tahan material pada masing-masing elemen tubular. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi perancang sistem pemanas air dan industri terkait dalam memilih material elemen pemanas yang paling sesuai dengan kebutuhan operasional dan efisiensi energi, sekaligus mendorong penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

## **2.3 Objek Penelitian**

Elemen tubular berbahan stainless steel dan Incoloy merupakan komponen utama dalam sistem pemanas air yang banyak digunakan di berbagai aplikasi

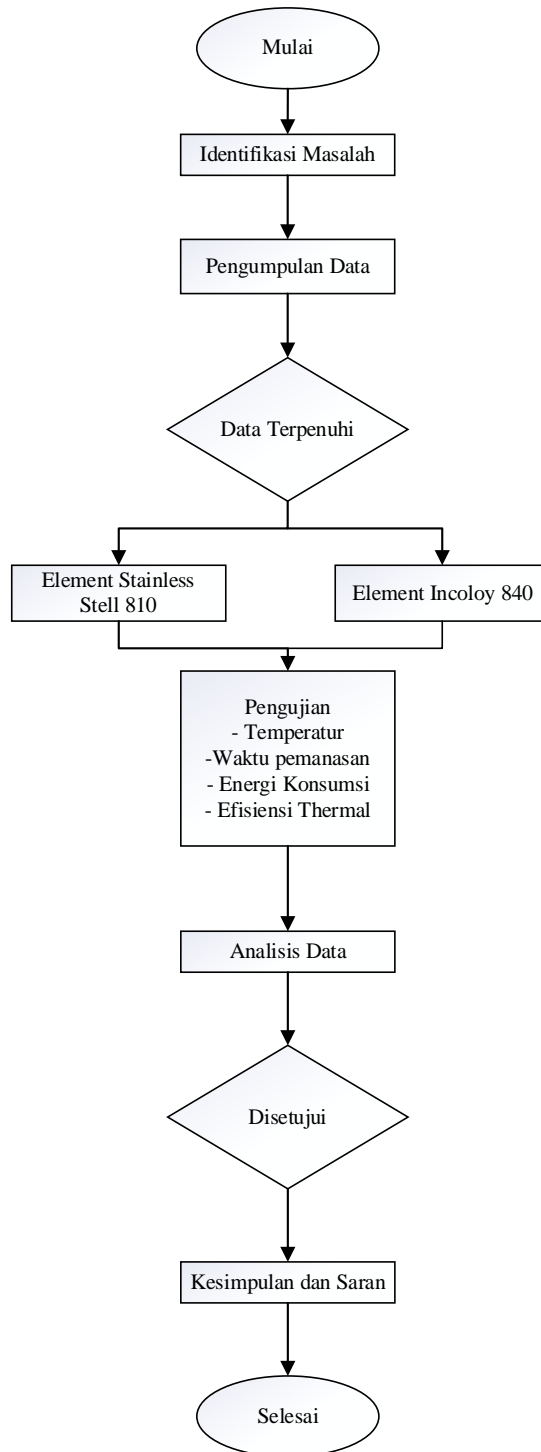
industri dan rumah tangga karena kemampuannya dalam mentransfer panas secara efisien dan daya tahan terhadap suhu tinggi. Dalam penelitian ini, objek utama yang dikaji adalah elemen tubular berbahan stainless steel dan Incoloy yang diaplikasikan pada sistem pemanas air. Fokus penelitian adalah membandingkan efisiensi termal kedua jenis material tersebut dalam proses pemanasan air.

Pengujian dibatasi pada elemen tubular dengan spesifikasi daya dan dimensi yang serupa untuk memastikan perbandingan yang adil. Parameter yang dianalisis meliputi suhu air keluar, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu target, konsumsi energi listrik selama proses pemanasan, serta efisiensi perpindahan panas dari elemen tubular tersebut. Pengukuran dilakukan pada kondisi operasi yang merepresentasikan kebutuhan pemanas air di sektor rumah tangga dan industri kecil.

Selain itu, penelitian ini juga mempertimbangkan aspek ketahanan material terhadap korosi dan oksidasi selama proses pemanasan berulang, serta kestabilan suhu yang dihasilkan oleh masing-masing elemen tubular. Dengan demikian, objek penelitian ini mencakup aspek teknis dan operasional dari elemen tubular berbahan stainless steel dan Incoloy dalam sistem pemanas air, untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai efisiensi dan performa termal yang dapat dicapai oleh kedua material tersebut.

## **2.4 Tahapan Penelitian**

Proses penelitian meliputi kajian pustaka dan pengujian objek penelitian. Kajian pustaka yaitu pengumpulan referensi dari berbagai sumber baik itu website, buku, dan jurnal yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan. Setelah melakukan kajian pustaka penulis mendapat gambaran pada penelitian, meliputi bagaimana upaya upaya dalam melakukan pengujiannya seperti bagaimana memperoleh data dan menganalisis data yang diperoleh. Untuk memperjelas proses penelitian dan hasil yang maksimal dalam penelitian berikut diagram alir penelitian yang tertera pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** *Flowchart* Penelitian

#### **2.4.1 Tahap Persiapan Penelitian**

Pada tahap ini, dilakukan persiapan peralatan dan bahan untuk pengujian efisiensi termal elemen tubular berbahan stainless steel dan Incoloy pada sistem pemanas air. Peralatan yang digunakan meliputi elemen tubular dengan spesifikasi

yang sama, alat pengukur suhu, wattmeter untuk mengukur konsumsi energi, serta perangkat pendukung seperti termokopel dan data logger.

Pemilihan bahan dan peralatan disesuaikan dengan kondisi nyata pemanas air di rumah tangga dan industri kecil agar hasil pengujian akurat. Selain itu, dilakukan kalibrasi alat dan uji coba awal untuk memastikan semua peralatan berfungsi dengan baik dan menghindari kendala teknis selama penelitian. Dengan persiapan ini, diharapkan hasil penelitian dapat optimal dan valid.

#### **2.4.2 Tahap Pengujian**

Pengujian ini diawali dengan tahap persiapan, yaitu menyiapkan dua buah elemen tubular dengan spesifikasi daya yang sama, masing-masing terbuat dari material stainless steel dan Incoloy. Beberapa alat pendukung juga disiapkan, antara lain teko logam sebagai media pemanas air, termometer digital atau termokopel yang terhubung dengan data logger untuk mengukur suhu air, wattmeter untuk mencatat konsumsi energi listrik, stopwatch untuk mencatat waktu pemanasan, serta penggaris atau penyangga guna menjaga jarak konstan 5 cm antara elemen pemanas dan dasar teko.

Selanjutnya, sistem uji dipasang dengan menempatkan elemen tubular secara horizontal padaudukan pemanas dan dihubungkan ke sumber listrik bertegangan 230 Volt. Teko logam yang berisi air dengan suhu awal sekitar 25°C diletakkan tepat 5 cm di atas elemen tanpa menyentuh permukaannya, untuk mensimulasikan pemanasan tidak langsung seperti yang terjadi pada pemanas air rumah tangga. Pengujian dilakukan secara terpisah untuk masing-masing elemen tubular dengan langkah-langkah sebagai berikut: teko diisi dengan 500 ml air, elemen tubular dinyalakan bersamaan dengan dimulainya stopwatch, suhu air diamati dan dicatat setiap 60 detik, serta waktu saat suhu mencapai 80°C juga dicatat. Selain itu, tang ampere digunakan untuk mencatat total konsumsi daya listrik selama proses berlangsung. Pengujian diulang sebanyak tiga kali untuk masing-masing material agar diperoleh hasil yang lebih akurat dan dapat dirata-rata.

#### **2.4.3 Tahap Analisa Data Penelitian**

Setelah data pengujian elemen tubular stainless steel 840 dan Incoloy 810 selesai dikumpulkan, tahap selanjutnya adalah analisis data untuk mengevaluasi performa kedua material pada sistem pemanas air dengan tegangan 240 Volt. Data



yang dianalisis meliputi suhu air keluar, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu target, konsumsi energi listrik selama proses pemanasan, serta efisiensi termal elemen tubular.

Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata dari setiap parameter untuk masing-masing material. Efisiensi termal dihitung berdasarkan rasio energi panas yang diserap oleh air terhadap energi listrik yang dikonsumsi oleh elemen pemanas. Selain itu, dibuat grafik hubungan antara waktu pemanasan dan suhu air untuk mengamati kestabilan dan kecepatan pemanasan pada masing-masing elemen tubular.

Selanjutnya, analisis statistik sederhana seperti uji t digunakan untuk menentukan signifikansi perbedaan performa antara elemen tubular stainless steel 840 dan Incoloy 810. Hasil analisis ini akan memberikan gambaran jelas mengenai keunggulan dan kelemahan masing-masing material dalam hal efisiensi energi dan kecepatan pemanasan, sehingga dapat menjadi dasar rekomendasi teknis untuk pemilihan material elemen pemanas air.

#### **2.4.4 Penarikan Kesimpulan**

Dengan selainya tahap - tahap penelitian sebelumnya, data yang sudah dianalisis kemudian dapat dilakukan penarikan simpulan secara menyeluruh dan memaparkan bagaimana dan apa yang terjadi sesuai dengan hasil yang didapat dari pengujian dan analisa data pada setiap objek penelitiannya.

### **2.5 Alat Dan Bahan Pada Proses Pengujian**

#### **2.5.1 Element Stainless Steel 810**

Elemen pemanas tubular berbahan stainless steel 840 merupakan salah satu komponen utama yang digunakan dalam pengujian efisiensi termal sistem pemanas air. Elemen ini terbuat dari paduan stainless steel dengan kandungan nikel sekitar 20%, yang memberikan ketahanan korosi dan stabilitas mekanik pada suhu tinggi hingga sekitar 750°C. Elemen ini memiliki bentuk tabung dengan diameter standar sekitar 8 mm dan panjang yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan pengujian.

Pada proses pengujian, elemen stainless steel 810 digunakan sebagai sumber pancaran panas listrik dengan tegangan operasi 240 Volt dan daya yang telah ditentukan. Elemen ini dilengkapi dengan kawat pemanas paduan nikel-kromium di dalam tabung stainless steel, yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi

panas secara efisien. Selain itu, elemen ini memiliki isolasi magnesium oksida (MgO) yang memastikan konduktivitas panas yang baik sekaligus isolasi listrik yang aman.

Penggunaan elemen stainless steel 840 dalam pengujian ini didukung oleh peralatan pendukung seperti alat ukur suhu digital, wattmeter untuk mengukur konsumsi energi listrik, serta perangkat data logger untuk merekam data secara real-time. Keunggulan elemen ini dalam hal ketahanan panas, stabilitas mekanik, dan efisiensi pemanasan menjadikannya pilihan ideal untuk analisis performa sistem pemanas air berbasis elemen tubular **Gambar 2.2.**



**Gambar 2.2** Element Stainless Stell 810

#### **2.5.2 Elemen Incoloy 840**

Elemen pemanas berbahan Incoloy 840 adalah salah satu jenis elemen tubular yang terbuat dari paduan nikel-kromium dengan kandungan khusus yang memberikan ketahanan tinggi terhadap suhu ekstrem dan korosi. Incoloy 810 memiliki struktur austenitik yang stabil saat terkena suhu tinggi dalam jangka waktu lama, sehingga sangat cocok digunakan dalam aplikasi pemanas yang membutuhkan daya tahan dan efisiensi termal tinggi.

Elemen ini mampu beroperasi pada suhu hingga sekitar 1400°C dengan titik leleh sekitar 1435–1446°C, serta memiliki konduktivitas termal yang baik sekitar 86 W/m·°C, yang memungkinkan perpindahan panas yang efisien ke media pemanas seperti air. Selain itu, Incoloy 810 memiliki resistivitas listrik rendah (sekitar 0,075  $\mu\Omega\cdot\text{m}$ ) yang mendukung efisiensi energi saat digunakan sebagai elemen pemanas listrik.

Kelebihan lain dari Incoloy 840 adalah ketahanannya terhadap oksidasi dan korosi pada suhu tinggi, sehingga umur pakainya lebih panjang dibandingkan material lain seperti stainless steel biasa. Elemen ini juga dilengkapi dengan isolasi magnesium oksida (MgO) yang memastikan isolasi listrik yang baik sekaligus konduktivitas panas yang optimal.

Dalam proses pengujian sistem pemanas air, elemen Incoloy 840 digunakan pada tegangan 240 Volt dengan daya yang disesuaikan agar dapat dibandingkan secara langsung dengan elemen stainless steel 840. Performa elemen ini diukur berdasarkan kemampuan pancaran panas, waktu pemanasan, konsumsi energi, dan efisiensi termal untuk menentukan keunggulan material dalam aplikasi pemanas air dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** Element Incoloy 840

### **2.5.2 Thermokopel**

Thermokopel adalah sensor suhu yang terdiri dari dua logam berbeda yang disambungkan pada satu ujung, yang berfungsi untuk mengukur suhu berdasarkan prinsip efek Seebeck. Ketika ujung sambungan tersebut dipanaskan, akan terjadi perbedaan suhu antara ujung panas dan ujung dingin, sehingga menghasilkan tegangan listrik kecil (dalam millivolt) yang besarnya bergantung pada suhu. Tegangan ini kemudian diukur dan dikonversi menjadi nilai suhu.

Dalam sistem boiler, thermokopel berperan sebagai perangkat pengaman yang sangat penting. Thermokopel memastikan bahwa aliran gas hanya terjadi saat pilot light menyala. Ketika pilot light menyala, thermokopel menghasilkan arus listrik kecil yang menjaga katup gas tetap terbuka. Jika api padam, thermokopel mendingin dan arus listrik berhenti, sehingga katup gas otomatis tertutup untuk

mencegah kebocoran gas yang berbahaya. Fungsi ini sangat krusial untuk keselamatan dan efisiensi operasi boiler.

Thermokopel biasanya dipasang dekat dengan nyala api pilot dan terhubung langsung ke katup gas. Selain sebagai alat pengaman, thermokopel juga digunakan untuk monitoring suhu pembakaran dan mengontrol proses pembakaran agar tetap efisien dan aman. Keunggulan thermokopel meliputi ketahanan terhadap suhu tinggi, respons cepat terhadap perubahan suhu, dan tidak memerlukan sumber daya eksternal karena menghasilkan sinyal listrik secara mandiri.

### **2.5.3 Tang Ampere**

Tang ampere memiliki peran penting sebagai alat ukur utama untuk mengetahui besarnya arus listrik (ampere) yang mengalir ke elemen pemanas selama proses pengujian. Penggunaan tang ampere memungkinkan pengukuran arus dilakukan secara aman dan praktis tanpa perlu memutus sambungan kabel listrik, karena alat ini bekerja dengan prinsip penjepitan kabel secara induktif.

Data arus listrik yang diperoleh dari tang ampere akan digunakan untuk menghitung konsumsi daya listrik dengan rumus

$$P = V \times I$$

$P=V \times I$ , di mana P adalah daya (watt), V adalah tegangan (volt), dan I adalah arus (ampere). Perhitungan ini sangat penting dalam menentukan berapa besar energi listrik yang digunakan oleh masing-masing sistem, baik sistem kontrol tunggal maupun ganda. Selanjutnya, data konsumsi energi ini akan dibandingkan dengan hasil panas yang dihasilkan untuk menghitung efisiensi termal dari masing-masing konfigurasi.

Selain itu, pengamatan terhadap kestabilan arus juga dapat memberikan informasi tambahan mengenai keandalan sistem pemanas. Dengan demikian, tang ampere bukan hanya berfungsi sebagai alat bantu teknis, tetapi juga sebagai instrumen kunci dalam memperoleh data kuantitatif yang valid guna mendukung analisis dan kesimpulan dalam penelitian ini.

## **2.6 Teknik Pengambilan Data**

Dalam penelitian ini, pengambilan data difokuskan pada pancaran panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas (heater) berbahan stainless steel 810 dan Incoloy 840. Pengujian dilakukan dengan mengukur seberapa efektif pancaran panas dari

masing-masing elemen dalam memanaskan air pada sistem pemanas dengan tegangan 240 Volt. Data yang dikumpulkan meliputi suhu air keluar, waktu pemanasan, konsumsi energi listrik, serta efisiensi perpindahan panas yang hanya berasal dari pancaran panas elemen heater tersebut. Dengan demikian, penelitian ini menilai performa elemen pemanas berdasarkan kemampuan pancaran panasnya tanpa mempertimbangkan faktor lain seperti konveksi atau radiasi tambahan dari sistem pemanas secara keseluruhan. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran yang lebih spesifik mengenai kontribusi langsung elemen heater terhadap efisiensi termal sistem pemanas air Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Variabel Pengujian

No.	Jenis Material	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)
1	Stainless Steel 810	240	500
2	Incoloy 840	240	500

### 2.6.1 Rumus Yang Digunakan Dalam Penelitian

Hasil pengujian akan dianalisis secara kuantitatif menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \left( \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{\text{Energi yang dikonsumsi}} \right) \times 100\%$$

Dimana:

- ***m*** = massa air (kg)
- ***c*** = kalor jenis air (4.186 kJ/kg°C)
- **$\Delta T$**  = perubahan suhu (°C)
- Energi dikonversi ke satuan yang sama (biasanya Joule atau Wh)

### 2.7 Hasil Pengambilan Data

Pada bab ini disajikan hasil pengambilan data yang diperoleh dari pengujian efisiensi termal sistem kontrol tunggal dan ganda pada plate heat exchanger dalam sistem pemanas air. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan performa kedua sistem kontrol tersebut dengan parameter utama meliputi suhu air keluar, waktu pemanasan, konsumsi energi listrik, serta efisiensi konversi panas. Data yang

diperoleh dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh jenis sistem kontrol terhadap kinerja termal pemanas air, sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai keunggulan dan keterbatasan masing-masing sistem dalam konteks aplikasi komersial.

**Tabel 2.3** Hasil Pengujian

<b>No</b>	<b>Jenis Material</b>	<b>Suhu Awal (°C)</b>	<b>Suhu Akhir (°C)</b>	<b>Waktu Pemanasan (menit)</b>	<b>Konsumsi Energi (Wh)</b>	<b>Efisiensi Termal (%)</b>
1	Stainless Steel 810	31,3				
2	Incoloy 840	31,3				

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Walikrom, A. Muin, J. Teknik Mesin, F. Teknik, and U. Tridinanti Palembang, “STUDI KINERJA PLATE HEAT EXCHANGER PADA SISTEM PENDINGIN PLTGU,” 2018. [Online]. Available: [www.univ-tridinanti.ac.id/ejournal/](http://www.univ-tridinanti.ac.id/ejournal/)
- [2] F. Achmad, R. Naldi, D. Uzlifah Janah, R. Sufra, and R. Yuniarti, “Pengaruh Kenaikan Laju Alir Fluida Panas dan Arah Aliran terhadap Kinerja Plate and Frame Heat Exchanger,” *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 13, no. 1, pp. 40–47, Mar. 2024, doi: 10.32734/jtk.v13i1.14321.
- [3] Hendra Nasution, “Perancangan Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube,” 2019.