



METODE CFD UNTUK PENGOLAHAN DATA PENGUKURAN TEMPERATUR DAN ANALISIS DISTRIBUSI TEMPERATUR RUANGAN KRDE

D. Z. Baliska¹, R. M. Bisono^{2*}, A. T. A. Salim³, S. Sulistyono⁴, R. T. Nurdiansyah⁵

^{1, 2, 3}Jurusan Teknik, Program Studi Perkeretaapian Politeknik Negeri Madiun, Madiun 63133

⁴Jurusan Teknik, Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Politeknik Negeri Malang, Malang 65141

⁵Divisi Teknologi, Departemen Engineering PT INKA, Madiun 63122

Email: ¹daffapolem21@gmail.com, ²mekar@pnm.ac.id, ³alfitranggono@pnm.ac.id, ⁴sulistyono@polinema.ac.id, ⁵rahardian.titus@inka.co.id

*Corresponding Author

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 04/08/2022
Naskah Direvisi 10/02/2023
Naskah Disetujui 29/06/2023
Naskah Online 30/06/2023

ABSTRACT

Temperature to increase the comfort of train passengers. The temperature is conditioned by Air Conditioning (AC) which has a standard for the comfort of train passengers. Good temperature is regulated by the Minister of Transportation Regulation Number 175 of 2015 between 22 °C to 26 °C. This research correlates with the design and calibration of the SMD-22 (Smart Measurement Device-22) on the Electric Diesel Rail Train (KRDE). The problem of temperature distribution research is not yet known visually. The research solution is to analyze the temperature distribution using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method with CFD software. The research objectives were to analyze the temperature distribution of eight test points at KRDE, analyze the distribution of room temperature at KRDE, and analyze the comparison of temperature values for simulation and experimental data collection. Temperature distribution results Eight KRDE data retrieval simulation points found a buoyant force at a distance of 7.76 meters in the Z axis direction. The results of the analysis of the distribution of KRDE room temperature were feasible at 25.20 °C. And 25.20 °C from the calculation of room temperature and the human body. The result of the largest temperature value is due to the large number of human bodies in the middle of the train. While the results of the comparative analysis of the CFD temperature simulation values are close to the experimental values, with the smallest error value of 1.0 %-point F. While the largest error is 12.6 %-point G and 8.1%-point C. The large error value because the simulated heat source is not taken into account. The average error value is 5.3 %, so the simulation and experimental comparison error values are within the permissible limits.

Keywords: AC, CFD, temperature distribution, comfort, KRDE

1. PENDAHULUAN

Kereta api salah satu moda transportasi memiliki kapasitas angkut skala besar dan terintegrasi antar kota maupun provinsi. Hal tersebut menjadikan kereta api memiliki kelebihan dari segi keandalan dengan tingkat efisiensi yang baik [1]. Pada rentang waktu 5 (lima) tahun jumlah penumpang kereta api mengalami lonjakan dari tahun 2015 hingga 2019 [2]. Sehingga industri perkeretaapian berupaya mengembangkan inovasi dan teknologi modern.

Temperatur ruangan kereta api menjadi salah satu faktor menentukan kenyamanan penumpang. Temperatur seringkali mengalami perubahan. Perubahan tidak hanya ditentukan kondisi sekitar dan cuaca tetapi juga ditentukan ruang serta kinerja mesin pendingin [3]. Temperatur diatur dalam

Peraturan Menteri Perhubungan no. 175 tahun 2015 tentang standar spesifikasi teknis kereta api, *Air Conditioning (AC)* memiliki tingkatan temperatur baik antara 22 °C hingga 26 °C [4].

Realita di lapangan menunjukkan bahwa distribusi temperatur kereta api kurang mendukung apabila dilakukan secara visual. Metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dapat menggambarkan distribusi temperatur dalam ruangan secara kuantitatif, efektif, dan akurat [5].

Pengambilan data temperatur dilakukan melalui eksperimen. Pengambilan data eksperimen ruangan kereta terdapat delapan titik dengan letak berbeda. Keseluruhan titik pengujian, nilai temperatur diambil data melalui alat *SMD-22*. Hasil pengambilan data eksperimen alat *SMD-22*

dilakukan tahap kalibrasi dengan kalibrator berstandar pabrik. Sehingga data alat *SMD-22* dapat diperoleh nilai *output* temperatur sesuai dengan kalibrator.

Penelitian ini membahas simulasi *CFD* untuk analisis distribusi temperatur di KRDE. Selanjutnya dibandingkan dengan data eksperimen hasil pengujian alat *SMD-22* terkalibrasi. Dalam tahapan simulasi dilakukan penyederhanaan model geometri kabin KRDE untuk memudahkan saat proses *meshing*. Keseluruhan tahapan dalam melakukan simulasi dibantu *software* simulasi *CFD*.

Perbandingan hasil data eksperimen dan simulasi ditemukan eror besar dengan nilai 8 % dan yang terkecil 0,4 %. Dari validasi data penelitian menunjukkan bahwa nilai eksperimen dan simulasi menunjukkan kemiripan [6].

Hasil simulasi *CFD* untuk menganalisis distribusi temperatur bagian ruangan kereta dilakukan pemotongan atau membuat *plane* bidang *YZ* dan *YZ* pada simulasi. Sehingga dapat merepresentasikan kondisi tengah serta bagian bangku penumpang dapat terlihat hasil distribusi temperaturnya dengan mudah [7].

Geometri *human body* memiliki pengaruh besar terhadap distribusi kecepatan udara di dalam kendaraan. Meskipun bentuk dari *human body* tidak dibuat secara detail karena akan mempengaruhi proses simulasi [8].

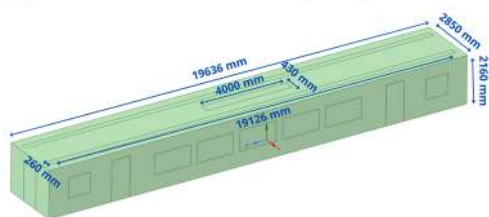
Melalui uraian sebelumnya, dapat memberikan gambaran peneliti akan menganalisis temperatur ruangan dengan proses simulasi menggunakan metode *CFD*. Analisis simulasi distribusi temperatur dibandingkan dengan alat ukur *SMD-22* melalui pengambilan data eksperimen sebagai validasi. Proses simulasi digunakan beban *human body* disesuaikan dengan proses eksperimen. Beban *human body* berjumlah 10 dan penuh. Pengambilan data eksperimen pada ruangan KRDE berlokasi di PT INKA dengan kondisi statis. Pengaturan *AC* melalui *Train Control Management System* (*TCMS*) dengan nilai 24 °C. *TCMS* untuk mengatur dan memantau semua sistem dan fungsi misalnya pintu, rem, *AC*, dan lainnya [9]. Proses simulasi diasumsikan tidak ada beban radiasi matahari dan tidak mengukur nilai temperatur eksternal KRDE.

2. METODE PENELITIAN

Langkah penelitian direncanakan demi tercapainya penelitian efektif. Metodologi penelitian memuat informasi sesuai topik.

2.1 Kereta Rel Diesel Elektrik Rangkaian M

Kereta Rel Diesel Elektrik (KRDE) salah satu kereta diproyeksikan menjadi kereta bandara. Susunan KRDE yaitu *TeC1 – M – T – TeC2* [10]. Penelitian simulasi *CFD* menggunakan salah satu rangkaian KRDE yaitu *Motorized Car (M)*. Rangkaian *M* merupakan susunan kereta dengan roda penggerak. Geometri KRDE seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Geometri KRDE Rangkaian M

Berdasarkan Gambar 1, dimensi geometri KRDE rangkaian *M* seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Dimensi KRDE Rangkaian M

No	Nama	Dimensi
1	KRDE Rangkaian M	
	• Panjang	19.636 mm
	• Lebar	2.160 mm
	• Tinggi	2.850 mm
2	Inlet	
	• Panjang	19.126 mm
	• Lebar	260 mm
3	Outlet	
	• Panjang	4000 mm
	• Lebar	430 mm

Tabel 1 menunjukkan dimensi KRDE rangkaian *M*. Dimensi KRDE merupakan hasil pengukuran bagian *carbody*, *inlet*, dan *outlet* dari KRDE. Pengukuran dimensi menggunakan alat *laser distance* meter.

2.2 Alat dan Bahan

Proses penelitian dibutuhkan alat bantu sebagai penunjang menyelesaikan riset meliputi:

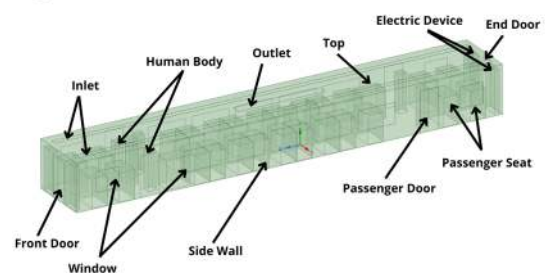
- Software* simulasi *CFD*.
- Alat ukur jarak *laser distance meter*.
- Alat ukur temperatur *SMD-22*.
- Alat ukur temperatur *thermogun*.
- Alat ukur kecepatan udara *Anemometer*.

Selain alat, proses penelitian diperlukan bahan yang akan di uji dan di analisa antara lain:

- Desain 2D KRDE Rangkaian *M*.
- Dimensi Ruang KRDE Rangkaian *M*.
- Data temperatur 8 titik ruang KRDE melalui pengambilan data alat *SMD-22*.
- Temperatur yang digunakan *inlet* kiri 20,15 °C dan *inlet* kanan 21,725 °C.
- Kecepatan udara yang digunakan *inlet* kiri 1,3775 m/s dan *inlet* kanan 1,0175 m/s.
- Kecepatan udara pada *outlet* yaitu 0 atau *adiabatic* dan temperatur *default* bernilai 26,75 °C.
- Tekanan udara yang digunakan yaitu 1 atm.

2.3 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah metode untuk memahami fenomena-fenomena fisis di sekitar benda uji dan di dalam benda uji [11]. Proses simulasi *CFD* terdiri 5 tahapan yaitu geometri, *meshing*, *setup*, *solution*, dan *result* [12]. Pembuatan geometri KRDE rangkaian *M* menggunakan *software CFD*. *Boundary condition* KRDE rangkaian *M* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Boundary Condition KRDE Rangkaian M

Berdasarkan Gambar 2, *Inlet* merupakan saluran udara untuk memasukkan udara dari *AC* menuju ke dalam ruangan KRDE rangkaian *M*. Lalu *Outlet* merupakan saluran udara untuk mengeluarkan udara dari ruangan KRDE rangkaian *M*. Sedangkan *Wall* untuk batas fluida yang disimulasikan meliputi *Top* merupakan bagian atas, *Sidewall* merupakan bagian samping, *Front door* bagian depan, *End door* bagian belakang. *Passenger door*, *Passenger seat*, *Electric Device*, *Window* merupakan bagian interior kereta. Sementara itu *human body* merupakan manusia yang melakukan pengujian eksperimen. Sedangkan pengaturan parameter simulasi *CFD* seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaturan Parameter Simulasi *CFD*

No	Parameter Simulasi <i>CFD</i>	Pengaturan Kondisi
1	Type of mesh	Poly-hexcore
2	Velocity Inlet	Inlet 1: 1,0175 m/s Inlet 2: 1,3775 m/s
3	Temperature Inlet	Inlet 1: 21,725 °C Inlet 2: 20,15 °C
4	Operating Pressure	1 atm
5	Operating Temperature	24 °C
6	Time Step	Steady
7	Viscous Model	SST k-omega
8	Method	Pressure-based coupled
9	Solution Initializaiton	Hybrid Initialization
10	Number of Iteration	1000 iterasi

Tabel 2 menunjukkan pengaturan parameter simulasi *CFD* KRDE rangkaian *M*. Parameter yang dimasukkan akan mempengaruhi hasil simulasi *CFD*. Hal tersebut dikarenakan terdapat penambahan atau perubahan variabel fisika.

2.4 Persamaan Bousiness Approximation

Menurut *bousiness approximation* untuk gaya angkat bisa disederhanakan, dengan pendekatan atau *equal*. Terdapat koefisien ekspansi panas (β) supaya fluida didalam ruangan dapat berekspansi atau lebih besar dan mengembang. Gaya angkat juga setara dengan T_0 (temperatur referensi) dengan nilai rata-rata serta dikalikan dengan gravitasi.

Gaya angkat (*buoyancy force*) dikarenakan gravity tahapan setup diaktifkan. *buoyancy force* akibat perbedaan temperatur manusia yakni panas (37 °C) dengan temperatur ruangan (kisaran 18 °C). Dikarenakan ada perbedaan temperatur antara *human body* dengan ruangan, lalu mengakibatkan gaya *buoyancy force*. Fenomena tersebut terjadi karena ada udara panas di manusia lalu udara disekitarnya menjadi mengembang.

Menurut *Bousiness Approximation*, gaya angkat dapat disederhanakan melalui pendekatan dengan tanda *equals* (\approx). Rumus gaya angkat seperti pada persamaan 1.

$$\frac{\rho g}{\rho_0} \approx [1 - \beta(T - T_0)] \quad (1)$$

Keterangan :

ρg = gaya angkat (kg/m^3)

β = koefisien ekspansi panas ($1/k$)

T = Temperatur ruangan (°C)

T_0 = Temperatur referensi (°C)

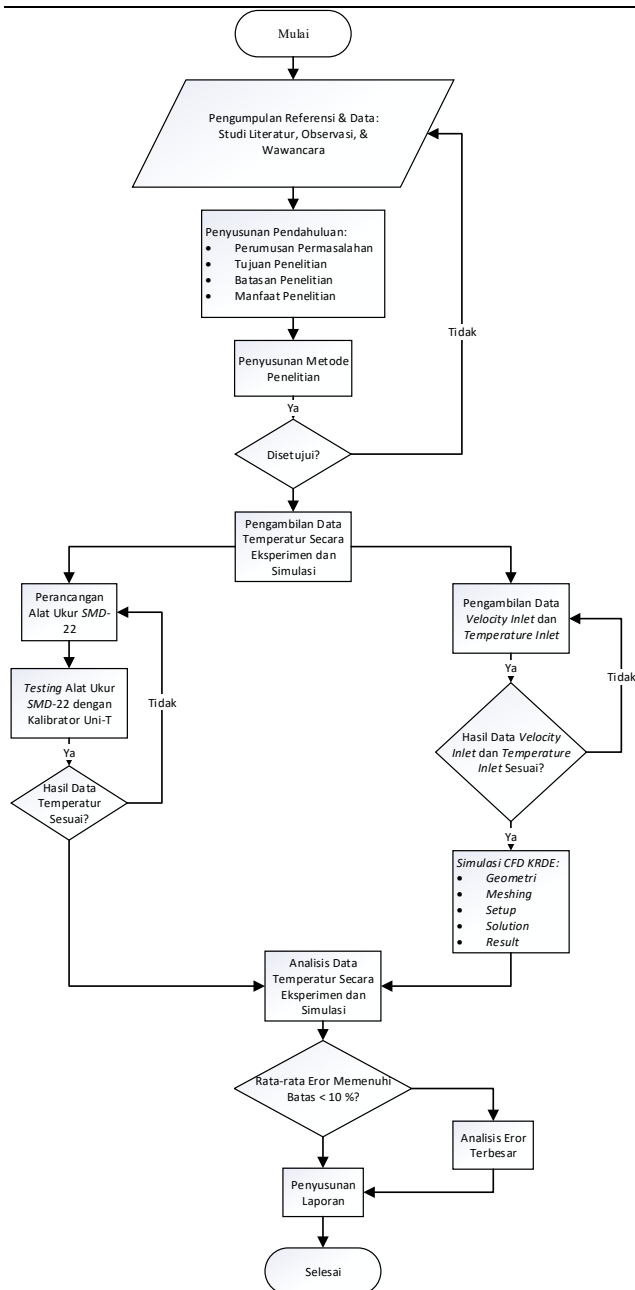
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Pada koefisien ekspansi panas (β) biasanya bernilai 0.0034 1/k. sedangkan temperatur referensi (T_0) berdasarkan temperatur rata-rata yang ada pada ruangan. Lalu untuk T justru akan dicari, dinamakan dengan temperatur lokal [13].

2.5 Diagram Alir Penelitian (Flowchart)

Tahapan penelitian diawali dengan langkah mulai dan diakhiri dengan langkah selesai. Tahapan awal meliputi studi literatur, observasi, wawancara hingga proposal disetujui dalam seminar proposal.

- a. Studi Pendahuluan
 Penelitian dimulai dengan studi pendahuluan melalui studi literatur, observasi, wawancara, dan sumber lain yang relevan. Studi literatur merupakan metode pengumpulan jurnal penelitian dan buku penunjang. Observasi sebagai metode pengamatan untuk memperoleh informasi dengan mengamati secara langsung. Wawancara adalah proses diskusi maupun konsultasi secara langsung kepada pihak terkait.
- b. Perumusan Pendahuluan
 Tahap awal perumusan pendahuluan dimulsi dengan rumusan masalah. Rumusan masalah untuk menentukan focus analisis penelitian. Selain rumusan masalah dirumuskan tujuan penelitian dan batasan penelitian.
- c. Penyusunan Metode Penelitian
 Penyusunan metode penelitian dilakukan secara runtut dan sistematis. Metode penelitian berisikan alat dan bahan yang digunakan, objek yang diteliti, metode yang digunakan, serta diagram alir penelitian.
- d. Pengambilan Data Eksperimen dan Simulasi
 Pengambilan data dimulai dari merancang alat ukur temperatur *SMD-22*. Alat ukur dibuat secara nirkabel dengan 8 *transmitter* untuk melakukan pengambilan data berjumlah 8 titik. Alat ukur *SMD-22* dikalibrasi dengan alat ukur Uni-T hingga nilai temperatur mendekati sama. Selain itu proses simulasi dengan merancang geometri, *meshing*, *setup*, *solution*, dan *result*.
- e. Analisis Data Eksperimen dan Simulasi
 Hasil pengambilan data eksperimen yang telah dikalibrasi dan hasil simulasi *CFD* pada KRDE dilakukan analisis. Pada penelitian ini menggunakan pendekatan perbandingan serta dicari nilai eror.
- f. Kesimpulan
 Hasil penelitian disimpulkan berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun. Kesimpulan penelitian mampu memberikan saran maupun masukan mengenai hasil analisis distribusi temperatur KRDE rangkaian *M*. Hasil diagram alir penelitian seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Gambar 3 menunjukkan hasil diagram alir penelitian ini. Tahapan akhir merupakan analisis data temperatur secara eksperimen dan simulasi. Hingga paling akhir penyusunan laporan.

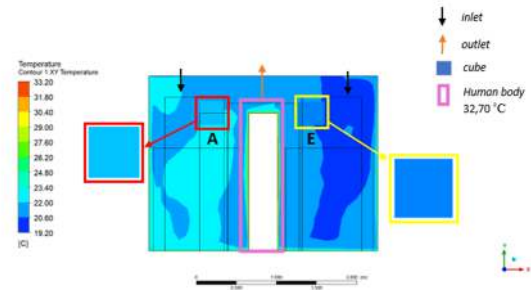
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dibagi menjadi tiga meliputi, kontur temperatur 8 titik pengujian KRDE, kontur temperatur ruangan KRDE, dan perbandingan hasil nilai temperatur simulasi dan eksperimen.

3.1 Kontur Temperatur 8 Titik Pengujian KRDE

Berdasarkan hasil simulasi diketahui kontur temperatur tiap *cube*. Lokasi kontur temperatur dikelompokkan berdasarkan jarak pengujian diterapkan. Grafik temperatur sebelah kiri objek ditunjukkan nilai minimal dan maksimal dari temperatur. Nilai minimal temperatur sebesar 19,20 °C

berdasarkan masukkan beban *thermal* pintu belakang pada *boundary condition*. Sedangkan nilai maksimal temperatur sebesar 33,20 °C berdasarkan masukkan salah satu beban *human body* tertinggi pada *boundary condition*. Gambar 4 menunjukkan area kontur temperatur jarak 7,76 meter.



Gambar 4. Kontur Temperatur Daerah Titik A dan E

Gambar 4 menunjukkan posisi *plane XY* terdapat *cube* A dan E jarak 7,76 meter arah sumbu Z. *Plane XY* temperatur lebih tinggi daerah *cube* A dengan nilai rata-rata 21,20 °C. Nilai rata-rata kontur temperatur *plane XY* berdasarkan hasil kalkulasi nilai temperatur *cube* A 21,70 °C dan *cube* E 20,70 °C. Nilai temperatur *cube* A dan E dibuktikan melalui indikasi warna Gambar 6 dengan panah berwarna merah dan kuning. Dapat terlihat Gambar 7 *human body* cenderung temperatur menyebar ke atas, hal ini dikarenakan memiliki *buoyancy force* yaitu temperaturnya lebih tinggi (panas) dengan nilai 32,70 °C daripada temperatur ruangan KRDE dengan nilai 24 °C. *Buoyancy force* pada persamaan 2.

$$\frac{\rho_g}{\rho_0} \approx [(1 - \beta(T - T_0))] g \quad (2)$$

$$1,225 \approx [(1 - 0,0034(T - 24))] 9,81$$

$$1,225 \approx [(0,9966(T - 24))] 9,81$$

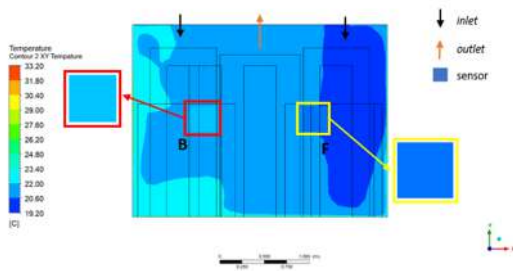
$$1,225 \approx [0,9966 T - 23,9184] 9,81$$

$$1,225 \approx 9,776646 T - 234,639504$$

$$1,225 \approx 9,776646 T = 234,639504$$

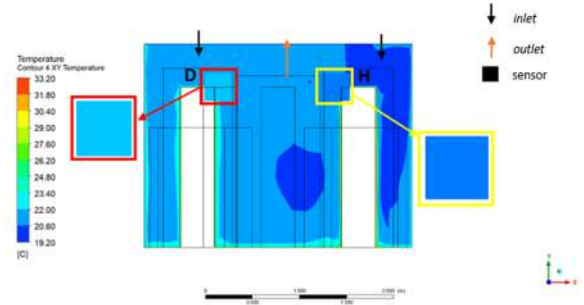
$$1,225 \approx T = 24 \text{ °C}$$

Persamaan 2 merupakan *buoyancy force* [13]. Hasil persamaan menunjukkan nilai temperatur referensi dengan nilai 24°C. Sedangkan Gambar 5 menunjukkan area kontur temperatur pada jarak 3,96 meter dari titik sumbu Z.



Gambar 5. Kontur Temperatur Daerah Titik B dan F

Gambar 5 menunjukkan posisi *plane XY* terdapat *cube B* dan *F* dengan jarak 3,96 meter arah sumbu *Z*. *Plane XY* temperatur lebih tinggi daerah *cube B* dengan nilai rata-rata 21,25 °C. Nilai rata-rata kontur temperatur *plane XY* berdasarkan hasil kalkulasi nilai temperatur *cube B* 22°C dan *cube F* 20,50 °C. Daerah titik *B* dan *F* tidak tertangkap fenomena apapun, hal ini dikarenakan terletak diantara *passenger seat*. Nilai temperatur pada *cube B* dan *F* dibuktikan melalui indikasi warna pada Gambar 5 dengan panah berwarna merah dan kuning. Gambar 6 menunjukkan area kontur temperatur jarak 0 arah sumbu *Z*.

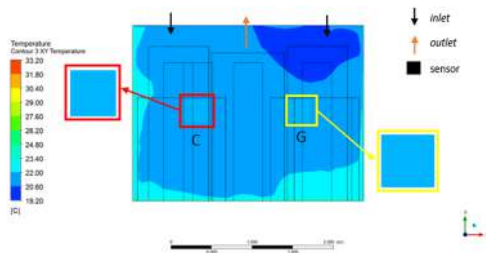


Gambar 7. Kontur Temperatur Daerah Titik D dan H

Gambar 7 menunjukkan posisi *plane XY* terdapat *cube D* dan *H* dengan jarak -5.1 meter arah sumbu *Z*. *Plane XY* temperatur lebih tinggi daerah *cube D* dengan nilai rata-rata 21,35 °C. Nilai rata-rata kontur temperatur *plane XY* berdasarkan hasil kalkulasi nilai temperatur *cube D* 21,90 °C dan *cube H* 20,80 °C. Nilai temperatur *cube D* dan *H* dibuktikan melalui indikasi warna pada Gambar 7 dengan panah berwarna merah dan kuning.

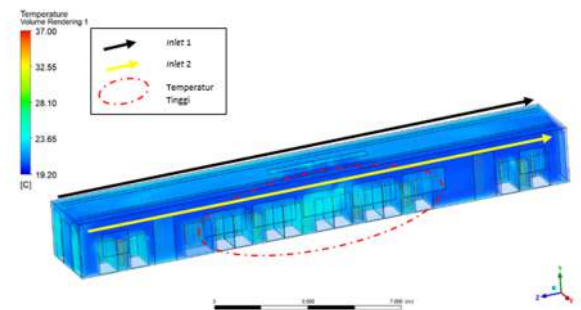
3.2 Kontur Temperatur Ruang KRDE

Berdasarkan hasil simulasi ruangan KRDE rangkaian *M*, dianalisis menggunakan tampilan *volume rendering* yang bertujuan untuk mengetahui persebaran temperatur di dalam ruang kereta. Analisis distribusi temperatur juga ditampilkan melalui kontur dengan *plane XZ* untuk mengetahui secara terperinci daerah dengan temperatur tertinggi.



Gambar 6. Kontur Temperatur Daerah Titik C dan G

Gambar 6 menunjukkan posisi *plane XY* terdapat *cube C* dan *G* dengan jarak 0 arah sumbu *Z*. *Plane XY* temperatur lebih tinggi daerah *cube B* dengan nilai rata-rata 21,65 °C. Nilai rata-rata kontur temperatur *plane XY* berdasarkan hasil kalkulasi nilai temperatur *cube C* 21,70 °C dan *cube F* 21,60 °C. Daerah titik *C* dan *G* tidak tertangkap fenomena apapun, hal ini dikarenakan terletak diantara *passenger seat*. Nilai temperatur pada *cube C* dan *G* dibuktikan melalui indikasi warna Gambar 6 dengan panah berwarna merah dan kuning. Lalu pada Gambar 7 menunjukkan area kontur temperatur pada jarak -5.1 meter arah sumbu *Z*.

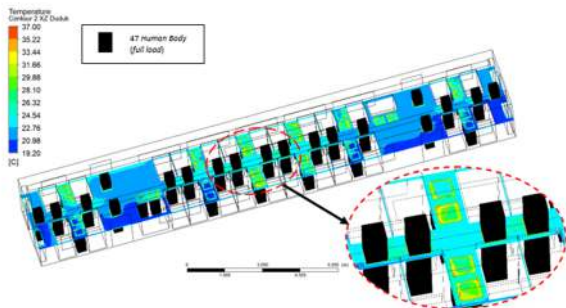


Gambar 8. Hasil Kontur Temperatur Ruang KRDE

Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi distribusi temperatur ruangan KRDE rangkaian *M* dengan tampilan *volume rendering*. Grafik temperatur sebelah kiri objek menunjukkan nilai minimal dan maksimal temperatur. Nilai minimal temperatur sebesar 19,20 °C berdasarkan masukkan beban *thermal* pintu belakang *boundary condition*. Sedangkan nilai maksimal temperatur sebesar 37 °C berdasarkan semua masukkan beban berjumlah 47 *human body boundary condition*.

Pada hasil *volume rendering* ditunjukkan bahwa KRDE rangkaian *M* terdapat perbedaan warna bagian *inlet 1* dengan panah warna hitam dan *inlet 2* dengan panah warna kuning. Hal ini dikarenakan masukkan *velocity inlet* dan *temperature*

inlet berdasarkan pengambilan data eksperimen berbeda nilainya. *inlet* 1 dengan nilai temperatur 21,72 °C dan *inlet* 2 dengan nilai temperatur 20,15 °C. Jadi semakin rendah nilai *velocity inlet* dan *temperature inlet* maka semakin tua warna biru grafik temperatur. Selain itu lingkaran merah ditemukan fenomena hasil temperatur dengan nilai tinggi dapat dilihat secara detail pada Gambar 9.



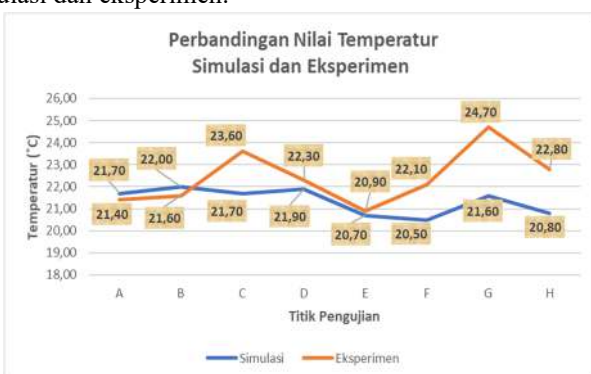
Gambar 9. Hasil Detail Kontur Temperatur Ruang KRDE

Gambar 9 menunjukkan hasil detail distribusi temperatur ruangan KRDE dengan tampilan kontur. Kondisi beban *thermal* menjadi poin permasalahan yaitu warna hitam dengan kondisi *full load* berjumlah 47 *human body*. Keseluruhan jumlah *human body* dengan nilai temperatur 37 °C.

Lingkaran merah ditunjukkan hasil temperatur tertinggi. Berdasarkan lingkaran merah hasil kalkulasi antara temperatur ruangan dan *human body* ditunjukkan nilai sebesar 25,20 °C. Nilai temperatur tersebut merupakan kategori temperatur paling tinggi. Hal ini dikarenakan pengaruh banyaknya jumlah *human body* pada daerah tersebut dibandingkan dengan daerah lainnya.

3.3 Validasi Data

Hasil simulasi *CFD* KRDE rangkaian *M* dilakukan perbandingan untuk menganalisis data hingga mencapai kategori valid. Berikut Gambar 10 hasil perbandingan proses simulasi dan eksperimen.

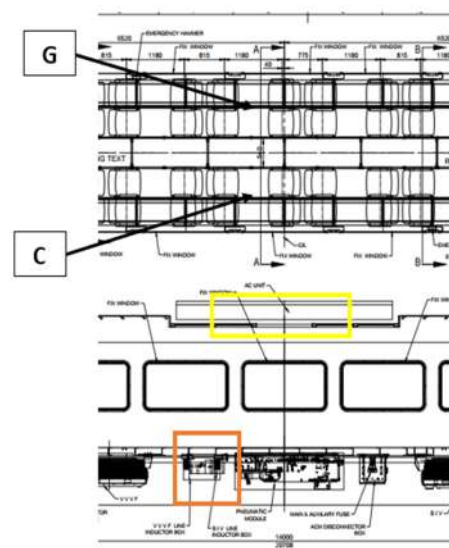


Gambar 10. Hasil Perbandingan Simulasi dan Eksperimen

Gambar 10 ditunjukkan perbandingan temperatur simulasi dan eksperimen 8 titik ruangan KRDE rangkaian *M*. Nilai eror terbesar titik G dengan kesalahan 12,6 %. Nilai eror terkecil titik E dengan kesalahan 1%. Rata-rata nilai eror

dengan kesalahan 5,3 % keseluruhan titik. Nilai rata-rata eror perbandingan data temperatur simulasi dan eksperimen dalam batas diizinkan. Hal ini dikarenakan rata-rata eror dibawah 10 %. Eror antara data simulasi dan data eksperimen adalah kurang dari 10 % menunjukkan keakuratan percobaan simulasi [14].

Berdasarkan hasil eror besar pada titik G, area disekitarnya yaitu titik C dikategorikan juga memiliki nilai eror besar dengan nilai 8,1 %. Hal ini disebabkan area sekitar titik G dan C terdapat *return air* atau *outlet* yaitu saluran udara dingin keluar dan komponen *VVVV line inductor box*. *Return air* dan *VVVV line inductor box* seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Area pada Titik C dan G [15]

Gambar 11 menunjukkan area titik C dan G. *Return air* terletak diatas titik C dan G berfungsi untuk menyerap udara dingin ruangan menuju kompresor. Sedangkan *VVVV line inductor box* terletak dibawah titik C dan G berfungsi pengantar panas.

Nilai temperatur pada titik C dan G didapat proses simulasi kurang sesuai dengan pengambilan data eksperimen. Hal ini dikarenakan komponen *VVVV line inductor box* tidak diperhitungkan didalam simulasi. Komponen *VVVV line inductor box* berpotensi menjadi sumber beban panas.

4. KESIMPULAN

Analisis hasil simulasi menunjukkan kontur temperatur delapan titik pengujian KRDE. Distribusi temperatur ruangan KRDE dengan simulasi *CFD*. Serta perbandingan nilai temperatur simulasi *CFD* dengan nilai temperatur eksperimen.

- Berdasarkan analisis delapan titik uji KRDE rangkaian *M* ditemukan kondisi *buoyancy force* jarak 7,76 meter arah sumbu *Z*.
- Berdasarkan analisis distribusi temperatur di dalam ruangan KRDE rangkaian *M* ditunjukkan nilai sebesar 25,20 °C. Nilai tersebut hasil kalkulasi antara

temperatur ruangan dan *human body*. Hasil nilai temperatur terbesar ruangan KRDE karena banyaknya jumlah *human body* daerah tengah kereta.

- c. Hasil perbandingan nilai temperatur simulasi CFD mendekati nilai temperatur eksperimen, dengan nilai temperatur eror terkecil 1,0 % titik F. Sedangkan nilai temperatur eror terbesar 12,6 % titik G dan 8,1 % titik C. Nilai eror besar titik uji C dan G dikarenakan terdapat sumber panas simulasi tidak diperhitungkan. Nilai rata-rata eror perbandingan sebesar 5,3 %. Nilai rata-rata eror tersebut dalam batas diizinkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

Referensi Jurnal

- [1] A. Baehaki & T. Daryanto, "Prototipe Aplikasi Pelacak Posisi Kereta Api Menggunakan RF-ID," *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf.*, vol. 2012, no. Snati, pp. 1–7, 2012.
- [2] BPS, "Badan Pusat Statistik," 2021. <https://www.bps.go.id/site/resultTab> (accessed 14.30, Jul. 26, 2022).
- [3] X. Chen & M. Liu, "Simulation and On-site Measurement of Heating Performance in Air-conditioned University Dormitories, a Case Study in Chongqing," *Procedia Eng.*, vol. 205, pp. 2569–2576, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.10.235.
- [4] K. Perhubungan, "Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 175 Tahun 2015." 2015.
- [5] A. Ali & K. Vafai, "An investigation of heat and mass transfer between air and desiccant film in an inclined parallel and counter flow channels," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 47, no. 8–9, pp. 1745–1760, 2004, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2003.10.008.
- [6] E. Yohana, B. Yuniato, & A. E. Diana, "Simulasi Distribusi Temperatur Dan Kelembaban Relatif Ruangan Dari Sistem Dehumidifikasi Menggunakan Computational Fluids Dynamics (CFD)," *Rotasi*, vol. 19, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.14710/rotasi.19.1.1-11.
- [7] Y. Tri Prianto, "Analisis Temperatur Dan Sistem Pengkondisian Udara Pada Kereta Eksekutif Malam Bangunkarta," pp. 1–135, 2015.
- [8] P. Danca, F. Bode, I. Nastase, & A. Meslem, "CFD simulation of a cabin thermal environment with and without human body - Thermal comfort evaluation," *E3S Web Conf.*, vol. 32, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20183201018.
- [9] S. Controls, "Train Control and Management System (TCMS)," 2021. <https://sellacontrols.com/train-control-and-management-system-tcms/> (accessed 19.30, Aug. 03, 2022).
- [10] S. Sugiarto, "Spesifikas Teknis Kereta Rel Diesel Elektrik (KRDE) 1 Set 4 Kereta," Madiun, 2017, pp. 1–15.
- [11] H. Lomax, *Fundamental of Computational Fluid Dynamics*, vol. 25, no. 3. 2009.
- [12] D. Erlambang, "Kelas CFD Online Batch #2 – Optimaxx," 2021. <https://simulasi.optimaxx.id/index.php/cfd-batch2/#1631421828111-5a6c62ae-4db6> (accessed 17.00, Jul. 09, 2022).
- [13] D. Erlambang, "(5527) Simulasi HVAC dengan Ansys Fluent - YouTube," 2020. https://www.youtube.com/watch?v=adxLN_SZJT4&t=2328s (accessed 19.15, Jul. 11, 2022).
- [14] Y. He, G. Xiao, W. Li, & Y. Huang, "Residual stress of a TC17 titanium alloy after belt grinding and its impact on the fatigue life," *Materials (Basel)*, vol. 11, no. 11, 2018, doi: 10.3390/ma11112218.
- [15] INKA, "Desain 2D KRDE Rangkaian M," no. mm, 2019, p. 14201.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)