

Perbandingan Analisis Penggunaan Immersion Heater dan Indirect Heater pada Mesin Penampung Aluminium Cair

Livythania

Program Studi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: livythania2@gmail.com

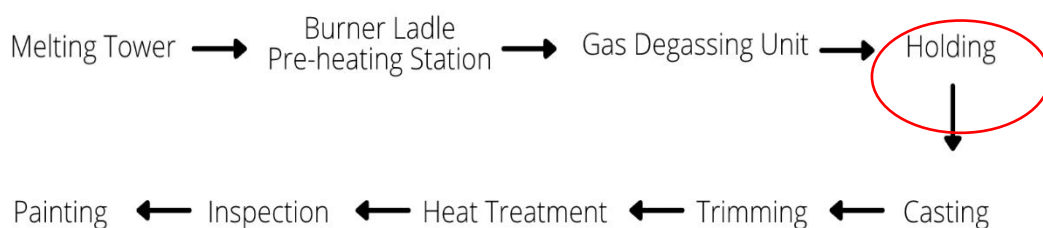
ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa dua sistem pemanas, yaitu immersion heater dan indirect heater, pada mesin penampung aluminium cair dalam proses die casting. Penelitian ini dilakukan selama program magang di PT Nihon Saishin Technology dengan menggunakan metode observasi lapangan, wawancara teknis, serta pengukuran langsung terhadap konsumsi daya listrik dan stabilitas suhu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa immersion heater memiliki keunggulan signifikan dalam efisiensi energi, waktu pemanasan yang lebih cepat, serta kestabilan suhu yang lebih baik. Meskipun biaya pengadaan awalnya lebih tinggi, immersion heater menawarkan penghematan jangka panjang yang signifikan, mencapai efisiensi energi hingga 66% dibandingkan indirect heater. Di sisi lain, indirect heater memiliki keunggulan dalam hal kemudahan perawatan dan keamanan operasional, namun kurang efisien dalam penggunaan energi dan waktu pemanasan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri dalam memilih teknologi pemanas yang sesuai dengan kebutuhan produksi, efisiensi biaya, dan kualitas produk. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat membantu PT Nihon Saishin Technology dalam mengembangkan strategi pemasaran berbasis data teknis yang akurat. Dengan demikian, pemilihan sistem pemanas yang tepat akan berdampak positif terhadap kinerja operasional dan keberlanjutan produksi industri pengecoran aluminium.

Kata kunci: *Immersion heater, Indirect heater, aluminium cair, efisiensi energi, proses die casting.*

1. PENDAHULUAN

Sebagai *one stop solution* pada dunia industri *die casting aluminum*, PT Nihon Saishin Technology mampu menyediakan berbagai keperluan pelanggan dari proses peleburan aluminium, pemanasan tempat penampungan aluminium cair (*holding*), serta proses injeksi untuk pencetakan aluminium sehingga terbentuk produk sesuai dengan cetakan yang ada. Proses aluminium *die casting* dapat kita lihat melalui Gambar 1.



Gambar 1. Diagram proses aluminium *Die Casting*

Proses pemanasan merupakan salah satu tahap krusial dalam industri pengecoran aluminium, di mana aluminium cair harus dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu sebelum dituangkan ke dalam cetakan. Dalam konteks ini, pemilihan metode pemanasan yang efisien dan efektif sangat penting untuk memastikan kualitas produk akhir serta efisiensi energi. Dua metode pemanasan yang umum digunakan dalam industri adalah

pemanas imersi (*immersion heater*) dan pemanas konvensional / tidak langsung (*indirect heater*).

Immersion heater adalah alat pemanas yang direndam langsung dalam cairan, dalam hal ini aluminium cair, sehingga dapat memanaskan cairan secara langsung dan efisien. Sementara itu, *indirect heater*, yang biasanya menggunakan elemen pemanas eksternal, memanaskan cairan melalui konduksi dan konveksi. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan yang dapat dianalisis secara mendalam.

Penggunaan *immersion heater* dapat menawarkan keuntungan dalam hal efisiensi pemanasan dan pengurangan waktu pemanasan, karena pemanasannya dilakukan secara langsung pada cairan. Namun, ada juga tantangan terkait dengan kontrol suhu dan potensi kontaminasi. Di sisi lain, *indirect heater* mungkin lebih mudah dalam hal pengoperasian dan pemeliharaan, tetapi dapat memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai suhu yang diinginkan dan mungkin kurang efisien dalam penggunaan energi [1].

Dalam konteks industri yang semakin kompetitif, analisis perbandingan antara kedua metode ini menjadi sangat penting. Dengan memahami perbedaan dalam efisiensi energi, waktu pemanasan, dan dampak terhadap kualitas aluminium cair, industri dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam pemilihan teknologi pemanasan yang sesuai. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai perbandingan penggunaan *immersion heater* dan *indirect heater* pada mesin penampung aluminium cair, serta implikasinya terhadap efisiensi operasional dan kualitas produk [8].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi energi, stabilitas suhu, dan konsumsi daya listrik antara *immersion heater* dan *indirect heater* dalam aplikasi industri *die casting* terkhusus pada mesin penampungan aluminium cair yang telah dileburkan sebelumnya. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai keunggulan dan keterbatasan kedua sistem pemanas, yang berguna baik untuk PT Nihon Saishin Technology sebagai pemasok maupun bagi pelanggan dalam memilih solusi pemanas yang optimal.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa dari dua sistem pemanas, yaitu *immersion heater* dan *indirect heater*. Penelitian ini dilakukan dalam konteks industri pengecoran aluminium, di mana efisiensi energi dan kualitas produk akhir menjadi faktor krusial.

Penelitian kuantitatif ini menggunakan data numerik yang dikumpulkan melalui pengukuran langsung dan observasi lapangan. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengukur variabel secara akurat, seperti konsumsi daya listrik, suhu, dan waktu pemanasan. Dengan pendekatan ini, analisis data dapat dilakukan secara statistik, sehingga memberikan hasil yang objektif dan dapat diandalkan.

Selain itu, penelitian ini juga bersifat komparatif, di mana kedua sistem pemanas akan dibandingkan berdasarkan kriteria tertentu, seperti efisiensi energi, kecepatan pemanasan, dan kestabilan suhu. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai keunggulan dan kelemahan masing-masing sistem, serta implikasinya terhadap kualitas produk dan efisiensi operasional di industri.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan meliputi:

- Observasi Lapangan: Melakukan pengamatan langsung terhadap proses penggunaan kedua jenis pemanas di lokasi penelitian.
- Wawancara Teknis: Berkomunikasi dengan tenaga ahli dan teknisi di industri untuk mendapatkan informasi mendalam mengenai kinerja dan pengalaman penggunaan pemanas.
- Pengukuran Langsung: Mengukur konsumsi daya listrik dan stabilitas suhu selama operasi.

2.3. Alat Pengumpulan Data

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

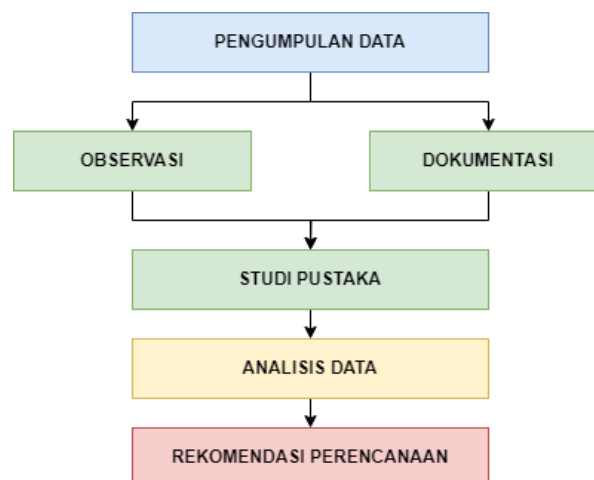
- Sensor Suhu: Untuk mengukur suhu aluminium cair secara akurat selama proses pemanasan.
- Pengukur Daya (Power Meter): Untuk mengukur konsumsi daya listrik dari setiap jenis pemanas.
- Data Logger: Untuk merekam data suhu dan daya secara kontinu untuk analisis lebih lanjut.
- Kuesioner: Untuk mengumpulkan data dari wawancara teknis dengan staf di industri mengenai pengalaman dan kinerja pemanas.

2.4. Teknik Analisa Data

Data yang dikumpulkan akan dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk membandingkan efisiensi energi, waktu pemanasan, dan stabilitas suhu antara kedua jenis pemanas. Analisis biaya-manfaat juga akan dilakukan untuk mengevaluasi keunggulan ekonomis dari masing-masing sistem.

2.5. Diagram Alur Penelitian

Berikut adalah diagram alur yang menunjukkan proses penelitian dari pengumpulan data hingga analisis.

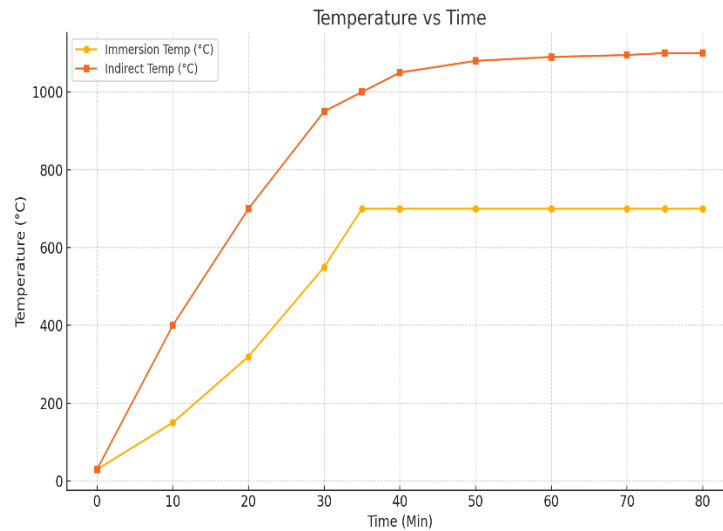


Gambar 2. Diagram alur penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

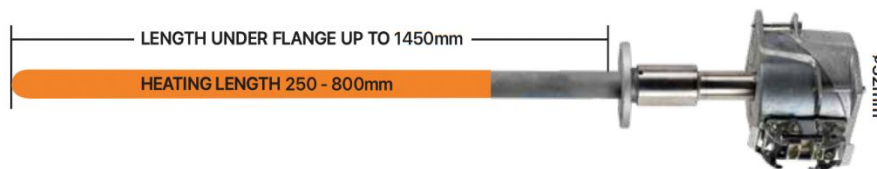
3.1. Hasil Pengamatan dan Data Lapangan

Hasil pengamatan yang dilakukan pada PT. X Indonesia yang semula menggunakan *indirect heater* dan hasil pengamatan setelah menggunakan *immersion heater* merk Atherm dengan tipe Supratherm 32 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Grafik Indirect Heater dan Immersion Heater

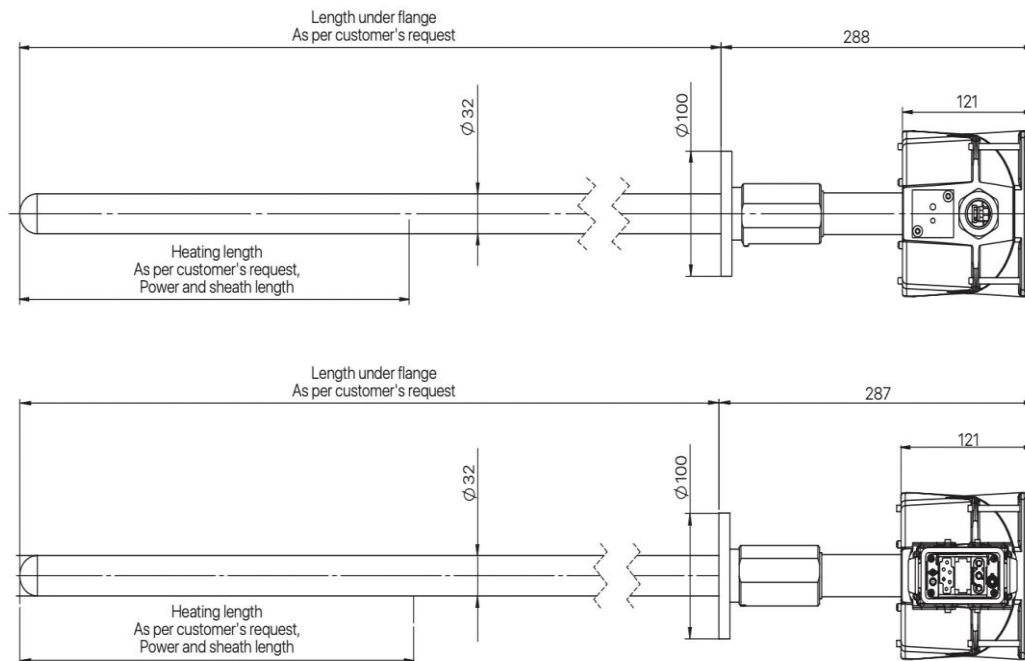
Proses pemanasan menggunakan *immersion heater* menghasilkan dampak efisiensi dari segi waktu serta pengeluaran biaya. Kompensasi suhu yang dibutuhkan *oleh* penggunaan *immersion heater* adalah 5°C [15] sedangkan kompensasi suhu yang dibutuhkan oleh penggunaan *indirect heater* adalah 12°C, hal ini mempengaruhi *set point* suhu yang ingin dicapai dan kualitas kekerasan dari aluminium cair itu sendiri. [9] Gambar aktual produk yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, dan *drawing* 2D pada Gambar 6.



Gambar 4 Indirect Heater milik PT. X Indonesia sebelum terpasang



Gambar 5. Indirect heater setelah dipasang



Gambar 6. *Immersion Heater Drawing 2D*

3.2. Analisis Perbandingan Kinerja

Perhitungan ampere dari *immersion heater* dan *indirect heater* dapat menjadi sebuah acuan pertimbangan. Pada sistem 3 fase dengan daya sebesar 22.5kW, tegangan 380 volt dan *power factor* sebesar 1 maka dapat kita hitung besar nilai amperenya dari rumus sebagai berikut [11],[13].

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V}$$

Maka hasil yang didapatkan adalah

$$I = \frac{22.500}{\sqrt{3} \cdot 380}$$

$$I = \frac{22.500}{1,732 \cdot 380}$$

$$I = \frac{22.500}{658,16}$$

$$I \approx 34,19 \text{ Ampere}$$

Untuk perhitungan *immersion heater*

$$I = \frac{35.200}{\sqrt{3} \cdot 380}$$

$$I = \frac{35.200}{1,732 \cdot 380}$$

$$I = \frac{35.200}{658,16}$$

$$I \approx 53,5 \text{ Ampere}$$

Untuk perhitungan *indirect heater* [12]

Dari hasil perthitungan di atas, dapat diketahui yakni semakin besar nilai ampere atau arus Listrik yang didapat maka semakin besar juga daya Listrik yang dikonsumsi [14]. Hasil pengamatan dan percobaan dari pelaksanaan pemakaian *immersion heater* di PT. X Indonesia dapat dilihat dari Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan dan Percobaan Perbandingan kedua *Heater*

Min	Voltage (V)	Immersion Current (A)	Immersion Power (kW)	Immersion Temp (°C)	Indirect Current (A)	Indirect Power (kW)	Indirect Temp (°C)
0	380	0.0	0.0	30	0.0	0.0	30
10	380	34.19	22.5	150	30.0	21.4	400
20	380	34.19	22.5	320	40.0	27.8	700
30	380	34.19	22.5	550	48.0	32.0	950
35	380	34.19	22.5	700	50.0	33.2	1000
40	380	34.19	22.5	700	52.0	34.4	1050
50	380	34.19	22.5	700	53.0	35.0	1080
60	380	34.19	22.5	700	53.5	35.5	1090
70	380	34.19	22.5	700	53.5	35.5	1095
75	380	34.19	22.5	700	53.5	35.5	1100
80	380	34.19	22.5	700	53.5	35.5	1100

3.3. Cost Benefit Analysis

Meskipun *immersion heater* memerlukan biaya pengadaan awal yang lebih tinggi, namun keuntungan jangka panjangnya mencakup penghematan energi sebesar 66% dibandingkan *indirect heater* dengan perhitungan Gambar 7 [6],[18].

Cost Benefit Analysis				
	indirect heater		immersion heater	
price / item	Rp	2.000.000,00	Rp	10.800.000,00
lifetime		1 tahun		1 tahun
set point		1100 C		700 C
time to set point		75		35 minutes
standby heating at set point		10		10 minutes
Rated power		35.2 kW		22.5 kW
Energy consumption / hour		35.2 kWh		22.5 kWh
Energy consumption / minute		586,7		375 Wh
tarif kWh	Rp	1.600,00	Rp	1.600,00
usage per day		5		5 x
cycle time / usage		85		45 minutes
total cycle per days		425		225 minutes
working days per week		5		5 days
annual minute usages		102000		54000 minutes
Annual energy consumption		59843400		20250000 Wh
		59843,4		20250 kWh
		energy saving		66%
tool cost	Rp	2.000.000,00	Rp	10.800.000,00
harga energi	Rp	95.749.440.000,00	Rp	32.400.000.000,00
total annual cost	Rp	95.751.440.000,00	Rp	32.410.800.000,00
		total saving / year	Rp	63.340.640.000,00

Gambar 7. Cost Benefit Analysis Penggunaan Immersion Heater

Dengan data waktu operasi 5 kali dalam sehari, penggunaan *immersion heater* dapat menghemat energi hingga Rp 63.349.440.000,00 per tahun dalam skala operasional penuh [16].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan, analisis data, serta studi kasus yang dilakukan di PT. X Indonesia, dapat disimpulkan bahwa penggunaan immersion heater pada mesin penampung aluminium cair memberikan keunggulan signifikan dibandingkan dengan indirect heater dalam aspek efisiensi energi, dan kecepatan pemanasan. Immersion heater terbukti mampu memanaskan aluminium cair secara langsung, sehingga meminimalkan kehilangan panas dan mempercepat tercapainya suhu setelan (set point). Hal ini berdampak pada proses produksi yang lebih efisien serta kualitas produk yang lebih stabil dan konsisten. Selain itu, berdasarkan perhitungan konsumsi daya dan analisis biaya-manfaat, immersion heater mampu menghemat energi hingga 66% dibandingkan dengan indirect heater, memberikan penghematan biaya operasional dalam skala industri yang signifikan. Meskipun demikian, immersion heater juga memiliki tantangan, seperti biaya investasi awal yang lebih tinggi dan potensi kesulitan dalam proses pemeliharaan akibat kerak logam yang menempel. Namun, jika dilihat dari sudut pandang jangka panjang, sistem ini lebih ekonomis dan efektif bagi industri die casting, khususnya dalam memenuhi kebutuhan efisiensi dan produktivitas yang semakin tinggi. Dengan demikian, immersion heater dapat direkomendasikan sebagai solusi sistem pemanas yang lebih optimal dalam aplikasi industri pengecoran aluminium, baik dari segi teknis maupun ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Maeda, “High Performance of Al-Melting Furnaces Using Immersion Heaters for Environmental Impact Reduction,” **Environmental Sustainability and Resilience**, 2024.
- [2] Thermcraft Inc., “Heating elements for industrial furnaces,” 2022. [Online]. Available: <https://www.thermcraftinc.com/furnace-heating-elements-overview>
- [3] G. E. Totten, **Steel Heat Treatment Handbook**, Taylor & Francis, 2006. [Online]. Available: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781482293029/>
- [4] ASM International, **ASM Handbook Volume 15: Casting**, 2002. [Online]. Available: <https://www.asminternational.org/>
- [5] T. A. Adeniji, “Evaluation of the Energy Efficiency of an Aluminum Melting Furnace for a Nigerian Cast-Coiled Plant,” **International Journal of Heat and Technology**, Sept. 2021. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/>
- [6] H. Zhang and S. Wang, “Energy Efficiency Technologies for Sustainable Aluminium Production,” **Journal of Cleaner Production**, vol. 162, pp. 361–371, 2017.
- [7] J. H. Lienhard IV, **A Heat Transfer Textbook**, Phlogiston Press, 2011.
- [8] J. A. Duffie and W. A. Beckman, **Solar Engineering of Thermal Processes**, 4th ed., Wiley, 2013.
- [9] H. K. Versteeg and W. Malalasekera, **An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method**, 2nd ed., Pearson, 2007.
- [10] A. O. Raji, “Immersion Heating Elements for Industrial Heat Treatment: A Review,” **International Journal of Heat and Technology**, vol. 39, no. 4, pp. 1101–1107, 2021.
- [11] M. Kutz, **Mechanical Engineers’ Handbook: Energy and Power**, 4th ed., Wiley, 2018.
- [12] T. L. Bergman, **Introduction to Heat Transfer**, 6th ed., Wiley, 2011.
- [13] P. Basu, **Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory**, 2nd ed., Academic Press, 2013.
- [14] Y. A. Cengel and A. J. Ghajar, **Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications**, 5th ed., McGraw-Hill Education, 2015.
- [15] R. K. Rajput, **Heat and Mass Transfer**, S. Chand Publishing, 2006.
- [16] T. D. Eastop and A. McConkey, **Applied Thermodynamics for Engineering Technologists**, 5th ed., Longman, 1993.
- [17] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, and A. S. Lavine, **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**, 7th ed., Wiley, 2011.
- [18] F. Kreith and D. Y. Goswami, **Energy Conversion**, 2nd ed., CRC Press, 2011.