



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



# ANALISIS PENGARUH POSISI *GRILL AC* TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA KABIN MOBIL LISTRIK DUA PENUMPANG

TESIS

ADHITYA DUTA PERDANAKUSUMA  
NIM : 2009521001

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN  
REKAYASA TEKNOLOGI MANUFAKTUR  
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
DEPOK  
JANUARI 2023**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



# ANALISIS PENGARUH POSISI *GRILL* AC TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA KABIN MOBIL LISTRIK DUA PENUMPANG

TESIS

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mencapai derajat  
Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Teknologi dan Sistem  
Manufaktur

ADHITYA DUTA PERDANAKUSUMA  
NIM : 2009521001

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN  
REKAYASA TEKNOLOGI MANUFaktur  
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
DEPOK  
JANUARI 2023



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : Adhitya Duta Perdanakusuma  
NIM : 2009521001  
Program Studi : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur  
Peminatan : Manufaktur  
Judul : ANALISIS PENGARUH POSISI GRILL AC TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA KABIN MOBIL LISTRIK DUA PENUMPANG

Telah diuji oleh Tim Penguji dalam sidang Tesis pada hari Rabu tanggal 25 Januari tahun 2023 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh Derajat Gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T. (.....)  
Pembimbing II : Haolia Rahman, S.T., M.T., Ph.D. (.....)  
Penguji I : Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T. (.....)  
Penguji II : Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. (.....)  
Penguji III : Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T., M.T. (.....)

Depok, 25 Januari 2023

Disahkan Oleh

Kepala Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta

Dr. Isdawimah, S.T., M.T.

NIP 196305051988112001

Hak Cipta :


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Adhitya Duta Perdanakusuma  
NIM : 2009521001  
Tanda Tangan :   
Tanggal : 25 Januari 2023

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarism, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 25 Januari 2023



Adhitya Duta Perdanakusuma

2009521001

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis ini dengan judul “Analisis Pengaruh Posisi Grill AC Terhadap Distribusi Temperatur pada Kabin Mobil Listrik Dua Penumpang”. Tesis ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Magister Terapan Teknik.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, saya banyak mengalami masalah dan kesulitan, tetapi berkat bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak maka saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T. sebagai Pembimbing pertama Tesis saya yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberi arahan agar Tesis ini selesai.
2. Bapak Haolia Rahman, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing kedua saya yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberi arahan agar Tesis ini selesai.
3. Seluruh dosen pengajar dan karyawan Program Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu dan membantu dalam proses penyusunan Tesis ini.
4. Orang Tua saya yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan materi setiap saat.
5. Berbagai Pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tesis ini.

Agar penyusunan lebih sempurna, maka saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Jakarta, 25 Januari 2023

Adhitya Duta Perdanakusuma

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Kendaraan Bermotor Listrik(KBL) Berbasis Baterai .....	5
2.2 Konsep AC pada Mobil Listrik .....	5
2.3 Grill AC Mobil.....	6
2.4 Temperatur Kenyamanan Termal Berdasarkan SNI 14 – 1993 – 04 .....	7
2.5 Beban Pendingin .....	7
2.5.1 Beban Metabolisme.....	7
2.5.2 Beban Radiasi Langsung .....	8
2.5.3 Beban Radiasi Difusi.....	8
2.5.4 Beban Radiasi Pantul .....	9
2.5.5 Beban Udara Lingkungan .....	9
2.5.6 Beban Ventilasi.....	10

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.6 <i>Computational Fluid Dynamics(CFD)</i> .....	11
2.6.1 Boundary Conditions Simulasi <i>CFD</i> .....	11
2.6.2 Goals Simulasi <i>CFD</i> .....	12
2.7 Kajian Literatur .....	12
BAB III METODE PENELITIAN .....	14
3.1 Langkah Penelitian .....	14
3.2 Penentuan Alat dan Bahan dalam Eksperimen Validasi .....	15
3.2.1 Alat yang Digunakan dalam Eksperimen Validasi.....	16
3.2.2 Bahan yang Digunakan dalam Eksperimen Validasi.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	25
4.1 Analisis Beban Pendinginan pada AC Kabin KBL 2 Penumpang.....	25
4.1.1 Perhitungan Beban Metabolik.....	25
4.1.2 Perhitungan Beban Radiasi Langsung.....	26
4.1.3 Perhitungan Beban Radiasi Difusi .....	27
4.1.4 Perhitungan Beban Radiasi Pantul .....	29
4.1.5 Perhitungan Beban Udara Lingkungan .....	30
4.1.6 Perhitungan Beban Ventilasi .....	32
4.1.7 Perhitungan Beban Pendinginan Total.....	34
4.1.8 Penentuan Kapasitas AC.....	35
4.2 Uji Eksperimen Awal Kabin KBL 2 Penumpang.....	35
4.3 Validasi dari Eksperimen dengan <i>CFD</i> .....	43
4.3.1 Menentukan Galat antara Eksperimen dan Simulasi.....	44
4.4 Analisis Simulasi <i>Computational Fluid Dynamics(CFD)</i> pada Konsep Peletakan <i>Grill AC</i> .....	45
4.4.1 Analisis Konsep <i>Grill</i> Bagian Pinggir .....	45
4.4.2 Analisis Konsep <i>Grill</i> Bagian Tengah .....	47
4.4.3 Analisis Konsep <i>Grill</i> Bagian Atas .....	49
4.5 Penentuan Posisi <i>Grill AC</i> Kabin KBL 2 Penumpang.....	51
BAB V KESIMPULAN .....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
Lampiran 1 Biodata Mahasiswa.....	56
Lampiran 2 Dokumentasi Eksperimen Pengujian.....	57





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Kompresi Uap .....	5
Gambar 2.2 <i>Grill</i> AC (Sumber : Katalog Toyota) .....	6
Gambar 2.3 Ilustrasi Beban Pendingin) .....	7
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	14
Gambar 3.2 <i>AC Portable</i> .....	16
Gambar 3.3 <i>Test Pen</i> .....	16
Gambar 3.4 Kabel Rol .....	17
Gambar 3.5 Meteran .....	17
Gambar 3.6 Pipa Fleksibel.....	18
Gambar 3.7 Termometer Digital.....	18
Gambar 3.8 Anemometer.....	19
Gambar 3.9 Isolasi <i>Aluminium Foil Bubble</i> .....	19
Gambar 3.10 Isolasi Plastik Bening.....	20
Gambar 3.11 Isolasi Kabel.....	20
Gambar 3.12 <i>General Settings</i> .....	22
Gambar 3.13 Berbagai Macam Masukan Data .....	23
Gambar 3.14 <i>Tab Run</i> di <i>Solidworks Flow Simulation</i> .....	23
Gambar 3.15 <i>Tab Progress</i> di <i>Solidworks Flow Simulation</i> .....	24
Gambar 3.16 <i>Tab Results</i> di <i>Solidworks Flow Simulation</i> .....	24
Gambar 4.1 Lokasi Penempatan Titik Uji Distribusi Temperatur.....	36
Gambar 4.2 Lokasi Penempatan titik T1 dan T2 .....	36
Gambar 4.3 Lokasi Penempatan titik T3 .....	37
Gambar 4.4 Lokasi Penempatan titik T4 .....	37
Gambar 4.5 Lokasi Penempatan titik T5 .....	38
Gambar 4.6 Lokasi Penempatan titik T6 dan T7 .....	38
Gambar 4.7 Grafik T1 berdasarkan Waktu.....	39
Gambar 4.8 Grafik T2 berdasarkan Waktu.....	40
Gambar 4.9 Grafik T3 berdasarkan Waktu.....	41
Gambar 4.10 Grafik T4 berdasarkan Waktu.....	41
Gambar 4.11 Grafik T5 berdasarkan Waktu.....	42
Gambar 4.12 Grafik T6 berdasarkan Waktu.....	42

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.13 Grafik T7 berdasarkan Waktu .....	43
Gambar 4.14 Hasil Simulasi CFD berdasarkan Eksperimen .....	43
Gambar 4.15 Pemodelan Posisi <i>Grill</i> AC bagian Pinggir.....	45
Gambar 4.16 Distribusi Temperatur Kabin Mobil Listrik <i>Grill</i> Bagian Pinggir ....	46
Gambar 4.17 Arah Distribusi Temperatur Kabin Mobil Listrik <i>Grill</i> Bagian Pinggir .....	46
Gambar 4.18 Pemodelan Posisi <i>Grill</i> AC bagian Tengah.....	47
Gambar 4.19 Distribusi Temperatur Kabin Mobil Listrik <i>Grill</i> Bagian Tengah....	48
Gambar 4.20 Arah Distribusi Temperatur Kabin Mobil Listrik <i>Grill</i> Bagian Tengah .....	48
Gambar 4.21 Pemodelan Posisi <i>Grill</i> AC Atas .....	49
Gambar 4.22 Distribusi Temperatur Kabin Mobil Listrik <i>Grill</i> Bagian Atas.....	50
Gambar 4.23 Arah Distribusi Temperatur Kabin Mobil Listrik <i>Grill</i> Bagian Atas	50





## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Data Temperatur Kabin Mobil Listrik Dua Penumpang<sup>39</sup>



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Biodata Mahasiswa.....	56
Lampiran 2 Dokumentasi Eksperimen Pengujian.....	57



### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## ABSTRAK

Kebutuhan mobil listrik yang meningkat berdasarkan data penjualan mobil listrik dari tahun 2019 hingga 2021 sebesar 270% pertahunnya yang dipublikasi oleh GAIKINDO pada tahun 2022 dan didukung oleh kebijakan pemerintah berdasarkan peraturan presiden nomor 55 tahun 2019 dan perpres nomor 55 tahun 2022. Salah satu unit sistem yang berfungsi untuk kenyamanan penumpang mobil listrik adalah *Air Conditioner* (AC). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan distribusi temperature yang terjadi pada sistem pendingin di dalam kabin mobil listrik 2 penumpang menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dan menentukan posisi *grill* pada AC. Penentuan posisi yang diteliti dengan metode CFD pada 3 posisi yaitu posisi pinggir, posisi tengah dan posisi atas dengan keterangan data lapangan yaitu dimensi kabin 1250 x 800 x 200 mm dengan kebutuhan beban pendinginan 582, 82 Watt sehingga ditentukan kebutuhan AC sebesar 1 PK dengan kecepatan udara 4 m/s. Penelitian dengan metode CFD ini lalu di validasi dengan eksperimen dan dihasilkan galat antara simulasi dan eksperimen sebesar 6,3 %. Penentuan posisi grill AC setelah dilakukan simulasi dengan metode CFD yang paling memenuhi standar temperatur kenyamanan thermal berdasarkan SNI -14-1993-03 adalah pada posisi pinggir.

*Kata Kunci : Mobil Listrik, AC, CFD*

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## ABSTRACT

*The need for electric cars is increasing based on data on electric car sales from 2019 to 2021 by 270% per year published by GAIKINDO in 2022 and supported by government policies based on presidential regulation number 55 of 2019 and perpres number 55 of 2022. One of the system units that functions for the comfort of electric car passengers is the air conditioner (AC). This study aims to determine the temperature distribution that occurs in the cooling system in the cabin of a 2-passenger electric car using the computational fluid dynamics (CFD) method and determine the position of the grill on the air conditioner. Determination of the CFD method position studied in three positions, namely the edge position, middle position, and top position, with field data information, namely the cabin dimensions of 1250 x 800 x 200 mm with a cooling load requirement of 582 82 Watt, so that the AC requirement is determined to be 1 PK with an air velocity of 4 m/s. The research using the CFD method is then validated by experiment, and the resulting error between simulation and experiment is 6.3%. The position of the AC grill after simulation with the CFD method that best meets the thermal comfort temperature standards based on SNI 14-1993-03 is at the edge.*

*Keyword : Electric Vehicle, AC, CFD*

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA





## BAB I PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Kenaikan penjualan mobil listrik dari tahun 2019 hingga 2021 sebesar 270 % pertahunnya menurut GAIKINDO(2022) menandakan bahwa saat ini masyarakat Indonesia sudah mulai beralih ke kendaraan berbasis listrik(KBL) dari kendaraan bensin [1]. Hal ini didukung oleh peraturan (Presiden Republik Indonesia, 2019) no. 55 Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) Untuk Transportasi Jalan [2]. Karena dalam jangka Panjang berdasarkan Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik (Presiden Republik Indonesia, 2022) [3], Pemerintah akan mempercepat pembangunan energi terbarukan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca. Selain itu juga pada penelitian yang telah dilakukan Nastase (2022), disebutkan bahwa KBL dalam jangka pendek maupun menengah diperkirakan akan berperan penting dalam strategi pengurangan emisi gas rumah kaca [4].

Salah satu unit sistem yang penting dari KBL adalah unit Air Conditioner(AC) yang berfungsi sebagai pengatur temperatur yang nyaman. mengacu pada standar SNI 03-6572-2001 temperatur yang nyaman yaitu 22,8 °C – 25,8 °C. Unit AC bersumber dari Pan (2019) ini merupakan salah satu unit sistem yang memakan konsumsi daya terbesar pada KBL setelah komponen motor listrik [5]. Oleh karena itu penelitian mengenai penghematan baterai dilakukan oleh Cen (2018), salah satunya adalah penelitian penggunaan refrigerant AC untuk mendinginkan baterai [6]. Lalu penelitian lain dilakukan oleh Miranda (2013) mengenai pemanfaatan chip termoelektrik pada system pendingin udara untuk mengurangi daya yang dipasok oleh catu daya utama [7]. Begitu juga dengan penelitian mengenai kenyamanan termal menurut Nastase (2022), Kenyamanan termal didefinisikan secara umum sebagai kondisi seseorang yang mengekspresikan kesejahteraan ketika mempertimbangkan lingkungan termal di zona pendudukan [4]. Dari penelitian Simion (2016), Kenyamanan termal juga terdapat dua faktor yang mempengaruhinya yaitu faktor terukur yakni temperatur udara, kelembaban relatif temperatur radian rata-rata dan kecepatan udara faktor yang kedua yaitu tingkat aktifitas manusia dan insulasi pembungkus [8]. Selain itu riset yang telah dilakukan Oh (2014) yaitu penelitian mengenai AC terlokalisasi untuk kenyamanan termal dan penghematan energi dengan cara pengoptimalan ventilasi bagian depan dan langit-langit menghemat energi masing – masing 20,8% dan

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



30% [9]. Salah satu yang mempengaruhi faktor yang mempengaruhi kenyamanan adalah RH (Relative Humidity) yang apabila dapat dikendalikan dapat menguntungkan system AC dengan mengurangi beban termalnya, yaitu jumlah panas yang dipindahkan ke dalam atau keluar kabin. Namun kendali RH harus didasarkan pada skema transien yaitu disinkronkan dengan temperatur kabin dan kekuatan luar berdasarkan penelitian Alahmer (2012) [10]. Dalam merancang AC juga ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan mengacu pada ASHRAE (2019) yaitu Kualitas udara dalam ruang (IAQ), Kenyamanan termal, Temperatur lingkungan dan kelembaban, Komponen dari lingkungan operasional, Kontaminan udara, Kibesi enjin dan kendaraan, Parameter Fisik, Ketahanan, Konsumsi Daya Listrik, Kapasitas Pendinginan, Penumpang, Infiltrasi/Peresapan, Insulasi, Efek matahari, Profil penggunaan kendaraan, Kebisingan, Getaran [11].

Studi numerik mengenai AC pada kabin kendaraan merupakan metode yang sudah digunakan dalam beberapa dekade untuk memprediksi karakteristik aliran udara pada lingkungan ruang dalam kabin yang sulit dideskripsikan dengan penelitian secara eksperimental. Hasil investigasi penelitian dari aliran udara dan distribusi pada kabin kendaraan menggunakan pendekatan numerik menghasilkan 10% perbedaan dibandingkan dengan studi eksperimen. Ada beberapa studi numerik pada kabin kendaraan untuk mengevaluasi kinerja mesin fluida, properti fisik dan mengaitkannya dengan kenyamanan termal yang penerapannya digunakan pada beberapa moda transportasi yaitu pesawat, perkeretaapian dan otomotif. Parameter Kenyamanan termal yang dijabarkan secara kuantitatif meliputi *Predicted Mean Vote (PMV)* dan *Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)*. Metode yang digunakan dalam menjabarkan distribusi aliran udara sesuai dengan kenyamanan termal yaitu dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Saat ini, dengan pesatnya perkembangan teknologi komputer, berdasarkan penelitian Tan (2022), analisis simulasi dan optimalisasi sistem pendingin udara kendaraan berbasis CFD telah menjadi tren industri desain dan pengembangan sistem pendingin udara kendaraan [12]. Buku yang ditulis oleh Anderson (2006) CFD menghasilkan menghasilkan hasil angin terowongan yang sejalan secara langsung yang diperoleh di laboratorium, CFD merepresentasikan kumpulan data untuk diketahui konfigurasi alirannya pada angka Mach yang berbeda, angka Reynolds dan yang lainnya [13].

Penerapan CFD salah satunya dari penelitian Tamaldin (2013) untuk menentukan material pelindung pada baterai yaitu water jackets dan untuk ducting dengan simulasi dan validasi CFD [14]. Dalam menentukan sistem AC komponen yang juga penting dalam

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





perimbangannya yaitu Ventilasi yang merupakan salah satu dari unit Heating, Ventilation, dan Air Conditioning(HVAC). Dalam mencapai Temperatur yang dibutuhkan untuk mencapai standar kenyamanan termal beberapa penelitian telah dilakukan salah satunya oleh Ibrahim (2012), yaitu memasang PD-Type Fuzzy-based Temperature Controller yang berfungsi sebagai pengatur temperatur dan Relative Humidity(RH) [15]. Mayoritas penelitian yang sudah dilakukan salah satunya yang dilakukan oleh Cen (2018) , hanya pada KBL 4 penumpang saja dan berfokus pada sistem kelistrikan [6]. Untuk desain posisi Grill AC secara khusus untuk KBL 2 penumpang diluar kendaraan berat belum dilakukan penelitiannya oleh karena itu pada penelitian ini untuk mengisi celah antar penelitian sebelumnya penelitian mengenai posisi Grill AC untuk KBL 2 penumpang dilakukan supaya potensi dari KBL 2 penumpang ini dapat dikembangkan dalam kebutuhan masa depan.

### 1. Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang terjadi pada pendinginan mobil kapasitas 2 orang maka dirumuskan sebagai berikut:

- Bagaimana menentukan sistem pendingin udara mobil listrik kapasitas 2 orang?
- Bagaimana menentukan letak *grill* system pendingin udara pada mobil listrik kapasitas 2 orang?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta perumusan masalah diatas maka tujuan penelitian ini adalah :

- Menentukan distribusi temperatur yang terjadi pada sistem pendingin dalam kabin mobil listrik berkapasitas 2 orang dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamics(CFD).
- Menentukan posisi grill AC pada kabin mobil listrik dua penumpang di bagian pengemudi maupun penumpang yang sesuai dengan temperatur pada standar kenyamanan termal SNI-14-1993-03.

### 1.4. Batasan Penelitian

Berdasarkan Tujuan Penelitian sebelumnya maka Batasan yang akan ditentukan dari penelitian ini yaitu:

- Hanya untuk mobil kebutuhan kapasitas 2 orang.

Hak Cipta :  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

b. Hanya menghitung aliran fluida pendingin, beban pendinginan, dan kenyamanan termal sebagai data acuan.

### Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

- a. Menentukan sistem pendingin pada mobil listrik kapasitas 2 orang dengan metode *CFD*.
- b. Menentukan letak grill sistem pendingin pada mobil listrik kapasitas 2 orang.



### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## BAB V

### KESIMPULAN

Hasil penelitian menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics(CFD)* pada Kendaraan Bermotor Listrik(KBL) 2 penumpang dapat disimpulkan:

1. Penentuan distribusi Temperatur menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics(CFD)* dipengaruhi oleh beban pendinginan, kecepatan udara dan Temperatur yang dibutuhkan, dalam hal ini beban pendinginan yang terjadi sebesar 582,819 Watt maka kebutuhan kapasistas AC yang tersedia di pasaran dan sesuai kebutuhan berkapasitas 1 PK atau 745,7 Watt. Penentuan kecepatan udara yang terjadi menyesuaikan AC Portable yaitu 4 m/s dan Temperatur yang sesuai standar kenyamanan termal menurut SNI-14-1993-03 ditentukan 22,8 °C sampai dengan 25,8 °C.
2. Penentuan letak *grill* AC berdasarkan hasil simulasi menggunakan metode CFD maka peletakkan *grill* AC ditentukan pada bagian pinggir kabin karena memenuhi standar kenyamanan termal menurut SNI-14-1993-03.

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Berapa Penjualan Mobil Listrik di Indonesia ?,” no. April, p. 2022, 2022.
- [2] Presiden Republik Indonesia, “Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 Tentang Percepatan program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) Untuk Transportasi Jalan,” *Republik Indones.*, no. 55, 2019.
- [3] P. Republik Indonesia, “Perpres no 112 tahun 2022,” no. 135413, 2022.
- [4] I. Nastase *et al.*, “A regard on the thermal comfort theories from the standpoint of Electric Vehicle design — Review and perspectives,” *Energy Reports*, vol. 8, pp. 10501–10517, 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.08.186.
- [5] L. Pan, C. Liu, Z. Zhang, T. Wang, J. Shi, and J. Chen, “Energy-saving effect of utilizing recirculated air in electric vehicle air conditioning system,” *Int. J. Refrig.*, vol. 102, pp. 122–129, 2019, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2019.03.018.
- [6] J. Cen, Z. Li, and F. Jiang, “Experimental investigation on using the electric vehicle air conditioning system for lithium-ion battery thermal management,” *Energy Sustain. Dev.*, vol. 45, pp. 88–95, 2018, doi: 10.1016/j.esd.2018.05.005.
- [7] Á. G. Miranda, T. S. Chen, and C. W. Hong, “Feasibility study of a green energy powered thermoelectric chip based air conditioner for electric vehicles,” *Energy*, vol. 59, pp. 633–641, 2013, doi: 10.1016/j.energy.2013.07.013.
- [8] M. Simion, L. Socaciu, and P. Unguresan, “Factors which Influence the Thermal Comfort Inside of Vehicles,” *Energy Procedia*, vol. 85, no. November 2015, pp. 472–480, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.229.
- [9] M. S. Oh, J. H. Ahn, D. W. Kim, D. S. Jang, and Y. Kim, “Thermal comfort and energy saving in a vehicle compartment using a localized air-conditioning system,” *Appl. Energy*, vol. 133, pp. 14–21, 2014, doi: 10.1016/j.apenergy.2014.07.089.
- [10] A. Alahmer, M. Abdelhamid, and M. Omar, “Design for thermal sensation and comfort states in vehicles cabins,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 36, no. 1, pp. 126–140, 2012, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2011.11.056.
- [11] ASHRAE, “2019 ASHRAE Handbook HVAC Applications(SI)”, 2019.
- [12] L. Tan and Y. Yuan, “Computational fluid dynamics simulation and performance optimization of an electrical vehicle Air-conditioning system,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 61, no. 1, pp. 315–328, 2022, doi: 10.1016/j.aej.2021.05.001.
- [13] John Anderson, “Computational Fluid Dynamics the Basic With Appliacations”, 2006.
- [14] N. Tamaldin, A. K. M. Yamin, M. F. Bin Abdollah, H. Amiruddin, and M. A. Abdullah, “Design optimization of thermal management system for electric vehicleutilizing CFD analysis, DFMEA and CES,” *Procedia Eng.*, vol. 68, pp. 305–312, 2013, doi: 10.1016/j.proeng.2013.12.184.
- [15] B. S. K. K. Ibrahim *et al.*, “Fuzzy-based temperature and humidity control for

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- HVAC of electric vehicle,” *Procedia Eng.*, vol. 41, no. Iris, pp. 904–910, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.261.
- [16] Merle C. Potter and Craig W. Somerton, " Termodinamika Teknik", Schaums Outline, 2011. Penerbit Erlangga.
- [17] M. A. Fayazbakhsh and M. Bahrami, “Comprehensive Modeling of Vehicle Air Conditioning Loads Using Heat Balance Method,” no. x, 2018, doi: 10.4271/2013-01-1507.
- [18] H. He, H. Jia, W. Huo, and M. Yan, “Stochastic Dynamic Programming of Air Conditioning System for Electric Vehicles,” *Energy Procedia*, vol. 105, pp. 2518–2524, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.724.
- [19] P. Danca, A. Vartires, and A. Dogeanu, “An Overview of Current Methods for Thermal Comfort Assessment in Vehicle Cabin,” *Energy Procedia*, vol. 85, no. November 2015, pp. 162–169, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.322.
- [20] Z. Qi, “Advances on air conditioning and heat pump system in electric vehicles - A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 38, pp. 754–764, 2014, doi: 10.1016/j.rser.2014.07.038.
- [21] L. Jiang, R. Z. Wang, J. B. Li, L. W. Wang, and A. P. Roskilly, “Performance analysis on a novel sorption air conditioner for electric vehicles,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 156, no. November 2017, pp. 515–524, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2017.11.077.
- [22] H. S. Lee *et al.*, “Experimental Study on Performance Characteristics of the Triple Fluids Heat Exchanger with Two Kinds of Coolants in Electric-driven Air Conditioning System for Fuel Cell Electric Vehicles,” *Energy Procedia*, vol. 113, pp. 209–216, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.04.056.
- [23] H. Oi, K. Tabata, Y. Naka, A. Takeda, and Y. Tochihara, “Effects of heated seats in vehicles on thermal comfort during the initial warm-up period,” *Appl. Ergon.*, vol. 43, no. 2, pp. 360–367, 2012, doi: 10.1016/j.apergo.2011.05.013.
- [24] X. Song *et al.*, “Energy and exergy analyses of a transcritical CO<sub>2</sub> air conditioning system for an electric bus,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 190, no. September 2020, p. 116819, 2021, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2021.116819.
- [25] L. W. Wang, L. Jiang, J. Gao, P. Gao, and R. Z. Wang, “Analysis of resorption working pairs for air conditioners of electric vehicles,” *Appl. Energy*, vol. 207, pp. 594–603, 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.06.077.
- [26] M. Yao *et al.*, “Performance simulation of a heat pipe and refrigerant-based lithium-ion battery thermal management system coupled with electric vehicle air-conditioning,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 191, no. February, 2021, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2021.116878.
- [27] H. Zou, B. Jiang, Q. Wang, C. Tian, and Y. Yan, “Performance analysis of a heat pump air conditioning system coupling with battery cooling for electric vehicles,” *Energy Procedia*, vol. 61, pp. 891–894, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.989.
- [28] H. He, M. Yan, C. Sun, J. Peng, M. Li, and H. Jia, “Predictive air-conditioner



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

control for electric buses with passenger amount variation forecast☆,” *Appl. Energy*, vol. 227, no. August, pp. 249–261, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.08.181.

- [29] C. Hariharan, S. Sanjana, S. Saravanan, S. S. S, A. P. S, and A. A. R. V, “Environmental Effects CFD studies for energy conservation in the HVAC system of a hatchback model passenger car,” *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–18, 2019, doi: 10.1080/15567036.2019.1670757.
- [30] M. Li, S. Cui, H. Huang, Y. Jiang, and W. Wei, “Effect of pipes in heat pump system on electric vehicle energy saving,” *Int. J. Green Energy*, vol. 17, no. 11, pp. 666–675, 2020, doi: 10.1080/15435075.2020.1791872.
- [31] T. Teoh, “Electric vehicle charging strategies for Urban freight transport: concept and typology Electric vehicle charging strategies for Urban freight,” *Transp. Rev.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–24, 2021, doi: 10.1080/01441647.2021.1950233.
- [32] J. Ko, K. Thu, and T. Miyazaki, “Transient analysis of an electric vehicle air-conditioning system using CO 2 for start-up and cabin pull-down operations,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 190, no. November 2020, p. 116825, 2021, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2021.116825.
- [33] H. Zhong, X. Li, and X. Yang, “Study on leakage loss via the radial clearance in a double-swing vane compressor for electric vehicle air conditioning systems,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 604, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/604/1/012071.
- [34] D. Y. Lee, C. W. Cho, J. P. Won, Y. C. Park, and M. Y. Lee, “Performance characteristics of mobile heat pump for a large passenger electric vehicle,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 50, no. 1, pp. 660–669, 2013, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2012.07.001.
- [35] B. Santoso and D. D. P. Tjahjana, “Performance analysis of the electric vehicle air conditioner by replacing hydrocarbon refrigerant,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1788, 2017, doi: 10.1063/1.4968268.





## Lampiran 1 Biodata Mahasiswa



Nama Lengkap : Adhitya Duta Perdanakusuma  
NIM : 2009521001  
Program Studi : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur  
Jurusan : Program Pascasarjana  
Alamat : Jl. Jaya Wijaya Blok D-6 RT/RW:003/007 Kel. Pondok Cabe Udik Kec. Pamulang Kota Tangerang Selatan Banten  
Nomor Telpon : 085288229595  
E-mail : adhityaduta46@gmail.com  
Pendidikan :  
a. D3 Teknik Mesin : Politeknik Negeri Jakarta (2013 – 2016)  
b. S1 Teknik Industri: Institut Sains dan Teknologi Nasional (2017 – 2020)  
c. S1 Teknik Mesin : Universitas Trisakti (2018 – 2022)

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## Lampiran 2 Dokumentasi Eksperimen Pengujian



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta







**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

