

DESAIN DAN SIMULASI *HEATPIPE WITH SINK* MENGGUNAKAN CFD DALAM  
PROSES KINERJA THERMAL NATURAL COOLING PADA KERETA API

**(DESIGN AND SIMULATION OF HEATPIPES WITH SINKS USING CFD IN THE  
PROCESS OF THERMAL NATURAL COOLING PERFORMANCE ON TRAINS)**

**Fani Mifiantika<sup>(1)</sup>, Widjanarko<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang  
Jl. Soekarno Hatta No.9 Malang

Email: [fanimifiantika@gmail.com](mailto:fanimifiantika@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Analisis *natural cooling* dengan *heat pipe* sangat penting pada *cooling system* dalam komponen *Rectifier* karena efektivitasnya dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan dan implementasinya. Berikut adalah beberapa alasan mengapa analisis diperlukan. Beberapa Faktor Desain, Desain sistem termal yang menggunakan *natural cooling with heat pipes* harus dianalisis untuk memastikan bahwa *heat pipes* dapat menangani beban panas yang dihasilkan oleh komponen elektronik atau perangkat lainnya. Ini melibatkan pertimbangan terkait ukuran, bentuk, dan distribusi panas pada *heat pipes*. Lingkungan Operasional juga memberikan efektivitas *natural cooling* dapat dipengaruhi oleh lingkungan operasional tempat *heat pipes* digunakan. Variabel seperti suhu lingkungan, kelembaban, dan tekanan atmosfer dapat memengaruhi kinerja *heat pipes*. Analisis ini membantu menyesuaikan desain agar sesuai dengan kondisi operasional yang diantisipasi.

Kata kunci: Disipasi panas , *Heatpipe* , *CFD*

## ABSTRACT

*Natural cooling analysis with heat pipes is very important in cooling systems in rectifier components because their effectiveness can be influenced by a number of factors that need to be considered in their design and implementation. Here are some reasons why analysis is necessary. The design of thermal systems that use natural cooling with heat pipes must be analyzed to ensure that the heat pipes can handle the heat load generated by electronic components or other devices. This involves consideration of the size, shape, and heat distribution of heat pipes. The effectiveness of natural cooling can be affected by the operational environment in which heat pipes are used. Variables such as ambient temperature, humidity, and atmospheric pressure can affect the performance of heat pipes. This analysis helps adjust the design to match anticipated operational conditions.*

*Keywords: Heat dissipation, Heat Pipe , CFD*

## PENDAHULUAN

Saat ini, sistem kereta api merupakan salah satu transportasi umum yang berkembang sangat pesat di Indonesia. Dimana kereta api *Hybrid* merupakan jenis kereta api yang menggunakan lebih dari satu sumber energi untuk menggerakkan kendaraan tersebut. Biasanya, kereta api hybrid menggabungkan dua jenis tenaga utama, seperti tenaga listrik dan tenaga diesel. Konsep ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi dampak lingkungan. Oleh karena itu, sistem propulsi kereta api hybrid terdiri dari konverter konversi daya dan motor listrik. Pada awalnya, motor DC digunakan untuk sistem perkeretaapian, namun seiring kemajuan teknologi, motor induksi tiga fasa yang digerakan oleh inverter konvensional sudah tergantikan dengan transistor model *Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)*.

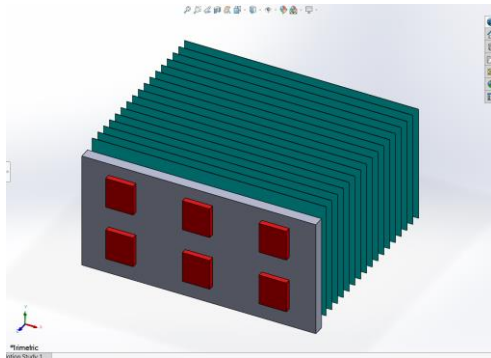
Berdasarkan hal tersebut tegangan DC-link dan daya yang dikeluarkan bernilai tinggi. Bersamaan dengan itu adanya

pembatasan pada frekuensi switching yang mana menimbulkan kehilangan daya yang tinggi sehingga berpengaruh pada kinerja pembuangan panas terkait dengan keandalan pada modul IGBT. Dengan permasalahan tersebut sistem pendingin *Heatpipe with sink* di harapkan mampu memiliki kinerja yang lebih baik daripada sistem pendingin *Heatsink*. Namun pada kenyataannya modul IGBT memiliki tingkat kegagalan yang tinggi dan tercatat untuk *lifetime* yang lebih awal dibandingkan dengan komponen inverter lainnya.

Secara khusus, keandalan sistem perkeretaapian dianggap prioritas tertinggi karena kegagalan pada sistem perkeretaapian dapat menyebabkan ketidaknyamanan publik dan kerugian ekonomi yang besar bagi perusahaan yang mengoperasikannya. Oleh karena itu perlu adanya inovasi terkait dengan permasalahan tersebut.

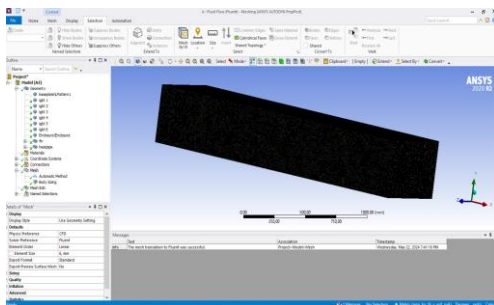
## MATERIAL DAN METODOLOGI

Pada Analisa numeril yang dilakukan menggunakan program aplikasi CFD. Objek penelitian adalah *Heatpipe with sink*. Dengan dua bahan *sink* yang berbeda yaitu aluminium dan tembaga . Tahapan proses simulasi dengan membuat geometri terlebih dahulu.



Gambar 1. Geometri

Kemudian sebelum ke tahap meshing geometri terlebih dahulu menambahkan *enclosure* untuk simulasi kecepatan udara. Setelah itu masuk ke tahap meshing.



Gambar 2. Meshing

Kemudian menetapkan kondisi batas yang meliputi, inlet (Aliran masuk kecepatan udara), outlet (Aliran keluar kecepatan udara), *IGBT (Chip)*, *Baseplate*, *Heatpipe* dan *Sink (Fin)*. Kemudian dilakukan pengaturan setup pada keadaan steady dengan nilai gravitasi 9.81 dengan arah berlawanan terhadap sumbu Y.

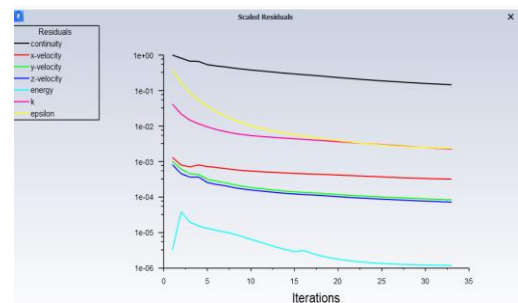
Setelah itu, masuk pada bagian model dengan mengaktifkan model energi dan viscous dengan mengansumsikan aliran turbulen. Menetapkan material solid

dengan dalam heatpipe bahan Tembaga dan Aluminium, baseplate bahan aluminium, IGBT (chip) bahan aluminium. Dan menentukan material Fluid pada Enclosure dengan material Udara. Setelah itu menentukan Boundary kondisi batas, hal ini sangat penting karena sebagai parameter input dalam simulasi. Ada 3 parameter Inlet (aliran masuk udara) , Outlet ( aliran keluar udara) dan IGBT (chip).

Perhitungan penentuan aliran pada simulasi dengan rumus bilangan Reynold (Re) :

$$Re = \frac{V.D}{\mu} = \frac{2 \times 0,008}{1,3 \times 10^{-6}} = 12307$$

Jadi dengan kesimpulan  $12307 > 4000$  sehingga menggunakan aliran Turbulen. Kemudian masuk ke tahap solving yaitu proses pengolahan dan perhitungan. Dengan menentukan jumlah iterasi 1000.



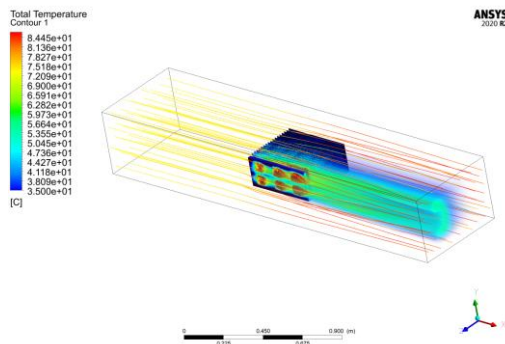
Gambar 3. Iterasi

Masuk pada tahapan terakhir yaitu Post-Processing. Tahap ini hasil dari perhitungan yang berbentuk countur, kurva dan animasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi menunjukkan countur temperatur yang ada di sepanjang displai simulasi. warna menunjukkan perubahan suhu temperatur yang ada di displai simulasi, semakin merah suatu titik maka menunjukkan

temperatur semakin tinggi, sebaliknya jika warna semakin biru maka menunjukkan adanya penurunan suhu pada objek tersebut.

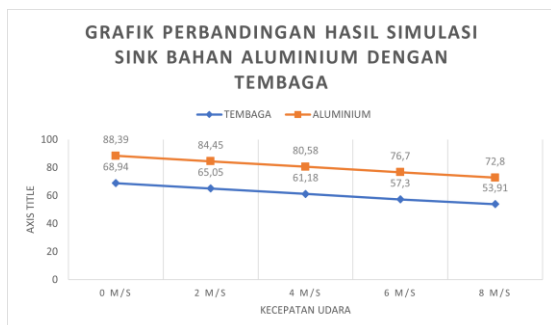


Gambar 4. Hasil Counter Total Temperatur

Tabel 1. Perbandingan total Temperatur

Material Sink	V(m/s)	HD (Watt)	Intake (°C)	T(°C)
Aluminium	0	9000	35	88,39
	2			84,45
	4			80,58
	6			76,70
	8			72,80
Tembaga	0	9000	35	68,94
	2			65,05
	4			61,18
	6			57,30
	8			53,91

Hasil Simulasi dengan variasi kecepatan udara Ketika kecepatan udara meningkat, koefisien perpindahan panas meningkat, yang menyebabkan peningkatan laju perpindahan panas. Ini menyebabkan permukaan menjadi memiliki penurunan suhu yang lebih cepat



Gambar 5. Grafik Perbandingan

## KESIMPULAN

1. *Computational Fluid Dynamics (CFD)* adalah metode yang kuat untuk menganalisis aliran fluida, perpindahan panas, dan proses terkait lainnya. Dimana Langkah-langkah untuk mensimulasikan adalah sebagai berikut, persiapan geometri dengan solidwork dan kemudian file di export ke bentuk stp kemudian diedit menggunakan ansys spaceclaim. Setelahnya lalu masuk ke program meshing agar membagi geometri menjadi elemen-elemen mesh yang lebih kecil. Lalu lakukan setting pada program setup di ansys fluent masukan variabel-variabel sesuai dengan yang diinginkan . Masuk tahap running simulasi tentukan jumlah iterasi kemudian jika hasil sudah convergen masuk ke tahap terakhir yaitu post-processing untuk menentukan hasil simulasi.
2. Hasil Simulasi dengan variasi kecepatan udara Ketika kecepatan udara meningkat, koefisien perpindahan panas meningkat, yang menyebabkan peningkatan laju perpindahan panas. Ini menyebabkan permukaan menjadi memiliki penurunan suhu yang lebih cepat.
3. Dari hasil simulasi diatas menggambarkan bahwa sink (sirip) yang terbuat dari tembaga memiliki sifat yang lebih efektif dalam menurunkan suhu dibandingkan dengan terbuat dari aluminium

karena sifat-sifat termal yang unggul dari tembaga.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adib Johan, F., Mufarida, A., N, A. E., Mesin, P. T., Teknik, F., & Jember, U. M. (2016). Analisis Laju Perpindahan Panas Radiasi Pada Inkubator Penetastelur Ayam Berkapasitas 30 Butir. *J-Proteksion, Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, 01, 28–36.
- Ahmed, A., Mehdi, N., & Amir Sajjad, B. (2021). A Review on IGBT Module Failure Modes and Lifetime Testing. *Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada*, 9.
- Albana, M. H. (2021). *Analisis Numerik Aliran Fluida di Sekitar Silinder Sirkular dengan Menggunakan Diskritisasi Order yang Berbeda*. May.
- Baha'ullah, R. Y., & Imron, C. (2016). *Simulasi Numerik Aliran Fluida pada Saluran T-Junction 90: PLTA Tulungagung*. 5(2).
- Bizzy, I., Setiadi, R., Mesin, J. T., Teknik, F., Sriwijaya, U., Raya, J., & Km, P. (2013). Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Dengan Program Heat Transfer Research INC. ( HTRI ). *JURNAL REKAYASA MESIN*, 13(1), 67–77.
- Daniel, P. (2019). *Analisis Pengaruh Luas Sirip Alat Penukar Kalor Terhadap Pengkondisian Suhu Ruang Dengan Memanfaatkan Penampung Air Skala Model*.
- Dharma, U. S., & Galih, P. (2012). Pengaruh Perubahan Laju Aliran Terhadap Tekanan Dan Jenis Aliran Yang Terjadi Pada Alat Uji Praktikum Mekanika Fluida. *TURBO*, 1(2).
- Farel H. Napitupulu. (2018). Rancang Bangun Alat Penukar Kalor Shell And Tube Dengan Satu Lualan Cangkang Dan Dua Lualan Tabung Sebagai Pemanas Air TALENTA Conference Series Rancang Bangun Alat Penukar Kalor Shell And Tube Dengan Satu Lualan Cangkang Dan Dua Lualan Tabung Sebagai Pem. *ST Conference Series*, 1(2), 115–134.
- Ghorbani, N., Taherian, H., & Mirgolbabaee, H. (2010). *An experimental study of thermal performance of shell-and-coil heat exchangers An experimental study of thermal performance of shell-and-coil heat exchangers ☆. August*. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2010.02.001>
- Idham, M. (2021). *Prototype Arrestor Sebagai Penghambat Flashback Fire Gas Hidrogen Dengan Bahan Pengisi Logam (Cu, Fe, Stainless steel, dan Al)*.
- Irsyad, M., Wardono, H., Akmal, M., & Yulian, M. (2018). Karakteristik Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Berisi Material Fasa Berubah Pada Proses Pembekuan. *Prosiding Semnas SINTA FT UNILA*, 1(1993), 307–311.
- Istanto, T., & Juwana, E. (2010). Karakteristik Perpindahan Panas dan

- Penurunan Tekanan Sirip- sirip Pin Silinder Tirus Susunan Segaris dan Selang-seling dalam Saluran Segi Empat. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 58–64.
- Maha, Y., Surbakti, K., Ambarita, H., Mesin, J. T., & Utara, U. S. (2012). Rancang Bangun Inkubator Bayi Dengan Menggunakan Phase Change Material Sebagai pemanas Ruang Inkubator Bayi. *Jurnal E-Dinamis*, 3(3), 196–202.
- Mukhlisin, A., & Erwin, E. (2022). *Rancang Bangun Smoke Generator pada Kecepatan Angin Rendah dengan Wind Tunnel Rangkaian Terbuka Smoke Generator Design at low Wind Speed with Open Circuit Wind Tunnel*. 4, 81–88.
- Novianarenti, E. (2016). Pengaruh Penambahan Plat Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Lokal pada Surface Condenser PLTU Paiton. *R.E.M. (Rekayasa, Energi, Manufaktur) Jurnal*, 1(2), 21–27.
- Purwadi, P. K. (2008). Efisiensi Dan Efektivitas Sirip Longitudinal Dengan Profil Siku Empat Keadaan Tak Tunak Kasus 2D. *Seminar Nasional Aplikasi Sains Dan Teknologi*, 25–30.
- Rasmajaya, I. N. G., Septiadi, W. N., & Murti, M. R. (2018). *Analisis Kinerja Thermal Sistem Heat Pipe Air Conditioning ( Hpac ) Dengan Sirip Dan Tanpa Sirip Yang Dipasang Secara Vertikal*. 7(4).
- Riupassa, H., & Girik, W. (2019). Analisis Konveksi Alami Dan Paksa Dengan Variasi Material. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Rokhimi, I. N., & Pujayanto. (2015). Alat Peraga Pembelajaran Laju Hantaran Kalor Konduksi. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 6, 270–274.
- Santoso, D. A., Panas, P. P., & Reynold, B. (2017). *Analisis Koe sien Perpindahan Panas Konveksi dan Distribusi Temperatur Aliran Fluida pada Heat Exchanger Counter ow Menggunakan Solidworks Pendahuluan Tinjauan Pustaka Heat Exchanger Counter ow*. 16(September), 161–166.
- Sarah, M. (2011). Komputasi Distribusi Suhu Menggunakan Metode Line Successive Overrelaxation (LSOR) Melalui Pendekatan Beda Hingga Dalam Bahasa Pemrograman MATLAB. *QUANTUM, Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 2(1), 53–60.
- Stefanus Fendy Pradana, Marausna, G., & Jayadi, F. (2021). Studi Eksperimental Heat Transfer Pada Heat Exchanger dengan Metode Pasif Guna Mengatasi Icing Pada Piston Engine. *Teknika STTKD : Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 7(1).
- Sudirman. (2015). *Karakteristik Drag Pada Silinder Dengan Annular Fin Dengan Variasi jarak Antar Fin*.
- Supriyono. (2005). Aplikasi metode elemen hingga untuk perhitungan perambatan panas pada kondisi tunak. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, Snati*.
- Yulianto, S., Maghfurah, F., & Qadri, M.

(2015). Perencanaan Jumlah Tube Sebuah Alat Penukar Kalor Pada Saat Beda Temperatur Rata-Rata 20% Lebih Tinggi Dari Disain Rancangan. *Prosiding Semnastek*, 1–4.

Zohuri, B. (2019). *Heat Pipe Applications in Fission Driven Nuclear Power Plants*. Springer International Publishing.

[https://www.google.co.id/books/edition/Heat\\_Pipe\\_Applications\\_in\\_Fission\\_Driven/PzuIDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=0](https://www.google.co.id/books/edition/Heat_Pipe_Applications_in_Fission_Driven/PzuIDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=0)