

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

Oleh:

Mohamad Budi Satrio 221020200082

Dosen pembimbing: Ali Akbar, ST., M.T

Progam Studi Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Februari, 2026



# Pendahuluan

Pemanas air merupakan perangkat termal yang banyak digunakan pada skala rumah tangga, komersial, hingga industri karena dibutuhkan untuk menyediakan air panas dengan suhu stabil. Seiring meningkatnya tuntutan efisiensi, keamanan, dan umur pakai, pemilihan material elemen pemanas menjadi faktor penting dalam menentukan kinerja sistem. Salah satu sifat material yang berpengaruh pada proses transfer panas adalah konduktivitas termal ( $k$ ). Secara teori, material dengan nilai  $k$  lebih tinggi akan lebih mudah menghantarkan panas melalui dinding elemen (sheath) menuju air sehingga hambatan konduksi dapat berkurang.

Namun, pemilihan material elemen tubular tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan nilai  $k$  karena performa pemanasan juga dipengaruhi faktor lain seperti konveksi air, rugi panas ke lingkungan, serta kondisi permukaan elemen. Secara umum, stainless steel (misalnya SS 304) memiliki konduktivitas termal lebih tinggi 16 W/m·K dibandingkan Incoloy 12 W/m·K pada rentang temperatur operasi pemanas air, sehingga stainless steel secara teoritis lebih unggul pada jalur konduksi panas. Meski demikian, pada aplikasi imersi, Incoloy sering dipilih karena kelebihanannya pada ketahanan korosi, resistansi terhadap pitting/scaling, serta stabilitas pada temperatur sheath tinggi, yang dapat meningkatkan keandalan dan durabilitas, terutama pada air kaya mineral atau lingkungan agresif. Oleh karena itu, perbandingan elemen tubular berbahan stainless steel dan Incoloy tetap relevan untuk menilai kinerja secara menyeluruh melalui parameter waktu pemanasan, konsumsi energi, dan efisiensi termal, sehingga pemilihan material didasarkan pada data performa yang terukur.

# Rumusan Masalah

**“Bagaimana pengaruh efisiensi termal elemen tubular berbahan stainless steel dan incoloy pada sistem pemanas air?”**

# Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya membandingkan dua jenis material elemen tubular, yaitu stainless steel 321 dan Incoloy 800.
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.

# Tujuan Penelitian

Bertujuan untuk mengetahui pengaruh efisiensi termal elemen tubular berbahan stainless steel dan incoloy pada sistem pemanas air.

# Dasar Teori

Pemanas air listrik memanaskan air melalui elemen tubular yang menghasilkan panas akibat pemanasan Joule. Panas kemudian ditransfer ke air lewat konduksi pada selubung elemen (sheath) dan konveksi di dalam air. Salah satu sifat penting material sheath adalah konduktivitas termal ( $k$ ); semakin tinggi  $k$ , semakin kecil hambatan konduksi sehingga panas lebih mudah mengalir ke air.

Namun,  $k$  bukan satu-satunya penentu karena kinerja juga dipengaruhi konveksi air, posisi/perendaman elemen, rugi panas ke lingkungan, serta kerak/fouling. Performa pemanas dinilai dari waktu pemanasan, konsumsi energi, dan efisiensi termal (perbandingan panas yang diserap air terhadap energi listrik yang digunakan).

# Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang bertujuan untuk membandingkan efisiensi termal elemen tubular berbahan stainless steel 810 dan Incoloy 840 pada sistem pemanas air. Variabel bebas dalam penelitian adalah jenis material elemen tubular, sedangkan variabel terikat mencakup suhu air, waktu pemanasan, konsumsi energi listrik, efisiensi perpindahan panas, dan degradasi material.

Objek penelitian adalah dua elemen tubular dengan spesifikasi daya dan dimensi yang sama, masing-masing dari stainless steel 321 dan Incoloy 840. Pengujian dilakukan menggunakan sistem pemanas air sederhana dengan air sebanyak 1000 ml didalam teko dengan gap 5cm, suhu divariasikan 20-33 °C, dicari material mana yang paling cepat mencapai suhu target 60°C. Alat ukur yang digunakan antara lain: termokopel dan tang ampere



# Variabel Pengujian

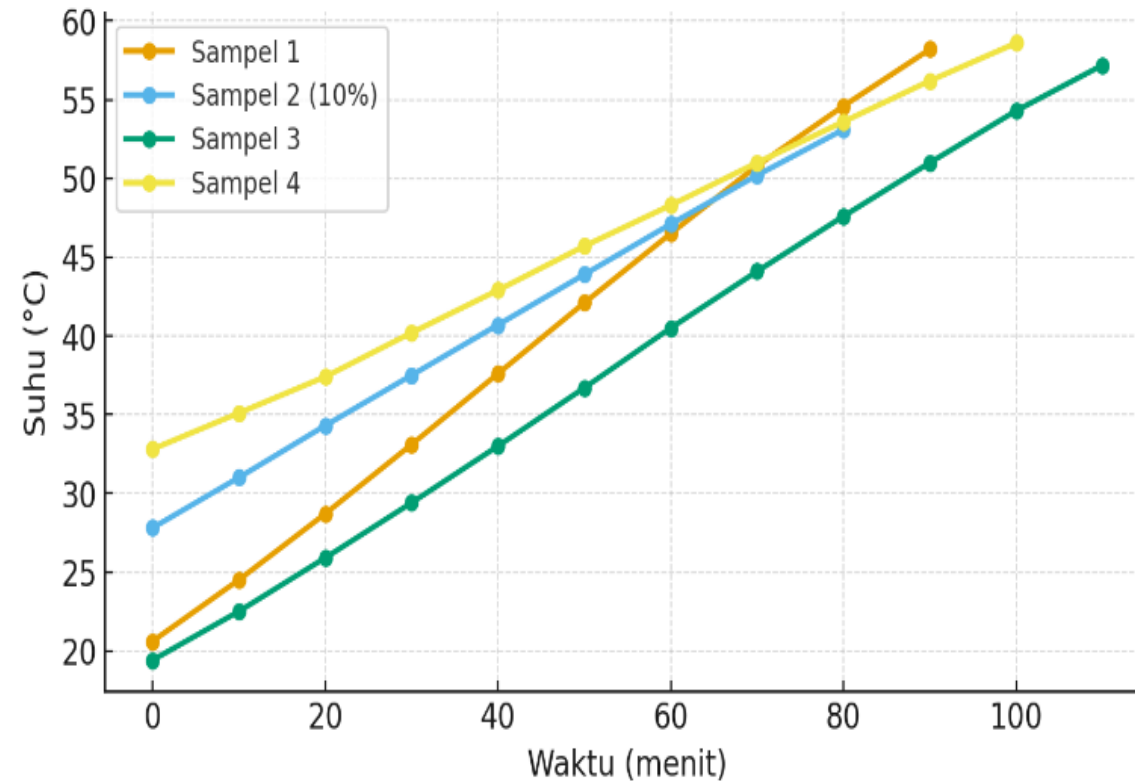


No.	Jenis Material	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)
1	Stainless Steel 321	240	500
2	Incoloy 810	240	500



# Hasil dan Pembahasan

No	Jenis Material	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Waktu Pemanasan (menit)	Konsumsi Energi (Wh)	Efisiensi Termal (%)
1	Stainless Steel 321	20,6	58,2	90	470,4	61
2	Stainless Steel 321	27,8	57,3	80	475,2	54
3	Incoloy 840	19,4	57,2	110	477,6	50
4	Incoloy 840	32,8	58,6	100	475,2	37



Hasil uji menunjukkan elemen tubular Stainless Steel 321 dan Incoloy 840 mampu menaikkan suhu air hingga 57–59°C dengan waktu pemanasan 80–110 menit dan konsumsi energi yang relatif mirip ( $\pm 470$ –478 Wh). Stainless Steel 321 memberikan efisiensi lebih tinggi (61% dan 54%) dengan waktu pemanasan lebih singkat (90 dan 80 menit), sedangkan Incoloy 840 menunjukkan efisiensi lebih rendah (50% dan 37%) dengan waktu pemanasan lebih lama (110 dan 100 menit). Perbedaan ini menunjukkan kinerja lebih ditentukan oleh efektivitas perpindahan panas dan rugi panas sistem (konduksi–konveksi), bukan semata besarnya energi listrik yang masuk.

# Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, elemen pemanas tubular berbahan Stainless Steel 321 dan Incoloy 840 sama-sama mampu menaikkan suhu air hingga kisaran 57–59°C dengan konsumsi energi listrik yang relatif serupa ( $\pm 470$ –478 Wh), namun menunjukkan perbedaan pada durasi pemanasan dan efisiensi termal. Stainless Steel 321 memberikan performa lebih baik dengan waktu pemanasan lebih singkat (80–90 menit) dan efisiensi lebih tinggi (54–61%), sedangkan Incoloy 840 memerlukan waktu lebih lama (100–110 menit) dengan efisiensi lebih rendah (37–50%). Perbedaan ini mengindikasikan bahwa pada kondisi pengujian ini, transfer panas ke air pada Stainless Steel 321 berlangsung lebih efektif, sementara pada Incoloy 840 terjadi rugi panas atau hambatan perpindahan panas yang lebih dominan, sehingga efisiensi termal menurun meskipun energi listrik yang digunakan hampir sama.

