



**ANALISIS KINERJA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA
KABIN KRL AKIBAT VARIASI KEPADATAN PENUMPANG
DAN PEMBUKAAN PINTU MENGGUNAKAN CFD**

SKRIPSI

IQBAL FADLI

2010311082

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2026



**ANALISIS KINERJA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA
KABIN KRL AKIBAT VARIASI KEPADATAN PENUMPANG
DAN PEMBUKAAN PINTU MENGGUNAKAN CFD**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

IQBAL FADLI

2010311082

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Iqbal Fadli
NIM : 2010311082
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS KINERJA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA KABIN KRL AKIBAT VARIASI KEPADATAN PENUMPANG DAN PEMBUKAAN PINTU MENGGUNAKAN CFD

Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T.

Penguji Utama



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Penguji III (Pembimbing)



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Kepala Program Studi Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T., M.T., IPM

Dekan Fakultas Teknik

Ditetapkan di : Jakarta Tanggal

Ujian : 9 Januari 2026

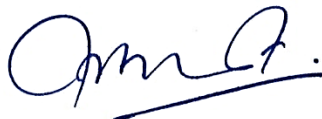
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Iqbal Fadli
NIM : 2010311082
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS KINERJA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA
KABIN KRL AKIBAT VARIASI KEPADATAN
PENUMPANG DAN PEMBUKAAN PINTU
MENGUNAKAN CFD

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Pembimbing I



Fitri Wahyuni, S.Si, M.Eng.

Pembimbing II

Mengetahui,



Ir. Fahrudin S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Iqbal Fadli

NIM : 2010311082

Program Studi: S1 Teknik Mesin

Bilamana dekemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini maka saya bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 9 Januari 2026

Yang menyatakan,



9D D72ANX308014747
Iqbal Fadli

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Saya yang akan bertanda tangan dibawah ini

Nama : Iqbal Fadli
NIM : 2010311082
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non Ekclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :


**“ANALISIS KINERJA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA KABIN KRL
AKIBAT VARIASI KEPADATAN PENUMPANG DAN PEMBUKAAN
PINTU MENGGUNAKAN CFD”**

Beserta perangkat yang ada (Jika diperlukan) dengan hak bebas royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi/PKL saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 9 Januari 2026

Yang menyatakan,



Iqbal Fadli

ANALISIS KINERJA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA KABIN KRL AKIBAT VARIASI KEPADATAN PENUMPANG DAN PEMBUKAAN PINTU MENGGUNAKAN CFD

Iqbal Fadli

ABSTRAK

Kereta Rel Listrik (KRL) Jabodetabek beroperasi dengan tingkat kepadatan penumpang tinggi dan frekuensi pembukaan pintu yang intens, sehingga sistem pengkondisian udara (HVAC) harus mampu mempertahankan kondisi termal kabin dalam keadaan operasional yang dinamis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem pengkondisian udara kabin KRL akibat variasi kepadatan penumpang dan pembukaan pintu menggunakan pendekatan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Simulasi dilakukan pada model setengah kabin KRL dengan tiga variasi kepadatan penumpang, yaitu 2, 4, dan 6 orang/m². Analisis dilakukan pada kondisi stabil (pintu tertutup) dan kondisi transien selama pembukaan pintu selama 20 detik. Parameter yang dianalisis meliputi distribusi temperatur udara, kecepatan udara, perubahan temperatur terhadap waktu, serta *Air Diffusion Performance Index* (ADPI) sebagai indikator keseragaman distribusi udara pada zona hunian penumpang. Model numerik divalidasi melalui *mesh independent test* dengan error temperatur sebesar 2,15% dan error kecepatan udara sebesar 8,38%. Hasil simulasi kondisi stabil menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan penumpang menyebabkan kenaikan temperatur udara rata-rata kabin, dari kisaran 21,1–23,4 °C pada kepadatan 2 orang/m² menjadi 22,8–25,4 °C pada kepadatan 6 orang/m², dengan temperatur tertinggi terjadi di ujung kabin dan pada ketinggian 1,7 m akibat efek *buoyancy*. Pada kondisi pintu terbuka, terjadi kenaikan temperatur rata-rata hingga 11,6% pada ketinggian 1,7 m untuk kepadatan 2 orang/m², sedangkan pada kepadatan 6 orang/m² kenaikan relatif lebih kecil, yaitu sekitar 2,7–3,2%. Nilai ADPI menurun selama fase pembukaan pintu, yang mengindikasikan penurunan keseragaman distribusi udara dan potensi penurunan kenyamanan termal penumpang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi kepadatan penumpang dan pembukaan pintu berpengaruh signifikan terhadap kinerja sistem pengkondisian udara kabin KRL, sehingga perlu dipertimbangkan dalam pengembangan strategi pengendalian sistem HVAC yang lebih adaptif terhadap kondisi operasional dinamis.

Kata kunci: KRL, HVAC, *Computational Fluid Dynamics*, kepadatan penumpang, pembukaan pintu, ADPI.

ANALYSIS OF THERMAL PERFORMANCE OF A COMMUTER TRAIN CABIN AIR CONDITIONING SYSTEM UNDER PASSENGER DENSITY VARIATIONS AND DOOR OPENING USING CFD

Iqbal Fadli

ABSTRACT

Electric Multiple Unit (EMU) commuter trains (KRL) in the Jabodetabek area operate under high passenger density and frequent door opening cycles, requiring the air conditioning (HVAC) system to maintain acceptable cabin thermal conditions under dynamic operating environments. This study aims to analyze the performance of the KRL cabin air conditioning system due to variations in passenger density and door opening using a Computational Fluid Dynamics (CFD) approach. Numerical simulations were conducted on a half-cabin KRL model with three passenger density variations, namely 2, 4, and 6 persons/m². The analysis was performed under stable conditions (doors closed) and transient conditions during a 20-second door opening period. The evaluated parameters included air temperature distribution, air velocity distribution, temporal variation of air temperature, and the Air Diffusion Performance Index (ADPI) as an indicator of air distribution uniformity within the occupied zone. The numerical model was validated through a mesh independence test, resulting in temperature and air velocity errors of 2.15% and 8.38%, respectively. The steady-state simulation results show that increasing passenger density leads to a rise in the average cabin air temperature, from approximately 21.1–23.4 °C at 2 persons/m² to 22.8–25.4 °C at 6 persons/m². The highest temperatures were observed at the cabin ends and at a height of 1.7 m due to buoyancy effects. During door opening, a significant transient thermal disturbance occurred, with a maximum average temperature increase of up to 11.6% at the 1.7 m height for the 2 persons/m² condition, while a smaller relative increase of approximately 2.7–3.2% was observed at 6 persons/m². The ADPI values decreased during the door opening period, indicating a degradation in air distribution uniformity and a potential reduction in passenger thermal comfort. These results demonstrate that passenger density variations and door opening significantly affect the thermal performance of the KRL cabin air conditioning system and should be considered in the development of more adaptive HVAC control strategies.

Keywords: *Commuter Train Cabin, HVAC System, CFD, Passenger Density, Door Opening, ADPI.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “**Analisis Kinerja Sistem Pengkondisian Udara Kabin KRL Akibat Variasi Kepadatan Penumpang dan Pembukaan Pintu Menggunakan CFD**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi selama proses penelitian dan penulisan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Fahrudin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1, atas arahan, bimbingan, dan motivasi yang diberikan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini,
2. Ibu Fitri Wahyuni, S.Si, M.Eng., selaku dosen pembimbing II, atas bantuan dan saran yang diberikan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan,
3. Seluruh dosen dan civitas akademika Program Studi Teknik Mesin atas ilmu dan pengalaman yang diberikan selama masa perkuliahan,
4. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, semangat, motivasi, serta dukungan dalam penyelesaian skripsi ini,
5. Teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas ide, dukungan, dan motivasi selama proses penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Jakarta, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Pengkondisian Udara pada Kereta	8
2.3 Beban Pendinginan (<i>Cooling Load</i>).....	10
2.4 Perpindahan Panas.....	11
2.5 <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD).....	15
2.6 <i>Air Diffusion Performance Index</i> (ADPI)	16
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Diagram Alir.....	18
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.3 Studi Literatur.....	19
3.4 Variabel Penelitian.....	19

3.5	Perangkat Lunak yang Digunakan	20
3.6	Proses Simulasi.....	21
3.7	Parameter Analisis	25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		26
4.1	<i>Mesh Independent Test</i> dan Validasi Model	26
4.2	Hasil Simulasi pada Kondisi Stabil	28
4.3	Hasil Simulasi pada Kondisi Pintu Terbuka	31
4.4	Perubahan Temperatur terhadap Waktu	34
4.5	<i>Analisis Air Diffusion Performance Index (ADPI)</i>	36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		38
5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengkondisian Udara pada KRL	9
Gambar 2.2 Model konduksi, konveksi, dan radiasi.	12
Gambar 2.3 Perpindahan panas secara konduksi dengan difusi energi.....	12
Gambar 2.4 Nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi (Incropera et al., 2006).....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir	18
Gambar 3.2 Solidworks 2020.	20
Gambar 3.3 Ansys Fluent 2022 R2.....	20
Gambar 3.4 Model kereta: (a) isometric; (b) tampak atas; (c) tampak samping. 21	
Gambar 3.5 Model tubuh manusia: (a) model yang digunakan; (b) model manekin yang disederhanakan.	22
Gambar 3.6 Distribusi lokasi penumpang pada kepadatan penumpang yang berbeda.	23
Gambar 4.1 Perbandingan Temperatur Udara antara Validasi dan Penelitian Terdahulu.....	27
Gambar 4.2 Perbandingan Kecepatan Udara antara Validasi dan Penelitian Terdahulu.....	27
Gambar 4.3 Kontur Temperatur Udara pada Kondisi Stabil (a) 2 orang/m ² , (b) 4 orang/m ² , dan (c) 6 orang/m ²	29
Gambar 4.4 Kontur Kecepatan Udara pada Kondisi Stabil (a) 2 orang/m ² , (b) 4 orang/m ² , dan (c) 6 orang/m ²	30
Gambar 4.5 Kontur temperatur udara pada kondisi pintu terbuka (bidang X = 2,77 m dan bidang Y = 1,1 m), (a) 2 orang/m ² , (b) 4 orang/m ² , dan (c) 6 orang/m ²	32
Gambar 4.6 Kontur temperatur udara pada kondisi pintu terbuka (bidang X = 2,77 m dan bidang Y = 1,7 m), (a) 2 orang/m ² , (b) 4 orang/m ² , (c) 6 orang/m ²	33
Gambar 4.7 Perubahan temperatur rata-rata udara pada bidang Y terhadap waktu untuk kepadatan penumpang 2 orang/m ²	35
Gambar 4.8 Perubahan temperatur rata-rata udara pada bidang Y terhadap waktu untuk kepadatan penumpang 4 orang/m ²	35
Gambar 4.9 Perubahan temperatur rata-rata udara pada bidang Y terhadap waktu untuk kepadatan penumpang 6 orang/m ²	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kecepatan udara dan kesejukan (SNI 03-6572-2001, 2001).....	9
Tabel 3.1 Setup Boundary Condition.	24
Tabel 4.1 Hasil Mesh Independent Test.....	26
Tabel 4.2 Temperatur Rata-Rata Udara pada bidang X Kondisi Stabil.....	29
Tabel 4.3 Nilai Air Diffusion Performance Index (ADPI) pada kondisi pintu terbuka untuk setiap variasi kepadatan penumpang.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Struktur gerbong penumpang untuk (a) sumbu X, (b) sumbu Y, dan (c) sumbu Z

Lampiran 2 Titik Ukur Berdasarkan Ketinggian dan Posisi

Lampiran 3 Lembar Konsultasi Pembimbing 1

Lampiran 4 Lembar Konsultasi Pembimbing 2