



Analisis Kinerja Induktor pada *Main Pot* untuk Proses *Coating*

Analysis of Inductor Performance in Main Pot for Coating Processes

Muhamad Dzaky Fadhilah¹, Choirul Anwar^{1,*}, Dede Ardi Rajab¹, Irwan Suriaman¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukancana, Purwakarta, Indonesia

Abstrak: Proses pelapisan logam (*coating*) berperan penting dalam meningkatkan ketahanan korosi dan umur pakai produk. Salah satu komponen utamanya adalah *main pot*, wadah refraktori yang menampung paduan aluminium, seng, dan silikon pada suhu tinggi. Stabilitas suhu cairan pelapis sangat bergantung pada kinerja induktor sebagai sumber panas utama. Permasalahan yang dihadapi adalah kapasitas induktor yang belum optimal dalam mempertahankan suhu operasi, sehingga memengaruhi efisiensi proses dan kualitas hasil pelapisan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kemampuan induktor dalam menjaga suhu *main pot*, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi pemanasan, dan memberikan rekomendasi peningkatan kinerja sistem. Metode yang digunakan meliputi pengukuran suhu cairan, pencatatan daya listrik, dan pengamatan penurunan volume pelapis. Hasil menunjukkan bahwa empat induktor dengan total kapasitas 1800 kVA hanya memenuhi sekitar 20–23% kebutuhan energi. Suhu cairan dapat dipertahankan pada kisaran 602–608 °C, namun cenderung menurun seiring waktu. Volume pelapis berkurang rata-rata 8,05–11,61% selama lima jam operasi. Diperlukan peningkatan kapasitas daya dan strategi *refill* berkala untuk menjaga stabilitas suhu dan efisiensi pelapisan.

Kata Kunci: Induktor; *main pot*; pemanasan induksi; efisiensi energi; proses *coating*

Abstract: The metal coating process plays an important role in improving the corrosion resistance and service life of products. One of its main components is the *main pot*, a refractory container that holds aluminum, zinc, and silicon alloys at high temperatures. The temperature stability of the coating fluid is highly dependent on the performance of the inductor as the main heat source. The problem encountered is that the inductor's capacity is not yet optimal in maintaining the operating temperature, thereby affecting the efficiency of the process and the quality of the coating results. This study aims to analyze the inductor's ability to maintain the *main pot* temperature, identify factors that affect heating efficiency, and provide recommendations for improving system performance. The methods used include measuring the liquid temperature, recording electrical power, and observing the decrease in coating volume. The results show that four inductors with a total capacity of 1800 kVA only meet about 20–23% of the energy requirements. The fluid temperature can be maintained in the range of 602–608 °C, but tends to decrease over time. The coating volume decreased by an average of 8.05–11.61% during five hours of operation. Increased power capacity and a periodic *refill* strategy are needed to maintain temperature stability and coating efficiency.

Keywords: Inductor; *main pot*; induction heating; energy efficiency; coating process

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada dunia manufaktur faktor efisiensi dan kualitas produk menjadi elemen kunci dalam menjaga daya saing industri. Salah satu tahapan penting dalam produksi adalah proses pelapisan (*coating*), yang berperan dalam meningkatkan ketahanan terhadap korosi serta memperpanjang umur produk. Pada PT. XYZ, proses pelapisan ini dilakukan menggunakan mesin CSL, yang menerapkan teknologi pemanasan induksi sebagai metode utama untuk mencairkan material pelapis [1, 2].

Proses pelapisan di mesin CSL berpusat di *mainpot*, sebuah wadah berbentuk oval yang terbuat dari material *refractory*. Wadah ini berfungsi sebagai penampung cairan dengan komposisi Aluminium (Al) 55%, Zinc (Zn) 43,5%, dan Silika (Si) 1,5%. Dalam sistem ini, induktor memiliki peranan krusial

* Corresponding author: choirul@wastukancana.ac.id

<https://doi.org/10.51132/teknologika.v15i2.537>

Received : 07-10-2025

Accepted : 13-10-2025

Available online : 30-11-2025

dalam menghasilkan panas melalui prinsip elektromagnetik, sehingga suhu cairan tetap berada pada tingkat optimal. Suhu yang stabil sangat diperlukan agar cairan dengan komposisi Al-Zn-Si dapat mencapai titik leleh yang sesuai serta memberikan perlindungan korosi yang maksimal. Namun, sering kali terjadi permasalahan pada induktor, seperti ketidakmampuannya mempertahankan suhu yang mencapai 605°C yang berakibat pada kualitas produk yang tidak sesuai dengan standar [2, 4].

Penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh komposisi Al-Zn-Si terhadap struktur mikro dan ketahanan korosi [1, 2]. Namun, kajian terkait kinerja induktor untuk menjaga suhu optimal pada *mainpot* masih sangat terbatas. Sebagian besar studi yang telah dilakukan lebih menyoroti sifat material pelapis dan perlakuan panas secara umum [2, 3], tanpa menganalisis secara mendalam faktor teknis yang mempengaruhi efisiensi pemanasan induksi di lingkungan industri.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja induktor pada *mainpot* di mesin CSL di PT. XYZ, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhinya, serta merumuskan solusi yang dapat diterapkan [3, 5].

Kebaruan (*Novelty*) penelitian ini terletak pada pendekatan analisis yang mengintegrasikan data suhu, konsumsi daya, dan perubahan volume cairan pelapis secara simultan untuk mengevaluasi performa induktor secara *real-time* dalam lingkungan operasi industri. Pendekatan ini berbeda dari penelitian sebelumnya yang lebih berfokus pada simulasi atau pengujian laboratorium, sehingga hasilnya diharapkan memberikan kontribusi langsung terhadap optimasi sistem pelapisan logam berbasis pemanasan induksi [6, 7].

1.2 Kajian Pustaka

1.2.1 Material

Menurut Sofyan [3], material pada dasarnya adalah sesuatu yang ada di mana saja, kapan saja, dan dalam keadaan apa saja. Menurut Dianti [4], material memiliki peran penting dalam berbagai bidang, termasuk kedokteran gigi, di mana sifat adhesi dan ketahanan mekaniknya menjadi faktor utama dalam aplikasinya. Dalam industri, material merupakan elemen yang penting dalam sistem produksi karena berfungsi sebagai *input* untuk menghasilkan produk jadi. Beberapa contoh dari material ini antara lain keramik, komposit, paduan aluminium-zinc, dan *refractory*.

Menurut Pratiwi [5], keramik merupakan material dengan struktur kristal yang khas, sering digunakan dalam aplikasi teknik karena sifat mekaniknya yang superior dibandingkan dengan logam dan polimer.

Komposit adalah gabungan suatu bahan yang terdiri lebih dari dua bahan, dan digabungkan membentuk suatu bahan yang mempunyai sifat berbeda dengan bahan aslinya [6]. Menurut Syaukani et al [7], komposit merupakan penggabungan beberapa material yang berbeda atau lebih, yang menghasilkan sifat yang lebih baik dari sifat penyusunnya.

Paduan aluminium-zinc sering digunakan dalam industri karena memiliki kekuatan yang tinggi, tahan terhadap korosi, dan beratnya yang ringan. Paduan ini sering digunakan di sektor manufaktur yang membutuhkan bahan ringan tetapi kuat [8].

Refractory adalah material yang tahan dengan panas atau yang biasa disebut dengan material tahan api. Bahan atau material *refractory* adalah jenis material yang mampu menahan suhu panas yang sangat tinggi tanpa kehilangan sifat ketahanannya. Umumnya material ini bersifat termal insulator [9].

1.2.2 Mainpot

Mainpot merupakan wadah berbentuk oval yang terbuat dari material *refraktori* dan berfungsi menampung cairan pelapis berbasis Aluminium (Al), Zinc (Zn), dan Silika (Si). *Mainpot* memainkan peran penting dalam proses pelapisan pada mesin CSL karena berfungsi menjaga suhu cairan pelapis agar tetap stabil.

Pemanasan pada mainpot dilakukan menggunakan empat induktor masing-masing berkapasitas 450 kVA hingga bahan pelapis mencapai kondisi cair dan siap digunakan dalam proses *coating*.

1.2.3 Zincalume

Menurut Tayier et al [9], *zincalume* adalah bahan yang penting dalam industri terutama pada pembuatan atap karena sifat mekaniknya yang unggul dan ketahanan korosi. *Zincalume* terdiri dari substrat baja dengan kekuatan yang tinggi, dilindungi dengan perawatan dan pelapis anti korosi yang dirancang untuk memberikan kinerja yang sangat penting untuk masa pakai yang lama dan perawatan yang minimum [10].

1.2.4 Induktor

Induktor adalah komponen yang dirancang khusus untuk memanfaatkan efek induksi elektromagnetik. Induktor mampu menghasilkan konsentrasi *flux* magnetik yang besar, dan mampu mengalami induksi sendiri dalam jumlah besar selama masa perubahan arus yang besar [11].

1.2.5 Perpindahan panas

Perpindahan panas atau kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut [12]. Dalam aplikasi industri, seperti pada proses *coating*, pemahaman mengenai proses perpindahan panas ini menjadi sangat penting. Menurut Fachri [13], jenis-jenis perpindahan panas terdiri dari konduksi, konveksi, dan radiasi.

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan panas antar molekul tanpa disertai pergerakan aktual dari molekul tersebut [14]. Contoh dari perpindahan panas konduksi adalah ketika salah satu ujung besi dipanaskan, kemudian ujung yang lain dipegang, maka semakin lama ujung yang dipegang semakin panas.

Menurut Cassidy & Houlsby [15], perpindahan panas konveksi adalah proses *transport* energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Contoh dari perpindahan panas konveksi adalah konveksi alami pada air yang dipanaskan.

Menurut Alaria, dkk., [16], radiasi adalah perpindahan kalor melalui ruang hampa yaitu tanpa zat perantara (medium). Perpindahan kalor dapat melalui ruang hampa karena energi kalor dibawa dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Contoh dari perpindahan panas radiasi adalah api yang berjarak jauh tetap bisa terasa panas, meski tubuh kita tidak menyentuhnya. Ini karena panas dari api menyebar melalui radiasi.

1.2.6 Laju Penurunan Volume Cairan Coating Pada Mainpot

Laju penurunan ini dihitung berdasarkan luas permukaan baja yang dilapisi, ketebalan lapisan, dan kecepatan produksi. *Environmental Protection Agency* (EPA) [17] menjelaskan bahwa konsumsi pelapis bergantung pada kecepatan lini dan ketebalan lapisan yang diinginkan.

1.2.7 Daya Induktor Untuk Memanaskan Cairan Coating

Perhitungan daya induktor pada sistem pemanasan induksi didasarkan pada kebutuhan energi panas yang harus disuplai untuk menaikkan suhu cairan *coating* hingga mencapai temperatur yang ditentukan. Energi panas tersebut ditentukan oleh massa cairan, kapasitas panas jenis, dan perubahan temperatur. Perhitungan massa cairan dilakukan berdasarkan volume cairan dikalikan dengan densitas paduan.

2. Metodologi

2.1 Alur proses penelitian

Alur proses penelitian ini adalah rangkaian tahapan yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Berikut adalah penjelasan dari alur proses penelitian yang dilakukan oleh peneliti.

- i. Mulai, yaitu tahap awal penelitian dimulai dengan menentukan topik atau masalah yang akan diteliti.
- ii. Studi literatur, peneliti mengumpulkan dan menganalisis referensi dari jurnal, buku, atau sumber lain yang relevan dengan topik atau masalah untuk memahami konsep, teori, dan hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik atau masalah.
- iii. Perencanaan pengambilan data, peneliti merancang metode penelitian serta memilih teknik pengumpulan data yang sesuai.
- iv. Pengambilan dan pengumpulan data, data dikumpulkan sesuai dengan metode yang direncanakan. Proses ini bisa berupa observasi secara langsung atau wawancara.
- v. Verifikasi data, data yang telah dikumpulkan diperiksa kembali untuk memastikan keakuratan, kelengkapan, dan validitasnya sebelum dilakukan analisis. Jika tidak, maka kembali lagi ke pengambilan dan pengumpulan data.
- vi. Analisis data, data yang telah diverifikasi dianalisis menggunakan metode yang sesuai dengan tujuan penelitian untuk mendapatkan hasil.
- vii. Kesimpulan dan saran, peneliti menarik kesimpulan yang menjawab pertanyaan penelitian. Selain itu, saran diberikan sebagai implikasi dari penelitian atau rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Jadwal penelitian adalah kerangka waktu atau rencana yang dirancang untuk mengatur aktivitas penelitian dari awal hingga selesai. Peneliti melakukan penelitian di PT. XYZ yang berlokasi di Purwasari, Kabupaten Karawang yang dimulai dari bulan Januari-Juni 2025.

Tabel 1. Jadwal penelitian

No	Tahapan	Bulan					
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
1	Studi Literatur						
2	Pengumpulan Data						
3	Analisis Data						
4	Penyusunan Laporan						

2.3 Jenis dan desain penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengukur dan menganalisis kinerja induktor pada main pot dalam proses *coating* secara objektif dan terukur.

Metode ini dipilih karena fokus penelitian adalah mengukur secara langsung kemampuan induktor dalam mempertahankan kebutuhan suhu 605°C. Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran suhu di *main pot*, daya listrik yang digunakan, serta waktu pemanasan menggunakan alat bantu seperti *thermocouple*. dan tang *ampere*.

Desain penelitian ini yaitu eksperimen lapangan, di mana pengamatan dilakukan saat mesin beroperasi, sehingga data yang diperoleh bersifat riil dan objektif. Hasil pengukuran kemudian

dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui kinerja dari induktor dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

2.4 Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data adalah teknik yang digunakan untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan dalam penelitian. Beberapa teknik yang digunakan dalam pengumpulan data ini adalah sebagai berikut.

2.4.1 Studi Literatur

Studi literatur atau metode kepustakaan adalah suatu teknik atau cara untuk menyelesaikan permasalahan dengan cara menelusuri sumber tulisan seperti buku, jurnal, *paper*, atau sumber referensi lain yang berkaitan dengan topik yang akan dibahas.

2.4.2 Observasi

Metode observasi adalah metode pengumpulan data dengan cara melakukan pengamatan secara langsung pada objek yang akan diteliti.

2.4.3 Dokumentasi teknis

Peneliti memeriksa data teknis *main pot*, data histori, dan manual spesifikasi dari induktor yang digunakan. Data ini digunakan untuk membandingkan hasil pengukuran secara aktual dengan data yang telah ada serta mendeteksi tren performa induktor dari waktu ke waktu.

2.4.4 Pengukuran langsung

Pengukuran dilakukan di area *main pot* untuk mendapatkan data yang akan diukur seperti data suhu cairan logam dalam *main pot*, konsumsi daya listrik dari induktor, serta durasi waktu pemanasan. Alat yang digunakan antara lain *thermocouple* untuk pengukuran suhu, tang ampere untuk mengukur arus listrik, serta *stopwatch* untuk merekam waktu yang dibutuhkan induktor mencapai suhu optimal.

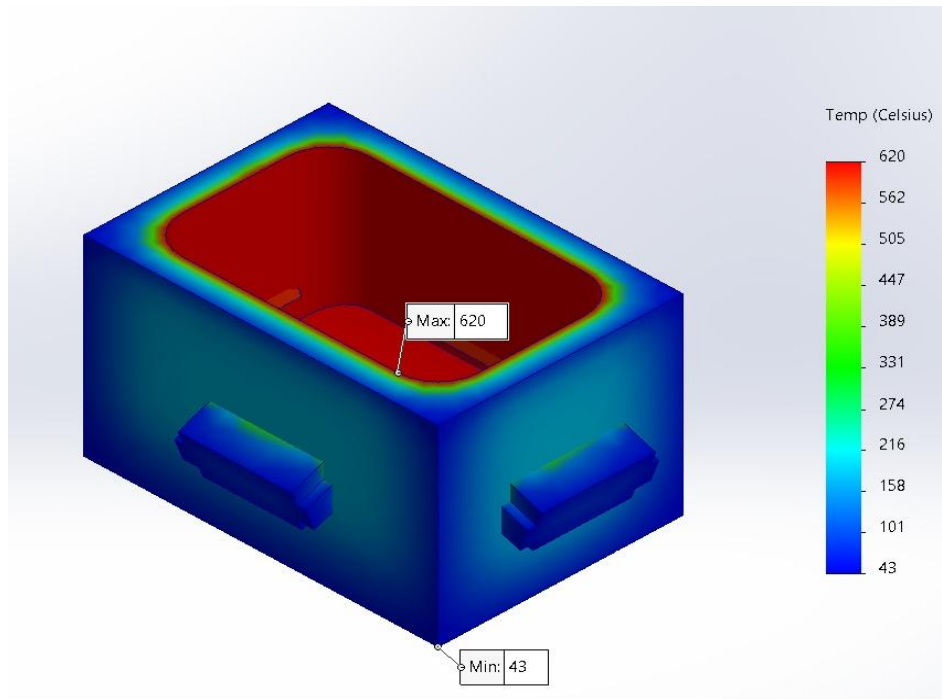
2.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis statistik deskriptif untuk merangkum dan menginterpretasikan data suhu *main pot*, daya listrik induktor, dan waktu pemanasan. Selain itu, dilakukan analisis perbandingan antara hasil pengukuran aktual dengan nilai standar, seperti suhu ideal 605 °C, guna mengevaluasi penyimpangan performa induktor dari kondisi optimal. Data tersebut juga dimanfaatkan untuk menghitung efisiensi pemanasan, dan hasilnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik guna mempermudah visualisasi tren dan pola.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Distribusi Temperatur Pada Main Pot Berdasarkan Analisis Termal

Hasil analisis termal *mainpot* menunjukkan perbedaan suhu yang cukup signifikan antara inti cairan pelapis dan dinding luar. Suhu tertinggi tercatat sekitar 620°C pada bagian pusat, sedangkan bagian terluar hanya mencapai 43°C, yang menandakan adanya perpindahan panas secara konduksi melalui dinding *refactory*



Gambar 1. Distribusi temperatur *Mainpot* dengan menggunakan analisis termal

3.2 Tabel pengukuran suhu dan waktu dari setiap ukuran material

Tabel berikut akan menyajikan hasil pengukuran suhu dan waktu yang diperoleh pada beberapa hari pengamatan, yaitu pada hari Jum'at 11 Juli 2025, Senin 14 Juli 2025, dan Selasa 15 Juli 2025 dengan interval pengukuran setiap satu jam. Data disajikan dengan ukuran material yang bervariasi dari 0,40 x 914 mm, 0,40 x 1219 mm, 0,45 x 1170 mm, dan 0,35 x 1219 mm.

Tabel 2. Hasil pengukuran suhu dan waktu setiap material

Ukuran material <i>sheet</i> (mm)	Lebar (m)	Tebal <i>coating</i> (μm)	Kecepatan (m/menit)	Suhu material (°C)
0,40 × 914	0,914	100	85	606-612
0,40 × 1219	1,219	100	92	606-608
0,45 × 1170	1,17	100	90	607-608
0,35 × 1219	1,219	150	90	607-608

3.3 Penurunan volume cairan pada *mainpot*

Penurunan volume cairan pada *mainpot* dihitung berdasarkan luas permukaan baja yang dilapisi, ketebalan *coating*, serta kecepatan jalannya material. Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan penambahan cairan (*refill*) agar ketinggian cairan tidak turun di bawah batas operasional sekaligus menjadi indikator kinerja induktor dalam menjaga suhu cairan tetap stabil.

3.3.1 Hitung luas permukaan baja yang telah dilapisi per menit

Untuk *sheet* baja ukuran 0,40 × 914 mm:

$$L_{\text{per menit}} = L \times S \times 2 \quad (1)$$

Di mana L adalah Lebar dengan satuan m, *Speed* atau Kecepatan dengan satuan m/menit, dan 2 adalah kedua sisi yaitu atas dan bawah. Dari persamaan di atas, maka:

$$L_{\text{per menit}} = 0,914 \text{ m} \times 85 \text{ m/menit} \times 2 = 155,38 \text{ m}^2/\text{menit}$$

3.3.2 Hitung volume coating per menit

$$V_{\text{per menit}} = L_{\text{per menit}} \times t \quad (2)$$

Di mana $L_{\text{per menit}}$ adalah luas permukaan baja yang telah dilapisi dengan satuan m/menit dan t adalah tebal dari *coating* dengan satuan μm . Dengan tebal *coating* (t) = $50\mu\text{m} = 0,00005\text{m}$, maka:

$$V_{\text{per menit}} = 155,38 \times 0,00005 = 0,007769 \text{ m}^3/\text{menit}$$

3.3.3 Hitung total volume coating selama 5 jam (300 menit)

$$V_{\text{total}} = V_{\text{per menit}} \times 300 \quad (3)$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka:

$$V_{\text{total}} = 0,007769 \times 300 = 2,3307 \text{ m}^3$$

Jadi, untuk ukuran material ini, cairan berkurang sekitar $2,33 \text{ m}^3$ selama 5 jam.

3.3.4 Luas permukaan baja yang telah dilapisi per menit

Untuk *sheet* baja ukuran $0,35 \times 1219 \text{ mm}$:

$$L_{\text{per menit}} = L \times S \times 2 \quad (4)$$

Di mana L adalah Lebar dengan satuan m, *Speed* atau Kecepatan dengan satuan m/menit, dan 2 adalah kedua sisi yaitu atas dan bawah. Dari persamaan di atas, maka:

$$L_{\text{per menit}} = 1,219 \text{ m} \times 90 \text{ m/menit} \times 2 = 219,42 \text{ m}^2/\text{menit}$$

3.3.5 Hitung volume coating per menit

$$V_{\text{per menit}} = L_{\text{per menit}} \times t \quad (5)$$

Di mana $L_{\text{per menit}}$ adalah luas permukaan baja yang telah dilapisi dengan satuan m/menit dan t adalah tebal dari *coating* dengan satuan μm . Dengan tebal *coating* (t) = $75\mu\text{m} = 0,000075 \text{ m}$, maka:

$$V_{\text{per menit}} = 219,42 \times 0,000075 = 0,0164565 \text{ m}^3/\text{menit}$$

3.3.6 Hitung total volume coating selama 5 jam (300 menit)

$$V_{\text{total}} = V_{\text{per menit}} \times 300 \quad (6)$$

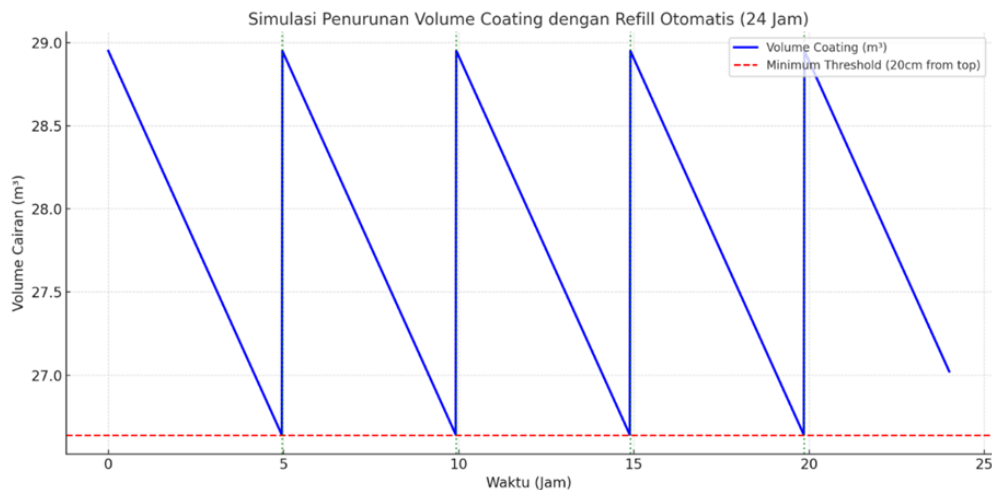
Dengan menggunakan persamaan di atas, maka:

$$V_{total} = 0,0164565 \times 300 = 4,93695 \text{ m}^3$$

Jadi, untuk ukuran material ini, cairan berkurang sekitar 4,93 m³ selama 5 jam.

3.4 Grafik penurunan volume cairan pada mainpot

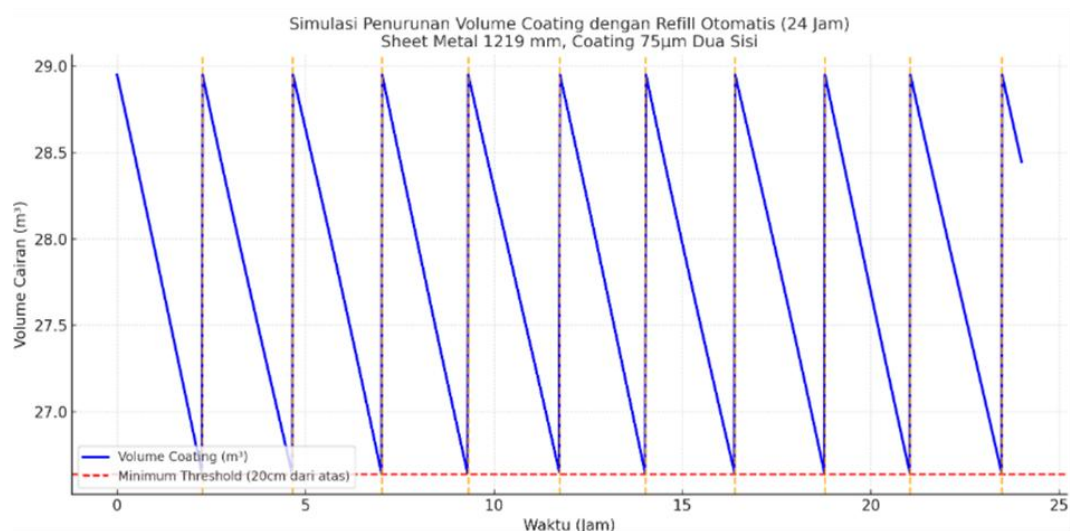
Berikut adalah gambar grafik penurunan volume selama 5 jam proses operasi:



Gambar 2. Grafik penurunan cairan *coating* dengan *refill* otomatis

Grafik di atas menunjukkan simulasi penurunan volume cairan *coating* dalam *mainpot* selama 24 jam dengan sistem *refill* otomatis. Volume awal sebesar 28,95 m³ terus menurun secara linear akibat proses pelapisan, hingga mencapai batas minimum 26,67 m³ (ditandai garis merah putus-putus), yaitu 20 cm dari permukaan atas *mainpot*. Setiap kali volume mencapai batas ini, sistem otomatis mengisi ulang cairan kembali ke volume awal. Siklus ini terjadi setiap ±5 jam, dengan total 5 kali pengisian ulang dalam sehari. Pola ini menggambarkan kestabilan sistem dalam menjaga volume cairan agar tidak melebihi batas kritis yang dapat mengganggu proses pelapisan.

3.5 Grafik penurunan volume cairan coating tebal coating 150 µm



Gambar 3. Grafik penurunan cairan *coating* dengan tebal *coating* 150 µm

Grafik di atas ini memperlihatkan simulasi penurunan volume cairan *coating* pada *mainpot* selama 24 jam proses pelapisan, dengan parameter *sheet* metal berukuran lebar 1219 mm dan ketebalan *coating* 75 μm pada dua sisi. Volume awal cairan sebesar 28,95 m^3 berkurang secara bertahap akibat penggunaan selama proses produksi hingga mencapai batas minimum 26,67 m^3 , yang ditandai dengan garis merah putus-putus sebagai ambang batas aman. Ketika volume menyentuh batas tersebut, sistem *refill* otomatis secara otomatis mengisi ulang cairan hingga kembali ke volume semula. Dalam kurun waktu 24 jam, terjadi sebanyak 9 siklus pengisian ulang, mencerminkan tingginya kebutuhan cairan *coating* akibat kombinasi dimensi *sheet* dan ketebalan lapisan. Pola ini menunjukkan bahwa sistem pengisian otomatis sangat krusial dalam menjaga kestabilan level cairan, agar proses pelapisan tetap berjalan optimal tanpa gangguan.

3.6 Daya Induktor untuk Pemanasan Cairan Coating Al-Zn

Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan apakah empat induktor berkapasitas masing-masing 450 kVA (total 1.800 kVA), dengan faktor daya ($\cos \phi$) berkisar 0,8–1,0, mampu memanaskan cairan *coating* Al-Zn dengan volume 28,95 m^3 hingga mencapai suhu 630°C dalam waktu 300 menit (5 jam). Berikut adalah data-data terkait dengan:

- i. Volume cairan (V) = 28,95 m^3
- ii. Densitas rata-rata (ρ) campuran Al-Zn = 6.400 kg/m^3
- iii. Massa total cairan (m) = $\rho \times V$
- iv. Kapasitas panas jenis (c_p) campuran = 0,9 $\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ (dominan aluminium)
- v. Suhu awal (T_0) = 25°C
- vi. Suhu target (T_t) = 630°C
- vii. $\Delta T = T_t - T_0 = 605^\circ\text{C}$
- viii. Efisiensi pemanasan induksi (η) = 80% (konservatif)
- ix. Jumlah induktor (n) = 4 unit, masing-masing 450 kVA (total 1.800 kVA)
- x. Faktor daya ($\cos \phi$) = 0,8-0,9
- xi. Waktu pemanasan (t) = 300 menit = 5 jam = 18.000 detik

3.6.1 Rumus perhitungan energi

$$Q = m \times c_p \times \Delta T \quad (7)$$

Di mana Q adalah energi panas dengan satuan kJ, m adalah massa cairan dengan satuan kg, c_p adalah kapasitas panas jenis dengan satuan $\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$, dan ΔT adalah selisih suhu dengan satuan K atau °C.

Konversi ke kWh:

$$E_{kWh} = \frac{Q}{3600} \quad (8)$$

3.6.2 Hitung Massa Cairan (m)

$$m = \rho \text{ (kg/m}^3\text{)} \times V \text{ (m}^3\text{)} \quad (9)$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka:

$$m = 6.400 \times 28,95 = 185.280 \text{ kg}$$

3.6.3 Hitung Energi Panas (Q)

$$Q = m \times cp \times \Delta T$$

$$Q = 185.280 \text{ (kg)} \times 0,9 \text{ (kJ/kg} \cdot \text{K)} \times 605 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$Q = 100.875.840 \text{ kJ}$$

$$EkWh = \frac{100.875.840}{3600} = 28.021 \text{ kWh}$$

Maka, energi total yang dibutuhkan adalah 28.021 kWh.

3.6.4 Daya rata-rata yang digunakan

$$P = \frac{E}{t} \quad (10)$$

$$P_{\text{rata-rata}} = \frac{Q}{\text{Jam}} \quad (11)$$

$$P_{\text{rata-rata}} = \frac{28.021}{5} = 5.604 \text{ kW} = 5,6 \text{ MW}$$

Maka diperlukan 5,6 MW daya panas bersih untuk mencapai suhu target dalam 5 jam.

3.6.5 Kapasitas induktor yang ada

$$S = \text{Jumlah Induktor} \times kVA \quad (12)$$

$$S = 4 \times 450 = 1.800 \text{ kVA}$$

3.6.6 Daya aktif yang tersedia

$$P_{\text{listrik}} = S \times \cos \varphi \quad (13)$$

$$\text{Jika } \cos \varphi = 0,8 \text{ maka } P_{\text{listrik}} = 1,440 \text{ kW}$$

$$\text{Jika } \cos \varphi = 0,9 \text{ maka } P_{\text{listrik}} = 1,620 \text{ kW}$$

Energi panas efektif (memperhitungkan efisiensi 80%):

$$P_{\text{efektif}} = P_{\text{listrik}} \times n$$

$$\text{Jika } \cos \varphi = 0,8 \text{ maka } P_{\text{efektif}} = 1,152 \text{ kW}$$

$$\text{Jika } \cos \varphi = 0,9 \text{ maka } P_{\text{efektif}} = 1,296 \text{ kW}$$

Energi total yang bisa disuplai dalam 5 jam:

$$E_{\text{induktor}} = P_{\text{efektif}} \times 5$$

Jika $\cos \varphi = 0,8$ maka $E_{induktor} = 5,760 \text{ kWh}$

Jika $\cos \varphi = 1$ maka $E_{induktor} = 6,480 \text{ kWh}$

3.6.7 Analisis kecukupan

Energi yang dibutuhkan adalah 28.021 kWh dan Energi maksimum dari induktor adalah 5.760–6.480 kWh.

Persentase pemenuhan energi:

$$\% = \frac{E_{induktor}}{E_{butuh}} \times 100\% \quad (15)$$

Jika $\cos \varphi = 0,8$ maka:

$$\% = \frac{5,760}{28,021} \times 100\% = 20,6 \%$$

Jika $\cos \varphi = 0,9$ maka:

$$\% = \frac{6,480}{28,021} \times 100\% = 23,1 \%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, 4 induktor dengan kapasitas 450 kVA tidak mencukupi, hanya mampu memenuhi ~20–23% energi yang diperlukan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data terkait dengan kinerja dari induktor untuk proses coating, diperoleh beberapa kesimpulan:

- Empat induktor berkapasitas masing-masing 450 kVA (total 1.800 kVA) dengan faktor daya ($\cos \varphi$) 0,8–1 hanya mampu memenuhi 20–23% dari kebutuhan energi pemanasan cairan coating Al-Zn (28,95 m³) untuk mencapai suhu 630°C dalam 300 menit. Total energi yang dapat disuplai induktor hanya 5.760–6.480 kWh, sedangkan kebutuhan mencapai 28.021 kWh.
- Fluktuasi suhu main pot selama operasi dipengaruhi oleh dimensi material baja dan laju produksi. Variasi suhu yang terjadi berpotensi menurunkan kualitas hasil coating apabila tidak diimbangi dengan kapasitas pemanasan yang memadai.
- Penurunan volume cairan rata-rata sebesar 8,05–11,60% setiap 5 jam operasi. Pada skenario ketebalan coating yang lebih tinggi (150 μm), penurunan dapat mencapai 17,03%, sehingga refill cairan diperlukan setiap 3–4 jam untuk menjaga level operasional. Penurunan volume yang tidak di kompensasi dapat memperparah penurunan suhu cairan.
- Faktor penentu kinerja induktor meliputi kapasitas daya, faktor daya ($\cos \varphi$), efisiensi sistem pemanasan induksi, serta laju konsumsi material coating. Kombinasi faktor tersebut menjadi kunci dalam menjaga stabilitas suhu dan kualitas produk.

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu proses penelitian skripsi ini terkhusus Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana dan para dosen pembimbing. Serta perusahaan tempat dilakukan riset dan pengambilan data penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] G. Liu, H. Teng, C. Xu, T. Shang, G. Jiang, and Z. Liu, "Influence of Si contents on the microstructure and corrosion resistance of the Zn-Al-Mg-Si alloys," *Metall. Res. Technol.*, vol. 121, no. 2, 2024, doi: 10.1051/metal/2024003.
- [2] H. Treatment, *Characterization of Metallic Materials: Microstructure, Forming, and Heat Treatment*. 2024. doi: 10.3390/books978-3-7258-1219-6.
- [3] B. T. Sofyan, *Sifat Material*. 2021. [Online]. Available: <http://eprints.itenas.ac.id/id/eprint/1814%0A>
- [4] Y. Dianti, *Ilmu Material Kedokteran Gigi*. 2024. [Online]. Available: [http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB 2.pdf](http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB%202.pdf)
- [5] Pratiwi Dwi Putri, "karakterisasi sifat mekanik dan struktur kaca dengan filler yttrium (Y₂O₃)," *Nucl. Phys.*, vol. 13, no. 1, pp. 104–116, 2023.
- [6] Wahyudi, "Analisa Kekuatan Material Komposit Berpenguat Serat Kulit Tebu Dengan Matriks Resin Polyester Di Tinjau Dari Kekuatan Bending Dan Impek," *Univ. Islam Riau Pekan Baru*, 2021, [Online]. Available: <https://repository.uir.ac.id/8975/>
- [7] M. Syaokani, F. Paundra, F. Qalbina, I. Dwi Arirohman, P. Yunesti, and Sabar, "Desain dan Analisis Mesin Press Komposit Kapasitas 20 Ton," *J. Sci. Technol. Soc. Cult.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–34, 2021.
- [8] M. Sayehi, H. Tounsi, G. Garbarino, P. Riani, and G. Busca, "Reutilization of silicon- and aluminum-containing wastes in the perspective of the preparation of SiO₂-Al₂O₃ based porous materials for adsorbents and catalysts," *Waste Manag.*, vol. 103, pp. 146–158, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.Wasman.2019.12.013.
- [9] W. Tayier, S. Janasekaran, and V. P. Vijayasree, "Evaluation of heat input and bead geometry of zincalume steel (G550) welded joint between metal inert gas (MIG) and laser beam welding (LBW)," *Mater. Today Proc.*, vol. 48, pp. 895–904, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.MATPR.2021.02.494.
- [10] S. M. Z. Islam, A. A. Abang-Abdullah, and M. S. Jafar, "An investigation on structural performance of profiled steel sheet to develop self-supporting roofing system," *Adv. Steel Constr.*, vol. 2, no. 1, pp. 87–108, 2006.
- [11] P. Mörike, Eduard; Scherz, "Practical Electronics for Inventors," 2022. doi: 10.1515/9783112636244-086.
- [12] K. A. As Syukri, D. Perdana, M. I. M. Sulthon, and S. H. Sumarlan, "Analisis Pindah Panas Konduksi dan Konveksi pada Heat Exchanger Evaporator Efek Ganda pada Pengolahan Nira Tebu," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 11, no. 2, pp. 159–171, 2023, doi: 10.29303/jrpb.v11i2.221.
- [13] M. D. Fachri, "Analisis Perpindahan Panas Pada Kondensor Dengan Metode LMTD Pada Pirolisis Ampas Kelapa," vol. 44, no. 2, pp. 8–10, 2021.
- [14] S. Ningsi, "Metode Elemen Hingga Untuk Perpindahan Panas Konduksi Steady State pada Domain 2D dengan Menggunakan Elemen Segitiga," *Saintifik*, vol. 7, no. 2, pp. 146–156, 2021, doi: 10.31605/saintifik.v7i2.336.
- [15] M. J. Cassidy and G. T. Houlsby, "studi eksperimen pengaruh panjang karakteristik (le) terhadap karakteristik perpindahan panas konveksi natural pada pelat datar," pp. 1–13, 2016.
- [16] S. W. I. Alaria, A. H. Mandolang, and P. M. Silangen, "Penerapan Guided Discovery Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Materi Perpindahan Kalor," *Charm Sains J. Pendidik. Fis.*, vol. 4, no. 2, pp. 63–69, 2023, doi: 10.53682/charmsains.v4i2.246.
- [17] E. P. Agency, "Metal Surface Coil Coating - Final Section," *Ap-42*, vol. 81, pp. 4–7, 2020, [Online]. Available: <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch04/index.html>.