



**TUGAS AKHIR - TF 141581**

**ANALISA KEBISINGAN PADA GERBONG KERETA  
BANDARA SOEKARNO-HATTA YANG DISEBABKAN  
FLOW AC UNIT ACI-4001 DENGAN  
MENGUNAKAN ANALISA CFD (*COMPUTATIONAL  
FLUID DYNAMIC*)**

**MOHAMMAD FANISDLON PUABDILLAH  
NRP. 2413 100 086**

Dosen Pembimbing :  
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  
Bagus Tris Atmaja, S.T, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**FINAL PROJECT - TF 141581**

**ANALYSIS OF NOISE ON TRAIN CABIN'S  
PASSANGER SOEKARNO-HATTA AIRPORT  
CAUSED FLOW AC UNIT ACI-4001 USING CFD  
ANALYSIS (COMPUTATIONAL FLUID  
DYNAMICS)**

**MOHAMMAD FANISDLON PUABDILLAH**  
**NRP. 2413 100 086**

**Supervisors :**  
**Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.**  
**Bagus Tris Atmaja, S.T, M.T.**

**ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT**  
**Faculty of Industrial Technology**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya 2017**



## **PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Fanisdlon Puabdillah  
NRP : 2413100086  
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Analisa Kebisingan pada Gerbong Kereta Bandara Soekarno-Hatta yang Disebabkan Flow AC Unit ACI-4001 dengan Menggunakan Analisa CFD (Computational Fluid Dynamic)” adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari orang lain. Apalagi di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 10 Juli 2017  
Yang membuat pernyataan,



Mohammad Fanisdlon Puabdillah  
NRP. 2413 100 086



**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**ANALISA KEBISINGAN PADA GERBONG KERETA  
BANDARA SOEKARNO-HATTA YANG DISEBABKAN  
FLOW AC UNIT ACI-4001 DENGAN MENGGUNAKAN  
ANALISA CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*)**

Oleh:

**Mohammad Fanisdlon Puabdillah**  
NRP. 2413 100 086

Surabaya, 10 Juli 2017

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I



**Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.**  
NIPN. 19600229 198701 1 001

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing II



**Bagus Tris Atmaja, ST, M.T**  
NIPN. 19860810 201504 1 002

Mengetahui,  
Ketua Departemen  
Teknik Fisika FTI-ITS



**Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.**  
TEKNIK FISIKA 19780902 200312 1 002



**ANALISA KEBISINGAN PADA GERBONG KERETA  
BANDARA SOEKARNO-HATTA YANG DISEBABKAN  
FLOW AC UNIT ACI-4001 DENGAN MENGGUNAKAN  
ANALISA CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Rekayasa Vibrasi dan Akustik  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MOHAMMAD FANISDLON PUABDILLAH**  
**NRP. 2413 100 086**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  ..... (Pembimbing I)
2. Bagus Tris Atmaja, S.T., M.T.  ..... (Pembimbing II)
3. Andi Rahmadiansyah, S.T., M.T.  ..... (Penguji I)
4. Ir. Heri Joestiono, MT.  ..... (Penguji II)

**SURABAYA**  
**JULI, 2017**



# **ANALISISA KEBISINGAN PADA GERBONG KERETA BANDARA SOEKARNO-HATTA YANG DISEBABKAN FLOW AC UNIT ACI-4001 DENGAN MENGGUNAKAN ANALISA CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)**

**Nama Mahasiswa** : **Mohammad Fanisdlon Puabdillah**  
**NRP** : **2413 100 086**  
**Program Studi** : **S1 Teknik Fisika**  
**Departemen** : **Teknik Fisika FTI-ITS**  
**Pembimbing** : **1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.**  
**2. Bagus Tris Atmaja, ST, MT.**

## **Abstrak**

Pada kereta ada beberapa faktor dan komponen yang menyebabkan kebisingan. Salah satu faktor tersebut adalah kebisingan yang disebabkan oleh aliran, sehingga perlu diketahui jenis sumber *aeroacoustic* yang diciptakan oleh aliran, kekuatan dan arahnya. Untuk mengetahui persebaran kebisingan yang disebabkan oleh aliran maka dilakukan beberapa pengukuran pada komponen air conditioner. Pengukuran pertama dilakukan pada area bebas untuk mendapatkan Tingkat Tekanan Bunyi dari AC. Pengukuran kedua dilakukan langsung di dalam gerbong dengan kondisi AC menyala menggunakan sumber listrik eksternal. Selanjutnya, simulasi CFD digunakan untuk mengetahui kontur distribusi kebisingan, tekanan dan kecepatan aliran dari gerbong kereta. Pada penelitian ini telah dilakukan 2 variasi simulasi utama yang terdiri dari model kereta dengan diffuser berbentuk lingkaran (KA\_1) dan persegi (KA\_2), sehingga didapat simulasi dengan kontur kebisingan. Simulasi KA\_1 dan KA\_2 memiliki distribusi Tingkat Tekanan Bunyi yang hampir sama karena kecepatan dan tekanan yang tidak jauh berbeda, namun hasil persebaran aliran udara pada KA\_1 lebih merata. Hasil TTB pada KA\_1 dan KA\_2 pada keadaan penumpang duduk sebesar 8 dB dan 6.15 dB. Dan untuk kondisi berdiri sebesar 14.5 dB dan 16.5 dB.

**Kata Kunci:** AC, Kebisingan, CFD dan Aliran



**ANALYSIS OF NOISE ON TRAIN CABIN'S PASSANGER  
SOEKARNO-HATTA AIRPORT CAUSED FLOW AC UNIT  
ACI-4001 USING CFD ANALYSIS (COMPUTATIONAL  
FLUID DYNAMICS)**

**Name** : Mohammad Fanisdlon Puabdillah  
**NRP** : 2413 100 086  
**Program Study** : S1 Teknik Fisika  
**Department** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Supervisor** : 1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  
2. Bagus Tris Atmaja, ST, MT.

**Abstract**

*On the train there are several factors and components that causes noise. One of the factors is the sound caused by the flow. It is necessary to know the type of aeroacoustic source created by its flow, strength and direction. To know the distribution of noise caused by the flow, some noise measurements on AC components have been conducted. The first measurement is performed on a free area for the Sound Pressure Level of the AC. The second is done directly in the cabin with the AC condition on external power source. Furthermore, CFD simulation is used to find out the contour of the distribution. This research has conducted two main simulation by verying current AC diffuser, circle (KA\_1) and square diffuser (KA\_2), to obtain it's noise contour. The KA\_1 and KA\_2 simulations have the similar range of sound pressure level as the speed and pressure are not much different, but the result of the distribution of air flow in KA\_1 is more widely distributed. SPL results on KA\_1 and KA\_2 in passanger sitting condition are 8 dB and 6.15 dB and for standing condition 14,5 dB and 16,5 dB.*

**Keywords** : AC, Noise, CFD, and Flow.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya tugas akhir beserta laporan tugas akhir yang berjudul **ANALISISA KEBISINGAN PADA GERBONG KERETA BANDARA SOEKARNO-HATTA YANG DISEBABKAN FLOW AC UNIT ACI-4001 DENGAN MENGGUNAKAN ANALISA CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)**.

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
2. Bapak Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc. dan Bapak Bagus Tris Atmaja, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Hendra Cordova, selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
4. Kedua orang tua (Bapak Subandi dan Ibu Djumiatin) serta saudara saudari (M. Nufil Regameru, Resty Puspita Rega Lestari dan Delvi Ariftha Chilmi). Terima kasih atas segala cinta, kasih sayang, doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
5. Teman, serta sahabat, yang sudah memberikan dukungan serta motivasi saya selama mengerjakan tugas akhir.
6. Seluruh teman Laboratorium Vibrasi dan Akustik diantaranya Mas Fandy, Nike, Icha, Yono, Dika, Harisma, Taufan, Hafizh dan lainnya terima kasih untuk semuanya.

7. Seluruh teman – teman Departemen Teknik Fisika angkatan 2013, khususnya untuk Yaritsa Adnin, Fanisa Zidna dan Intan Luruh terima kasih untuk semuanya.
8. Mbak Firda beserta pihak PT. INKA Madiun yang telah membantu pengukuran di PT INKA Madiun.
9. Teman-teman HMKC (Rio Akbar, Rizki Herditama, Riza Rifaldy, Ardhiansyah Widhi, Grovando Yun S, Arfiq Isa) terima kasih.
10. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidak sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 3 Juni 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
<i>Title Page</i> .....	iii
Lembar Pengesahan I.....	v
Abstrak.....	ix
<i>Abstract</i> .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Fans.....	5
2.2 Fan Noise.....	6
2.3 Centrifugal Fans.....	7
2.4 Flow Induced Noise.....	7
2.5 Interaksi <i>Fluid body</i> pada kebisingan.....	8
2.6 Attenuasi suara pada <i>unlined</i> dan <i>line ducting</i> .....	9
2.7 Attenuasi pada <i>elbow</i> .....	10
2.8 Broadband Source Noise Model.....	11
2.8.1 Proudman's Formula.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Alur Penelitian.....	15
3.2 Objek Penelitian.....	16
3.3 Simulasi CFD Pada Kereta Bandara Soekarno Hatta ...	17
3.3.1 Pre-Processing.....	17
3.3.2 Solver.....	20

3.3.3	Post-Processing .....	22
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1	Pengukuran AC pada Area Bebas .....	23
4.2	Pengukuran kebisingan pada gerbong. ....	28
4.3	Hasil Simulasi .....	31
4.3.1	Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi, Tekanan dan Kecepatan pada Variasi Desain Kereta Bandara Soekarno Hatta .....	32
4.3.2	Distribusi Aliran Udara (Streamline) Desain KA Bandara Soekarno Hatta .....	43
4.4	Validasi .....	45
4.5	Pembahasan.....	47
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>51</b>
5.1	Kesimpulan .....	51
5.2	Saran .....	51
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>53</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>55</b>
	<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 2 Ilustrasi dari body pembangkitan kebisingan dari permukaan pengangkat yang melewati arus unsteady [8].	9
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	15
Gambar 3. 2 Desain Geometri Kereta Bandara Soekarno Hatta pada CFD.	19
Gambar 3. 3 Ducting Kereta Bandara Soekarno Hatta	19
Gambar 3. 4 Meshing Geometri Kereta Bandara Soekarno Hatta	20
Gambar 3. 5 vector velocity pada ducting (tampak atas)	22
Gambar 3. 6 Kecepatan pada ducting (tampak atas)	22
Gambar 4. 1 Respon Frekuensi Bising AC Unit	27
Gambar 4. 2 Pemetaan bising dari sisi bawah AC pada Frekuensi 1000 Hz	28
Gambar 4. 3 Grafik Tingkat Tekanan Bunyi pada pengukuran dalam gerbong traksi.	29
Gambar 4. 4 Persebaran nilai TTB pada frekuensi 1250 Hz	29
Gambar 4. 5 Persebaran nilai TTB pada frekuensi 2000 Hz	30
Gambar 4. 6 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi pada titik tengah (a)	31
Gambar 4. 7 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi pada titik tengah (b)	31
Gambar 4. 8 Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Lingkaran	32
Gambar 4. 9 Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Lingkaran	33
Gambar 4. 10 Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Omega SST diffuser Lingkaran	33
Gambar 4. 11 Pemetaan tekanan dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Lingkaran	34
Gambar 4. 12 Pemetaan tekanan dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Lingkaran	34
Gambar 4. 13 Pemetaan tekanan dengan model viscous K-Omega SST diffuser Lingkaran	35
Gambar 4. 14 Pemetaan TTB dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Lingkaran	36

Gambar 4. 15 Pemetaan TTB dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Lingkaran .....	36
Gambar 4. 16 Pemetaan TTB dengan model viscous K-Omega SST diffuser Lingkaran .....	37
Gambar 4. 17 Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Persegi .....	38
Gambar 4. 18 Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Persegi.....	38
Gambar 4. 19 Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Omega SST diffuser Persegi .....	39
Gambar 4. 20 Pemetaan pressure dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Persegi .....	40
Gambar 4. 21 Pemetaan pressure dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Persegi.....	40
Gambar 4. 22 Pemetaan pressure dengan model viscous K-Omega SST diffuser Persegi.....	41
Gambar 4. 23 Pemetaan TTB dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Persegi .....	42
Gambar 4. 24 Pemetaan TTB dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Persegi.....	42
Gambar 4. 25 Pemetaan TTB dengan model viscous K-Omega SST diffuser Persegi.....	43
Gambar 4. 26 Streamline dengan Diffuser Lingkaran .....	44
Gambar 4. 27 Streamline dengan Diffuser Persegi.....	45
Gambar 4. 28 Hasil Simulasi Sound Power Level pada empat titik .....	46
Gambar 4. 29 Penambahan rockwool pada end wall dan pada bawah plate .....	49
Gambar 4. 30 Penambahan bahan absorption disekitar fans .....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesific sound power (dB) pada beberapa tipe fans ...	5
Tabel 2. 2 Specific sound power levels pada tipe fans dengan ukuran wheel (dB) .....	6
Tabel 2. 3 Attenuasi (dB/m) pada unlined rectangular sheet-metal ducts .....	10
Tabel 2. 4 Atenuasi suara untuk 90 <sup>0</sup> rectangular duct elbows dengan fiberglass lining 25mm, dengan turning vanes (dB) .....	11
Tabel 3. 1 Kondisi batas kereta pada simulasi .....	18
Tabel 3. 2 Penentuan Parameter Simulasi Tahap Solver .....	21
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran pada Skenario Pertama .....	23
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran pada Skenario Kedua .....	25
Tabel 4. 3 Nilai Tingkat Tekanan Bunyi Pada Gerbong Traksi ..	46

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kereta Api merupakan alat transportasi yang paling banyak digunakan. Kehadiran kereta api khususnya kereta jenis KRL (Kereta Rel Listrik) mampu mengurangi macet secara signifikan khususnya daerah ibukota Jakarta. Sehingga kebutuhan akan transportasi masyarakat Indonesia semakin lama semakin meningkat, terutama kebutuhan akan transportasi darat atau dalam bahasan ini berkaitan dengan kereta api. Hal ini dapat dilihat dari data PT Kereta Api Indonesia yang menunjukkan semakin tahun terjadi kenaikan jumlah penumpang dari tahun 2013-2015. Peningkatan jumlah penumpang khususnya untuk kereta listrik KRL Commuter Line dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang pesat. Tahun 2011, jumlah penumpang KRL baru sebanyak 331.760 orang perhari. Namun di tahun 2015, rekor tertinggi jumlah penumpang mencapai 914,840 orang/hari [1]. Beberapa sumber kebisingan yang ada dalam kereta api antara lain kebisingan dari daerah roda dan rel yang menjadi sumber kebisingan utama, selain itu kebisingan dari *inverter*, kompresor dan kebisingan dari sistem pendingin udara (AC) [2].

*Air Conditioner* merupakan suatu sistem *heat exchanger* atau alat pengkondisi udara yang merupakan modifikasi pengembangan dari teknologi pendingin. sistem pendingin udara dapat diklasifikasikan menurut aplikasi mereka sebagai (1) sistem pendingin kenyamanan udara dan (2) sistem pendingin udara proses [3]. Alat ini dipakai bertujuan untuk memberikan udara yang sejuk dan menyediakan uap air yang dibutuhkan bagi tubuh sehingga memberikan kenyamanan bagi seseorang yang berada pada ruang tersebut. Tingkat kenyamanan suatu ruang ditentukan oleh temperatur, kelembaban, sirkulasi, tingkat kebersihan udara, dan tingkat tekanan bunyi. Kebisingan yang bersumber dari sistem pendingin AC berasal dari kegiatan beberapa komponen pada AC. Dari beberapa komponen yang ada, kompresor, dan *exhaust fan* memiliki peran terbesar pada kebisingan yang diakibatkan oleh

sistem pendingin. *Fan* untuk sistem *Variabel Air Volume* harus dipilih untuk puncak efisiensi pada titik operasi sekitar 70 sampai 80% dari maksimum yang diperlukan kapasitas *system*. Ketika kipas kecil dioperasikan pada kapasitas yang lebih tinggi, maka akan menghasilkan hingga 5 dB lebih besar [3]. Dan kebisingan yang disebabkan *flow*, ditransmisikan dari masing-masing sumber pada interior melalui kedua jalur *exhaust*. Transmisi dari *structure borne* sering kali lebih dominan pada frekuensi rendah sedangkan untuk transmisi dari *flow* udara pada frekuensi yang lebih tinggi [2].

Masalah resonansi gelombang akustik pada *heat exchangers* dapat dijumpai pada beberapa aplikasi, termasuk pada *chemical process exchangers*, air heaters, *power-generation boilers*, *marine boilers*, *conventional powerplants*, *nuclear powerplants*, dan *heat-recovery heat exchangers*. Peralatan lainnya dimana terjadi nya resonansi akustik disebabkan oleh aliran yang terjadi di dalam chamber yang juga termasuk pada *turbojet engine compressors*, *turning vanes* dari *wind tunnels*, piringan di *wind tunnel*, dan *combustion chambers* dari *rocket engines*.

*Flow-induced noise* pada *heat exchangers* adalah fenomena yang sangat kompleks. Kompleksitas ini disebabkan oleh beberapa faktor yang menimbulkan kebisingan dan redaman mekanisme dari jenis sumber suara didalam *duct*, dan dengan efek kopling fluida akustik struktural. Untuk memprediksi *flow-induced noise* dari *bluff bodies* didalam *duct*, perlu untuk mengetahui jenis sumber *aeroacoustic* yang diciptakan oleh aliran, kekuatan dan arahnya. Selain itu, *acoustic damping* dan *sound attenuation mechanisms* didalam *duct* harus dipertimbangkan. Dalam kasus-kasus tertentu suara juga dapat mempengaruhi proses generasi vortex. Efek kopling fluida-akustik ini juga harus dipertimbangkan [4] [5].

Tetapi tidak disadari bahwa beberapa komponen kereta ini menimbulkan suatu kebisingan, namun juga memberi dampak pada bising lingkungan maupun bising internal yang dirasakan para pengguna jasa KRL tersebut. Bising pada kereta disebabkan adanya sumber-sumber bising pada kereta seperti, interaksi roda kereta dengan rel, *bogie*, AC unit, kompresor, *inverter*,

aerodinamik dan turbulensi. Amplitudo suara aerodinamis yang dihasilkan di duct adalah umumnya sebanding dengan antara 5 dan 6 power dari kecepatan aliran udara *duct* pada sekitar *duct fitting*. Jadi dengan mengurangi kecepatan aliran udara pada duct akan mengurangi aliran yang menyebabkan bising [6]. Sumber-sumber bising tersebut perlu diidentifikasi untuk mengetahui komponen sumber bising mana yang memberi kontribusi besar dan bagaimana penanganannya. Sehingga perlu adanya sebuah analisa tentang kebisingan. Permasalahan yang telah didapatkan sebelumnya mengarah pada judul penelitian yang diusulkan yaitu “Analisa kebisingan pada gerbong kereta bandara Soekarno-Hatta yang disebabkan *flow* AC unit ACI-4001 dengan menggunakan Analisa CFD (*Computational Fluid Dynamics*)”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah bagaimana analisa pola persebaran kebisingan di gerbong kereta akibat AC unit ACI-4001.

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan permasalahan yang ada didapatkan tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menganalisa parameter akustik pada gerbong kereta bandara Soekarno-Hatta yang disebabkan oleh *flow Air Conditioner* kereta.

## **1.4 Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah maka batasan masalah dari tugas akhir ini adalah :

- a. Objek yang diukur adalah gerbong traksi.
- b. Pengukuran dilakukan dalam keadaan statis
- c. Simulasi menggunakan ANSYS WORKBENCH 17
- d. Simulasi dilakukan pada satu gerbong pada kereta bandara Soekarno-Hatta

## **1.5 Sistematika Laporan**

Sistematika penulisan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika laporan.

### **BAB II Dasar Teori**

Berisi tentang pengertian dan proses flow induced noise dan perancangannya simulasi.

### **BAB III METODOLOGI**

Berisi tentang langkah-langkah perancangan simulasi dengan ansys serta pengukuran di lapangan.

### **BAB IV ANALISA DATA DAN SARAN**

Berisi tentang analisis hasil pengukuran dan hasil yang didapatkan dari simulasi.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan hasil yang didapatkan setelah dilakukan simulasi

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Fans

*Fan* adalah sumber bising yang dominan dari beberapa system pendingin. Berdasarkan dari tipenya, fan memiliki banyak perbedaan karakteristik. Pada tabel 2.1 menandakan bahwa *Spesific sound power* pada tiap tipe *fans* akan mempunyai spectrum yang bervariasi tergantung dari jenis laju aliran yang diberikan.

**Tabel 2. 1** *Spesific sound power* (dB) pada beberapa tipe *fans* [7]

Fan Type	Centre Frequency - Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Centrifugal Airfoil	35	35	34	32	31	24	18	10
Centrifugal Backward Curved	35	35	34	32	31	24	18	10
Centrifugal Radial	48	45	43	43	38	33	30	29
Centrifugal Forward Curved	40	38	38	34	28	24	21	15
Vane Axial	42	39	41	42	40	37	35	25
Tube Axial	44	42	46	44	42	40	37	30
Propeller Axial	51	48	49	47	45	45	43	31
Tubular Centrifugal	46	43	43	37	37	32	28	25

*Backward centrifugal fans* mempunyai spesifik *noise output* yang terendah walaupun menggunakan airfoil, melengkung atau datar. *Radial centrifugal fans* adalah *fans* yang mempunyai karakteristik terburuk jika dibandingkan. *Noise* yang dihasilkan *radial centrifugal* adalah nilai oktaf rentang rendah hingga pertengahan dengan nilai relatif rendah pada oktaf tinggi. *Tubular* dan *forward curved centrifugal fans* memiliki karakteristik yang mirip dengan tipe backward centrifugal namun karena kurang efisien, mereka memiliki keluaran suara spesifik yang lebih tinggi di semua oktaf. *Axial fans* adalah tipe *fans* berperforma terburuk bersama dengan baling-baling, *axial fans* menghasilkan tingkat kebisingan spesifik yang tinggi di seluruh spektrum. Pada unit AC ACI-4001 menggunakan tipe *fans Centrifugal Backward*.

## 2.2 Fan Noise

*Fan* adalah perangkat untuk memindahkan udara yang memanfaatkan kekuatan dorong impeller yang berputar. *Fan* memiliki setidaknya satu lubang *inlet* dan setidaknya satu *outlet*. bukaan mungkin atau mungkin tidak memiliki unsur untuk koneksi ke saluran kerja. Perbedaan pengaplikasian *fans* membutuhkan *fans* dengan karakteristik performa yang berbeda. Pada karakteristik operasi termasuk karakteristik *noise* pada *fans* ditentukan oleh design dari putaran impeller. *Centrifugal fans* bisa dikarakteristikan dengan tipe dari *blade* yang digunakan. Tipe *centrifugal fans* antara lain *forward-curved*, *airfoil* dan *radial*. Dan tipe untuk *axial fans* antara lain *veneaxial fans*, *tubeaxial fans* dan *propeller fans*. Kebutuhan performa dari *fans* digunakan untuk memanaskan, ventilasi, dan sistem *air conditioning relative* mudah untuk ditemui, karena tidak ada spesifikasi berat yang disebutkan di atas (korosi seperti) adalah bagian dari kriteria seleksi. Karena itu, yang diseleksi dapat digunakan sebagai basis dari karekteristik *noise*.

**Tabel 2. 2** *Specific sound power levels* pada tipe *fans* dengan ukuran *wheel* (dB) [7]

Fan Type	Wheel Size	Octave band center frequency, Hz								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	BFI
Centrifugal airfoil, backward- curved, backward- inclined, forward- curved Radial blade and pressure blower	Over 900 mm	40	40	39	34	30	23	19	17	3
	Under 900 mm	45	45	43	39	34	28	24	19	3
	All	53	53	43	36	36	31	26	21	2
	Low pressure (1 to 2.4 kPa)	56	47	43	39	37	32	29	26	7
	Medium pressure (1.5 to 3 kPa)	58	54	45	42	38	33	29	26	8
	High Pressure (3.7 to 15 kPa)	61	58	53	48	46	44	41	38	8
Vane axial (Hub Ratio)	0.3 - 0.4	49	43	43	48	47	45	38	34	6
	0.4 - 0.6	49	43	46	43	41	36	30	28	6
	0.6 - 0.8	53	52	51	51	49	47	43	40	6
Tubeaxial	Over 1000 mm	51	46	47	49	47	46	39	37	7
	Under 1000 mm	48	47	49	53	52	51	43	40	7
Propeller general Vent	All	48	51	58	56	55	52	46	42	5

### 2.3 Centrifugal Fans

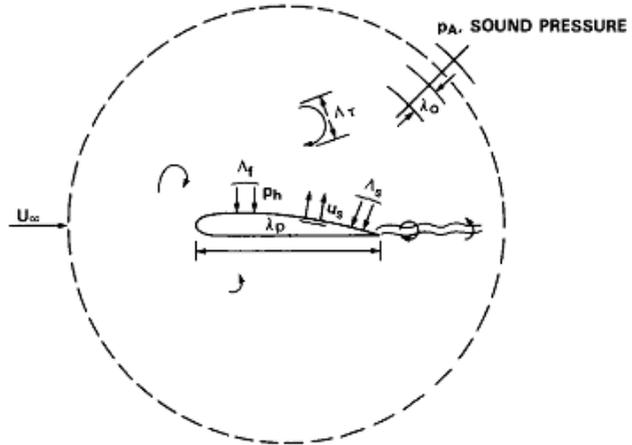
*Fans* sentrifugal memindahkan udara dan menciptakan tekanan sebagian oleh tindakan sentrifugal dan sebagian oleh kecepatan berputar. Gaya sentrifugal terbuat dari kolom udara yang berputar yang dimana melingkupi antara blade dari fans. Gaya tangensial  $u$  ada juga disebabkan oleh rotasi dari rotor. Oleh sebab itu, udara meninggalkan rotor dengan absolut vector yang dimana resultan dari tangensial dan radial *vectors*. Ini dapat dilihat pada gambar bahwa vector  $v_r$  dapat dikontrol dengan merubah bentuk *blade* dari sentrifugal *fan*. Pada *backward centrifugal blade* desain nya ada 3 tipe antara lain *airfoil blade*, *backwardly curved blades*, dan *backwardly inclined blades*. *Fans* ini mempunyai nilai efisiensi tertinggi dari semua *centrifugal fan design* dan mengenerate *sound power level* terendah.

### 2.4 Flow Induced Noise

Suara dapat dipancarkan setiap kali ada gerakan relatif di antara dua fluida atau antara fluida dan permukaan. Contoh kebisingan yang disebabkan aliran dan telah menjadi perhatian utama adalah jet industri dan katup, mobil, pesawat terbang, helikopter, mesin pemotong kayu, kipas ventilasi, baling-baling laut, dan mesin pemotong rumput *rotary* rumah tangga. Studi tentang getaran dan suara *fluid-dynamic* bersifat empiris dan analitis. Ini bersifat analitis pada rumusan variabel getaran dan suara dalam hal parameter dinamika fluida, bersifat struktural-dinamis, serta proses akustik ditentukan dari hukum gerak. Ciri khas dari sumber kebisingan dari mesin *fluidic* yang berdasarkan sistem waktu bervariasi yang diterapkan pada satu atau lebih komponen pada mesin adalah suara dipancarkan dari reaksi fluida, gaya dan juga dari getaran paksa dari struktur yang bersentuhan dengan fluida. Subjek *flow induced sound* juga harus mencakup karakteristik transmisi akustik dari dua media fasa. Hal ini karena di banyak aliran hidrodinamika, medium akustiknya bergelembung, dan sumber suaranya adalah dinamika gelembung atau kavitasi. *Flows* seperti itu penting dalam suara deras aliran fluida dan baling-baling.

## 2.5 Interaksi *Fluid body* pada kebisingan

Di hampir semua masalah kebisingan yang dikarenakan aliran, sumber energi untuk terjadinya suara berasal dari beberapa aliran yang tidak stabil. Ketidakstabilan aliran tidak selalu akan menjadi aliran yang turbulen atau acak. Ada beberapa hal yang menyebabkan *tonal sound* (*whistles*, *cavity tones*, *propeller dan turbine blades*) yang akan termasuk gangguan sinusoidal pada aliran. Pada kasus lain dengan aliran yang menyebabkan kebisingan dan getaran, terutama pada kecepatan aliran yang rendah (atau *mach number*), akan melibatkan area turbulensi yang terbatas menjadi bebas dari *solid boundaries* (*jets*) atau terjadi kontak dengan *body*. Pada aliran turbulen, viskositas bertanggung jawab atas daerah aktivitas dari fluida dan pencampuran yang relatif intens. Untuk saat ini suara diproduksi setiap kali *vortex line* diregangkan atau relative dipercepat terhadap medium akustik. Setiap kali *vortex lines* diregangkan atau relative dipercepat terhadap *body* di aliran, gaya diberikan pada antarmuka *body* dari fluida. Secara klasik, inilah mekanisme dari gaya angkat pada sayap. Gambar 2.2 mengilustrasikan contoh, yang menunjukkan parameter pembangkitan kebisingan dari permukaan pengangkat yang melewati arus *unsteady*.



**Gambar 2. 1** Ilustrasi dari body pembangkitan kebisingan dari permukaan pengangkat yang melewati arus unsteady [8].

Ketidakstabilan arus terdiri dari turbulensi aliran bebas dari ukuran rata-rata *vortex*  $\Lambda_\tau$ , turbulensi *boundary layer* dihasilkan pada *body* dan panjangnya skalanya  $\Lambda_f$ , pemisahan aliran didekat *trailing edge* dan gangguan tambahan di bangun dengan ukuran rata-rata  $\Lambda_s$ , semua gangguan pada batas akan menghasilkan tekanan permukaan  $p_h$  pada *body*. Respon yang diberikan pada semua tekanan permukaan, *body* akan menghasilkan getaran dengan panjang gelombang  $\lambda_p$ . Tekanan suara dipancarkan dari turbulensi sendiri, distribusi gaya pada permukaan, dan gerak tubuh. Tekanan suara dari semua sumber bergantung pada amplitudo dan fasa dari masing-masing penyebab suara.

## 2.6 Attenuasi suara pada *unlined* dan *line ducting*

Kebisingan pada *unlined duct* dilemahkan oleh transmisi energi akustik melewati *duct wall* dan kemudian di radiasikan kembali kebisingan nya pada ruang-ruang yang ada pada ducting. Mekanisme ini memberikan atenuasi, sejak suara ditransmisikan

pada *ducting* berkurang tingkatannya. Berikut adalah table yang disediakan untuk atenuasi *unlined sheet metal ducts*.

**Tabel 2. 3** Attenuasi (dB/m) pada unlined rectangular sheet-metal ducts [8]

Perimeter/Area ratio, cm/cm <sup>2</sup>	Octave band center frequency, Hz			
	31.5	63	125	250
Over 0.12	0.3	0.3	1.0	0.3
0.12 to 0.05	0.3	1.0	0.3	0.3
Under 0.05	1.0	0.3	0.3	0.3

Jika *unlined duct* melewati ruang yang berkecukupan dimana *noise level* yang rendah dibutuhkan, suara dengan frekuensi rendah yang berlebihan dapat di transmisikan dari *ducting* ke ruang tersebut, terutama jika lokasinya dekat dengan *fan*. Tingkatannya suara yang diradiasikan bergantung pada beberapa hal antara lain level suara pada *ducting*, *cross section area ducting*, panjang *ducting* pada *occupied space*, *transmission loss* pada dinding *ducting*. Pada tabel atenuasi yang ditampilkan hanya pada frekuensi rendah karena pada tabel 2.1 untuk nilai dB tertinggi ada pada frekuensi rendah yaitu 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, dan 250 Hz.

## 2.7 Attenuasi pada *elbow*

*Right angle elbow* membelokkan beberapa suara kembali ke sumber, dengan hasil pada atenuasi suara di *ducting*. Perkiraan nilai atenuasi suara pada *elbow* dapat dilihat pada table berikut:

**Tabel 2. 4** Atenuasi suara untuk 90<sup>0</sup> *rectangular duct elbows* dengan *fiberglass lining* 25mm, dengan *turning vanes* (dB) [8]

Width of duct in the plane of the turn, cm	Octave band center frequency, Hz						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
12.5 to 25	0	1	1	2	3	4	6
27 to 51	0	1	2	3	4	6	8
53 to 102	1	2	3	4	5	6	8
104 to 203	2	3	3	5	6	8	10

Pada kecepatan tinggi (10 m/s), sebuah belokan dapat mengakibatkan sumber bising sebagai hasil dari turbulensi yang terjadi pada belokan. Turbulensi pada *ducting circular* lebih rendah dari pada *square ducting*. Terjadinya turbulensi pada belokan dapat dikurangi dengan cara pemutaran baling-baling, yang mempunyai aerodinamik *airflow* yang baik. Dan *turning vanes* harus dipasang dengan teliti karena dapat menjadi sebuah sumber bising jika tepi dari *vanes* ada yang bengkok saat instalasi.

## 2.8 Broadband Source Noise Model

*Broadband Source Noise Model* adalah model numerik dari akustik untuk *steady state* RANS (*Reynolds Averaged Navier-Stokes*) CFD berikut yang termasuk dalam *Broadband Source Noise Model*

### 2.8.1 Proudman's Formula

Proudman menggunakan analogi Lighthill's akustik analogi, menurunkan sebuah rumus dari daya akustik yang dihasilkan dari turbulensi isotropic tanpa aliran rata-rata. Derivasi dari rumus proudman menghasilkan daya akustik pada satuan volume turbulensi isotropic ( $W/m^3$ )

$$P_A = \alpha \rho_0 \left(\frac{u}{\ell}\right)^3 \frac{u^5}{a_0^5} \quad (2.1)$$

Dimana  $u$  dan  $\ell$  adalah kecepatan turbulensi dan skala panjang turbulensi dan  $a_0$  adalah kecepatan suara,  $\rho_0$  adalah *far field density* ( $\text{kg/m}^3$ ). Pada hal  $k$  dan  $\varepsilon$  persamaan diatas dapat ditulis kembali menjadi

$$P_A = a_\varepsilon \rho_0 \varepsilon M_t^5 \quad (2.2)$$

Dimana dalam terminology nilai  $a_\varepsilon$  sebesar 0.1

$$M_t = \frac{\sqrt{2k}}{a_0} \quad (2.3)$$

Formula Proudman memberi perkiraan kontribusi lokal terhadap daya akustik total per satuan *volume* di bidang turbulensi tertentu.

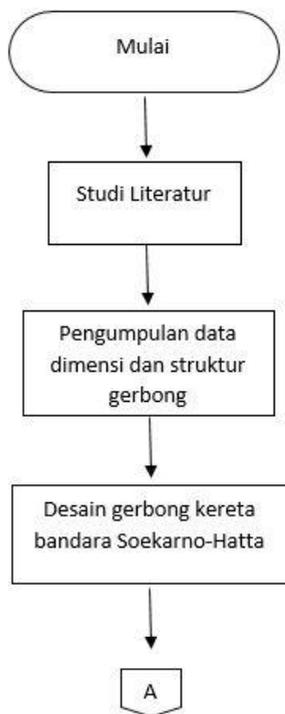
### **BAB III**

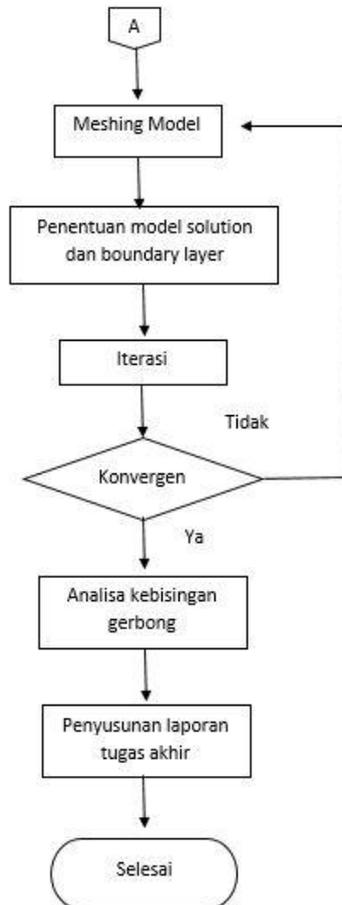
## **METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi yang digunakan untuk mencapai tujuan dari tugas akhir ini dijelaskan melalui tahap-tahap penelitian sebagai berikut.

- a. Pengumpulan data gerbong seperti spesifikasi dari gerbong kereta bandara Soekarno Hatta, data material penyusun gerbong dan spesifikasi teknis dari unit AC ACI 4001
- b. Tahap preprocessing, pada tahap ini perancangan desain gerbong kereta bandara Soekarno Hatta menggunakan design modeler pada ANSYS WORKBENCH 17.1
- c. Pada tahapan meshing, dimensi dari gerbong kereta Soekarno Hatta dimeshing hingga parameter nilai pada meshing mendapatkan hasil yang baik
- d. Tahapan selanjutnya adalah solver, tahapan ini berupa penentuan skala model, dan perhitungan iterasi
- e. Analisa hasil dilakukan pada tahap post processing. Yaitu dengan menganalisa hasil persebaran pada velocity, pressure dan parameter akustiknya.
- f. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil dari simulasi dengan rumus sound pressure level dan juga dibandingkan dengan hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan.
- g. Penyusunan laporan penelitian tugas akhir.

*Flowchart* tugas akhir dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini





**Gambar 3. 1** Diagram alir penelitian

### 3.1 Alur Penelitian

Tugas akhir ini berupa penelitian pada gerbong kereta bandara Soekarno Hatta yang diproduksi oleh PT INKA Madiun. Tugas akhir ini dimulai dari penentuan kereta api yang akan diteliti yaitu Kereta bandara soekarno hatta. Kereta ini memiliki AC dengan jenis AC center yang letaknya ditengah atap kereta. Pengambilan

data spesifikasi, jenis material, ukuran, pengambilan data bising pada AC dan gerbong yang ada di kereta bandara Soekarno Hatta dilakukan di PT INKA Madiun.

### 3.2 Objek Penelitian

Kereta Bandara Soekarno Hatta PT INKA merupakan kereta listrik yang akan beroperasi pada tahun 2017 yang diproduksi oleh PT INKA Madiun. Kereta ini digunakan dari stasiun kota dan manggarai yang akan berakhir di stasiun bandara soekarno hatta. Kereta Soetta adalah kereta listrik yang digunakan oleh Kementerian Perhubungan Indonesia guna mendukung konektivitas transportasi dari jakarta menuju Bandara International Soekarno Hatta dan untuk juga dapat mengurangi jumlah penggunaan kendaraan pribadi sehingga mengurangi kepadatan lalu lintas . Untuk spesifikasi gerbong dari kereta bandara soekarno hatta dapat dilihat pada Lampiran A.

*Air Conditioning* (AC) yang digunakan pada Kereta Bandara Soekarno Hatta adalah unit AC ACI 4001. AC ACI 4001 menggunakan 4 buah kompresor horizontal dengan *type fully hermetic* dan *scroll*. Pada kompresor tipe *fully hermetic* memiliki kompresor maupun *driving* motor AC pada *single hermetic steel case*, motor didalam case juga didinginkan menggunakan refrigerant. Sehingga, kompresor memiliki dimensi yang kecil dan ringan. Selain itu *audible noise* yang terjadi juga rendah. Kompresor didesain dan diproduksi oleh HITACHI untuk bersifat robust terhadap guncangan dan getaran secara mekanikal. Unit AC memiliki empat sistem pendingin, dimana masing-masing memiliki satu kompresor tersendiri. Pada tiap sistem pendingin juga kedap udara. Tidak adanya sambungan berulir atau valve didalam rangkaian sistem pendingin menghindari terjadi kebocoran *refrigerant* dan tidak perlu melakukan *charging* ulang selama AC beroperasi. AC unit ACI 4001 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Debit keluaran tiap AC =  $90 \text{ m}^3/\text{min}$
- Debit return air oleh AC =  $64 \text{ m}^3/\text{min}$
- Kapasitas pendingin AC =  $40000 \text{ kcal/h}$
- Temperature keluaran koil evaporator =  $27^\circ\text{C}$

- Kelembaban dari AC = 65%

### **3.3 Simulasi CFD Pada Kereta Bandara Soekarno Hatta**

Desain Simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aliran udara yang ada di kereta Soetta PT INKA dan distribusi pressure serta akustiknya di ruang kereta. Dalam hal ini simulasi menggunakan software ANSYS WORKBENCH 17.1 yang dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut

#### **3.3.1 Pre-Processing**

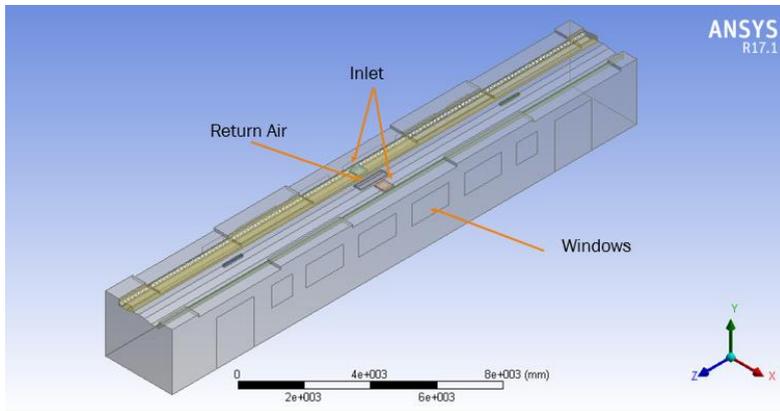
Pada tahap Pre-Processing dimulai dengan membuat desain geometri 3D yang bisa menggunakan beberapa software design, namun pada tugas akhir ini pembuatan geometri menggunakan *Design Modeler* pada ANSYS. Sketsa untuk pembuatan gerbong dibuat pada bidang YZ Plane dengan ukuran 2840 x 2378 mm. Kemudian sketsa yang telah dibuat di bidang YZ di *extrude* dengan ukuran 9895 mm dengan arah *both symmetric*. Desain pada Design Modeler adalah desain yang merepresentasikan ukuran dan kondisi asli Kereta Bandara Soekarno Hatta. Geometri didekatkan dengan bentuk-bentuk yang sederhana tetapi tidak mengubah dimensi dari bendanya. Terdapat satu buah AC central untuk mendinginkan seluruh ruang dalam gerbong Kereta Soetta yang mempunyai dua keluaran ke arah x (+) dan x (-). Model ducting dibuatkan lubang untuk supply ke ruangan dengan dimensi lingkaran dengan diameter 100 mm untuk KA\_1 dan luasan untuk KA\_2 sebesar 100x100 mm dengan jumlah keluaran sebanyak 130 buah . Model ini memiliki pengarah-pengarah dengan sudut 45°.

*Meshing* dilakukan dengan *meshing edge*, dimana dengan ukuran elemen yang berbeda-beda. Untuk car body dan ducting *meshing* dilakukan dengan ukuran 20 mm. Hal ini dilakukan untuk membuat ketelitian perhitungan serta memperingan load komputasi. *Meshing* geometri bertipe *CutCell*. Untuk kondisi batas hanya parameter dari kecepatan dan tekanan yang di isi karena untuk model energy pada ansys di matikan.

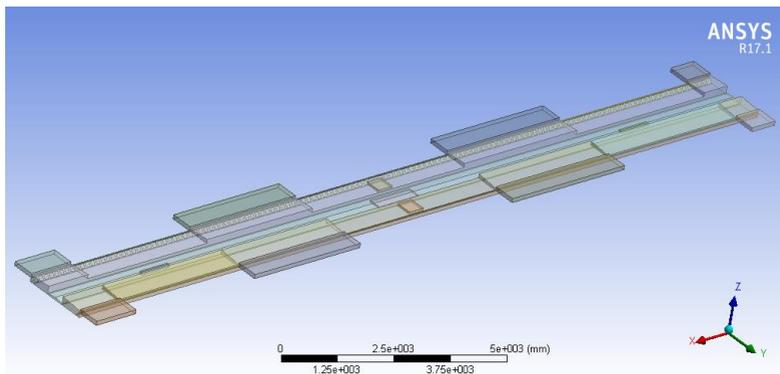
**Tabel 3. 1** Kondisi batas kereta pada simulasi

Nama	Keterangan	Tipe Kondisi Batas
Inlet	Velocity = 12.576 m/s	inlet 1&2
Outlet	Pressure = 294 Pa	Return Air
Atap	Default	Wall
Lantai Meeting Room	Default	Wall
Dinding Kanan	Default	Wall
Dinding Kiri	Default	Wall
Dinding depan	Default	Wall
Dinding Belakang	Default	Wall
Jendela Kanan	Default	Wall
Jendela Kiri	Default	Wall
Jendela Depan	Default	Wall
Jendela Belakang	Default	Wall

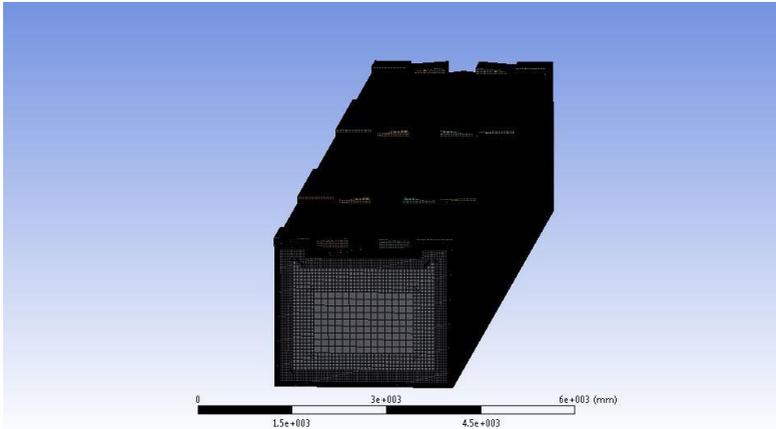
Pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 adalah hasil pembuatan desain geometri dengan simulasi CFD. Langkah selanjutnya adalah *mesh* dari geometri yang telah dibuat dimana ukuran *mesh* untuk semua parameter adalah 20 mm dan metode yang digunakan adalah *Cutcell*. Kondisi batas untuk semua desain simulasi CFD dibuat sama seperti pada Tabel 3.2.



**Gambar 3. 2** Desain Geometri Kereta Bandara Soekarno Hatta pada CFD



**Gambar 3. 3** Ducting Kereta Bandara Soekarno Hatta



**Gambar 3. 4** *Meshing* Geometri Kereta Bandara Soekarno Hatta

Pada Gambar 3.4 adalah *meshing edge sizing* pada geometri Kereta Bandara Soekarno Hatta. Element yang dihasilkan dari *meshing* sebanyak 2229568 elemen. Karena jumlah elemen yang banyak sehingga gambar 3.4 tidak terlihat bentuk dari cacahan elemennya. Simulasi CFD yang dibuat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Simulasi KA\_1 : Model Kereta Bandara Soekarno Hatta dengan diffuser berbentuk lingkaran.
- Simulasi KA\_2 : Model Kereta Bandara Soekarno Hatta dengan diffuser berbentuk persegi.

Dalam simulasi CFD ini akan diteliti kontur distribusi kecepatan, tekanan, *Sound Power Level* dan aliran udara (*streamline*) pada semua desain model Kereta Bandara Soekarno Hatta.

### 3.3.2 Solver

Tahapan ini berupa penentuan skala model, dan perhitungan iterasi dengan parameter pada tabel 3.2 yang telah ditentukan sebelumnya. Persamaan yang digunakan dalam penyelesaian ini

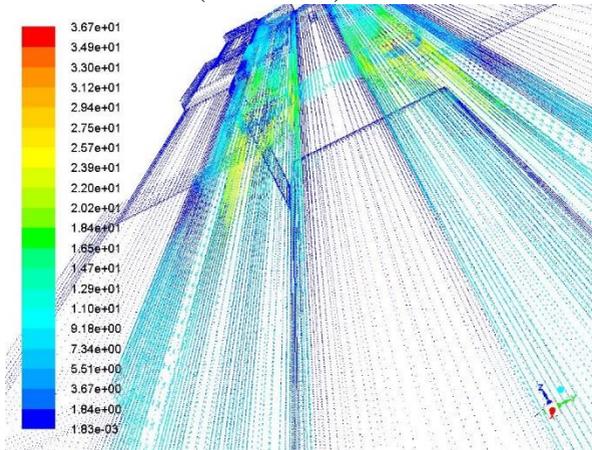
adalah persamaan akustik dan model turbulen k-epsilon standard, k-epsilon realizable dan k-omega SST

**Tabel 3. 2** Penentuan Parameter Simulasi Tahap *Solver*

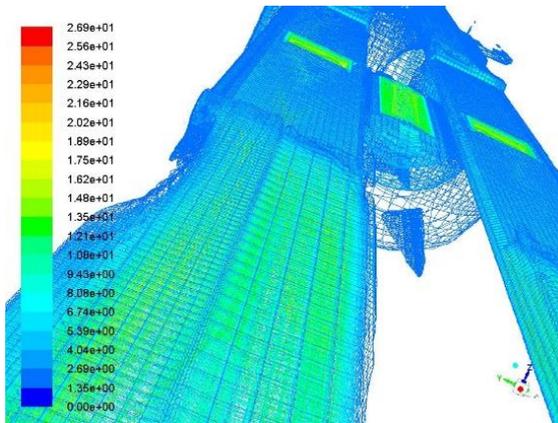
<b>No</b>	<b>Parameter</b>	<b>Jenis</b>
1	<i>Model</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>K-<math>\omega</math> SST</i></li> <li>• <i>pressure based steady</i></li> <li>• <i>K-epsilon Realizable</i></li> <li>• <i>K-epsilon Standard</i></li> </ul>
2	<i>Operating conditions</i>	$P = 294 \text{ Pa}$ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ $\rho = 1,2257 \text{ kg/m}^3$
3	<i>Boundary Condition</i>	<i>Velocity Inlet; <math>V_{ref} = 12.764 \text{ m/s}</math></i> <i>Pressure Outlet; Pressure gauge = 0 pascal</i>
3	Model Geometri	3 Dimensi
4	Keadaan	<i>Steady</i>
5	<i>Material Properties</i>	<i>Fluid : Air</i> <i>Solid :</i> <i>Aluminium</i>
6	<i>Solution methods</i>	<i>SIMPLEC scheme</i> <i>Gradient :Least Squares Cell Based</i> <i>Pressure : Second Order</i> <i>Momentum : First Order Upwind</i> <i>Turbulent Kinetic Energy: First Order Upwind</i> <i>Specific Dissipation Rate : First Order Upwind</i>
7	<i>Convergence</i>	$1.6 \times 10^{-5}$

### 3.3.3 Post-Processing

Tahap ini adalah hasil dari perhitungan iterasi simulasi CFD yang dapat ditampilkan dengan kontur kecepatan udara serta pergerakan aliran udara (*Streamline*).



**Gambar 3. 5** *vector velocity* pada ducting (tampak atas)



**Gambar 3. 6** Kecepatan pada ducting (tampak atas)

## **BAB IV**

### **ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengukuran AC pada Area Bebas**

Pengukuran kebisingan unit AC ACI-4001 pada area bebas dilakukan dengan menggunakan dua skenario pengukuran. Dimana skenario pertama adalah dengan pengukuran pada bagian atas AC, sedangkan untuk scenario kedua adalah pada bagian bawah AC. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.1 dan 4.2. Pada pengukuran dilakukan pemetaan pada beberapa titik koordinat kartesian (x,y).

**Tabel 4. 1** Hasil Pengukuran pada Skenario Pertama

Posisi (cm)		Tingkat Bising (dB) pada Frekuensi 1/3 oktaf (Hz)					
x	y	125	250	500	1000	2000	4000
20.5	36.5	51.92	63.34	57.78	69.46	55.20	51.68
45.5	102.5	68.85	74.93	74.29	73.13	62.15	48.76
70.5	36.5	71.54	79.09	77.43	77.80	71.61	67.14
95.5	102.5	69.37	79.24	76.03	78.87	72.31	68.03
120.5	36.5	53.41	66.7	60.80	68.29	57.55	51.29
145.5	102.5	62.47	79.69	75.22	79.74	74.53	69.67
170.5	36.5	53.46	68.44	61.81	70.06	60.79	53.96
195.5	102.5	61.97	76.50	67.38	72.00	62.57	51.38
220.5	36.5	64.82	71.31	70.76	78.86	72.49	67.23
245.5	102.5	65.03	78.60	73.15	79.09	73.57	68.2
270.5	36.5	52.82	69.16	63.25	66.30	61.80	51.48
295.5	102.5	64.71	80.08	77.24	80.86	75.54	71.92

Posisi (cm)		Tingkat Bising (dB) pada Frekuensi 1/3 oktaf (Hz)					
x	y	125	250	500	1000	2000	4000
320.5	36.5	59.69	72.98	68.28	74.36	61.77	54.61
345.5	102.5	62.18	74.57	74.21	78.51	70.73	68.82
370.5	36.5	65.89	74.94	74.82	77.28	72.23	69.04
395.5	102.5	58.34	65.41	65.03	65.00	59.41	50.06
420.5	36.5	71.82	77.51	75.88	76.30	71.80	68.70
20.5	102.5	52.66	66.22	57.1	72.08	58.40	52.82
45.5	36.5	58.91	72.17	66.41	69.72	60.75	48.79
70.5	102.5	60.96	76.29	71.61	76.33	71.53	66.45
95.5	36.5	62.03	77.53	72.38	77.98	71.64	67.61
120.5	102.5	51.524	67.05	57.82	68.32	59.00	50.02
145.5	36.5	64.09	80.36	73.28	80.26	73.44	69.44
170.5	102.5	55.15	68.17	72.53	69.85	59.67	53.38
195.5	36.5	61.91	74.49	60.88	73.90	62.59	51.21
220.5	102.5	64.32	70.02	70.39	78.53	73.73	67.71
245.5	36.5	64.64	78.80	72.79	78.92	74.15	68.24
270.5	102.5	54.32	68.87	61.79	66.29	60.69	50.97
295.5	36.5	62.73	79.67	74.81	79.47	74.61	71.02
320.5	102.5	57.92	71.53	67.70	74.02	63.42	53.58
345.5	36.5	62.88	74.04	73.90	78.62	72.25	68.40
370.5	102.5	64.56	74.02	74.45	75.53	72.81	68.71
395.5	36.5	56.06	63.75	62.63	64.05	58.67	49.78
420.5	102.5	67.99	75.76	74.56	76.92	72.39	68.09

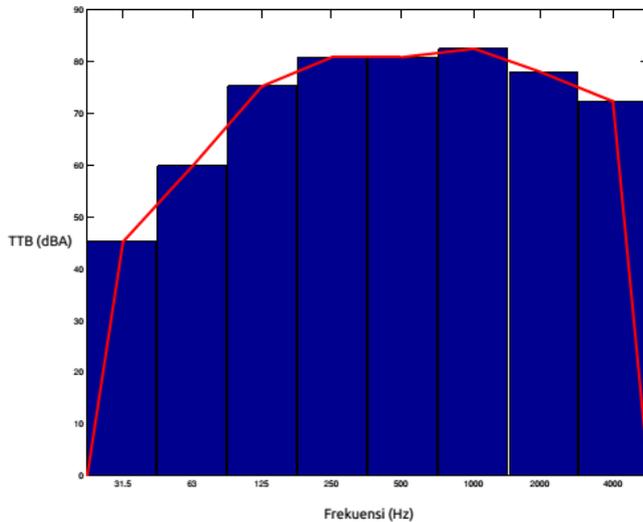
Kemudian untuk pengukuran dengan scenario pengambilan data dengan posisi sensor berada di sisi atas dapat ditunjukkan pada table 4.2.

**Tabel 4. 2** Hasil Pengukuran pada Skenario Kedua

Posisi (cm)		Tingkat Bising (dB) pada Frekuensi 1/3 oktaf (Hz)					
x	y	125	250	500	1000	2000	4000
20.5	36.5	60.41	67.45	66.92	68.78	65.81	63.10
45.5	102.5	58.41	63.27	62.37	62.56	55.96	45.38
70.5	36.5	61.40	67.63	67.74	70.39	66.90	63.08
95.5	102.5	60.28	66.60	66.50	69.49	66.12	62.52
120.5	36.5	49.85	55.04	54.48	57.37	52.57	43.88
145.5	102.5	51.27	56.41	56.51	58.70	54.64	47.42
170.5	36.5	58.98	65.43	65.49	67.78	63.23	59.14
195.5	102.5	54.24	60.76	59.69	59.87	51.23	42.12
220.5	36.5	58.16	65.13	65.08	67.61	62.42	59.07
245.5	102.5	56.56	62.48	63.83	66	61.28	56.95
270.5	36.5	47.48	52.96	52.62	54.34	48.82	40.94
295.5	102.5	48.23	53.32	53.40	54.83	49.88	42.79
320.5	36.5	61.12	66.19	66.52	67.72	65.80	62.54
345.5	102.5	57.84	62.44	62.38	61.47	55.67	45.16
370.5	36.5	62.43	67.20	67.87	69.27	67.22	64.70
395.5	102.5	60.02	65.74	66.43	68.58	66.12	62.64
420.5	36.5	63.06	66.65	66.99	69.28	66.47	62.86
20.5	102.5	60.19	65.63	66.31	68.47	65.92	62.47
45.5	36.5	50.61	56.32	54.99	56.80	52.24	44.97

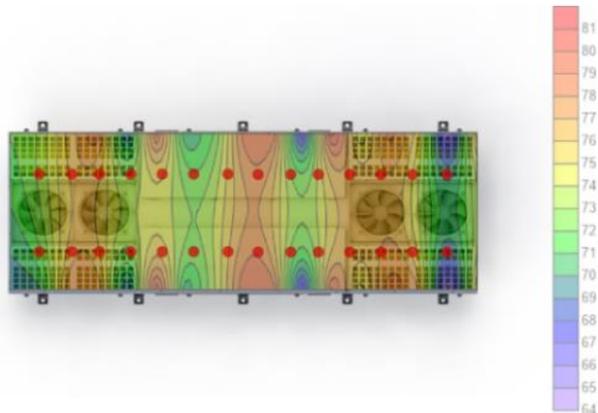
Posisi (cm)		Tingkat Bising (dB) pada Frekuensi 1/3 oktaf (Hz)					
x	y	125	250	500	1000	2000	4000
70.5	102.5	50.55	56.04	55.03	56.66	52.35	45.54
95.5	36.5	62.09	67.43	67.18	70.88	67.30	62.93
120.5	102.5	56.69	62.20	61.36	62.06	54.41	43.95
145.5	36.5	58.89	65.49	65.34	68.55	64.63	59.42
170.5	102.5	57.51	64.69	64.25	67.04	63.07	59.05
195.5	36.5	47.43	53.16	52.86	54.89	48.58	41.11
220.5	102.5	49.20	54.98	55.16	56.84	51.63	45.29
245.5	36.5	57.23	65.13	64.07	66.47	61.77	58.36
270.5	102.5	53.91	59.61	59.56	59.51	50.86	42.18
295.5	36.5	59.21	64.76	65.22	67.79	64.02	60.56
320.5	102.5	59.86	65.19	66.26	67.65	65.34	61.01
345.5	36.5	51.09	55.05	55.24	56.12	52.78	46.28
370.5	102.5	50.83	54.91	55.13	55.85	52.61	46.43
395.5	36.5	62.29	66.34	66.92	69.04	66.54	63.72
420.5	102.5	56.59	61.32	61.94	61.63	54.66	46.14

Dari hasil pengukuran yang dilakukan didapatkan hasil bahwa AC Unit mempunyai respon frekuensi yang tinggi pada frekuensi 1000 Hz. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.1.



**Gambar 4. 1** Respon Frekuensi Bising AC Unit

Pada pengukuran dengan skenario pengukuran dari bagian bawah AC didapatkan bahwa pada frekuensi 1000 hz memiliki rata-rata sebesar 74.31 dB dan pada skenario sisi bagian atas AC didapatkan tingkat tekanan bunyi sebesar 63.54 dB pada frekuensi 1000 Hz. Dan hasil yang didapatkan dalam pengukuran menyatakan bahwa sumber kebisingan terbesar terdapat pada titik keberadaan kompresor dan *fans*. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.2 yang memperlihatkan bahwa TTB besar terdapat pada bagian kompresor dan pada kipas sentrifugal yang berada di tengah bagian AC.

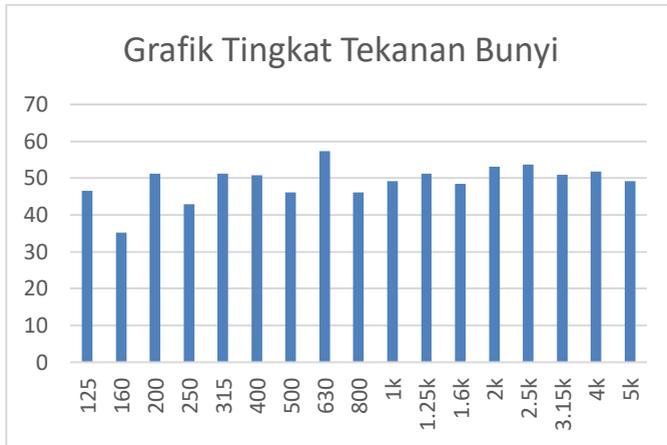


**Gambar 4. 2** Pemetaan bising dari sisi bawah AC pada Frekuensi 1000 Hz

#### **4.2 Pengukuran kebisingan pada gerbong.**

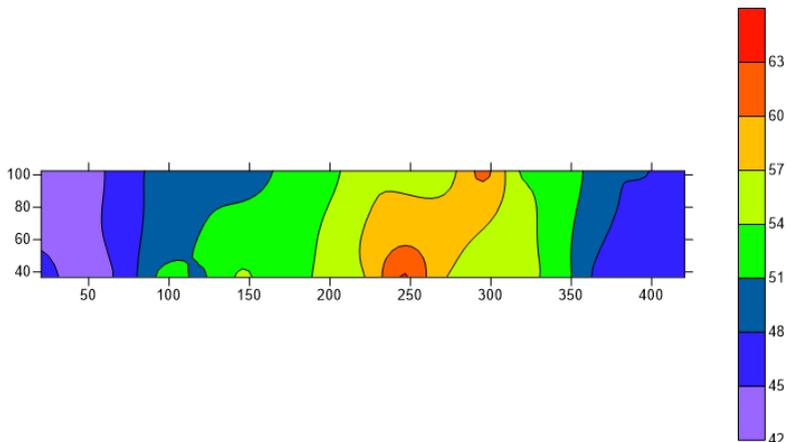
Pada pengukuran ini dilakukan dengan cara konfigurasi yang sama dengan pengukuran pada area bebas namun bedanya disini yaitu pengukuran dilakukan langsung di gerbong traksi Kereta Bandara Soekarno Hatta. Selain menggunakan konfigurasi yang sama dengan pengukuran pada ruang bebas, pengukuran pada ketinggian 1.2 meter juga dilakukan pada beberapa titik yang mewakili nilai tingkat tekanan bunyi untuk penumpang dengan kondisi duduk sedangkan pada ketinggian 1.6 meter mewakili untuk penumpang dengan kondisi berdiri.

Hasil pengukuran dengan 1/3 oktaf band ditunjukkan pada gambar grafik berikut ini



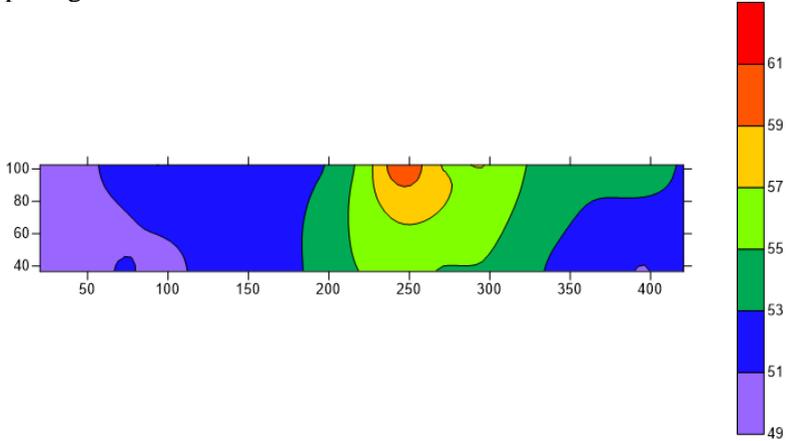
**Gambar 4. 3** Grafik Tingkat Tekanan Bunyi pada pengukuran dalam gerbong traksi.

Pada hasil pengukuran yang didapatkan untuk pengukuran di dalam gerbong kereta Soekarno-Hatta menunjukkan bahwa respon frekuensi tertinggi ada pada frekuensi 630 Hz sebesar 57.2 sedangkan nilai tingkat tekanan bunyi terbesar pada frekuensi 1250 Hz sebesar 63.8 dB pada titik  $x=245.5$   $y=36.5$ .



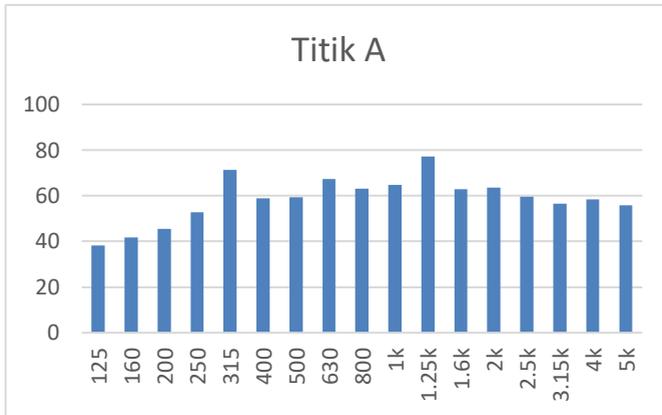
**Gambar 4. 4** Persebaran nilai TTB pada frekuensi 1250 Hz

Dari gambar 4.4 menunjukkan bahwa persebaran pada frekuensi 1250 Hz merupakan nilai tingkat tekanan bunyi tertinggi. Dan nilai dengan tingkat tekanan bunyi tertinggi kedua yaitu ada pada frekuensi 2000 Hz sebesar 61.1 dB dimana dapat ditunjukkan pada gambar 4.5 berikut ini

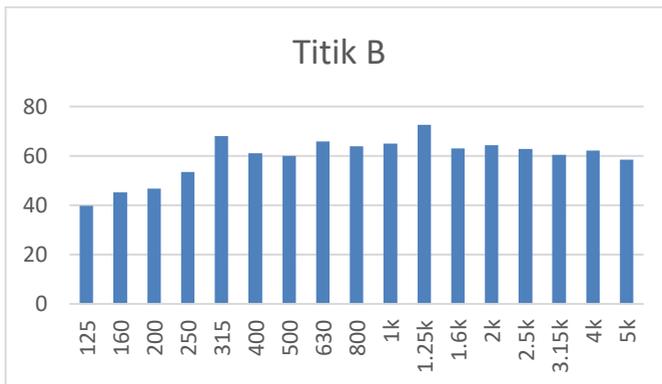


**Gambar 4. 5** Persebaran nilai TTB pada frekuensi 2000 Hz

Pada pengukuran TTB di gerbong kereta Soekarno Hatta juga dilakukan pada titik tengah kereta sisi kursi penumpang sebelah kiri (Titik A) dan kursi penumpang sebelah kanan (Titik B) dimana di titik tengah tersebut adalah titik dimana unit AC terpasang. Pada pengukuran kedua titik ini menggunakan alat ukur *Sound Level Meter Dekko Model SL-130*. Pada hasil yang ditunjukkan oleh Gambar 4.6 Dan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai tingkat tekanan bunyi tertinggi ada pada frekuensi 315 Hz dan 1250 Hz. Pada frekuensi 315 Hz didapatkan nilai tingkat tekanan bunyi tinggi bisa dikarenakan karena putaran dari fans mengakibatkan getaran yang ditransmisikan ke ducting yang menimbulkan *structur borne noise*.



**Gambar 4. 6** Nilai Tingkat Tekanan Bunyi pada titik A



**Gambar 4. 7** Nilai Tingkat Tekanan Bunyi pada titik B

### 4.3 Hasil Simulasi

Hasil simulasi berupa contour kecepatan, tekanan dan distribusi dari tingkat tekanan bunyi. Simulasi dilakukan guna untuk mendapatkan pengaruh dari perbedaan bentuk pada diffuser terhadap persebaran tingkat tekanan bunyi dan kecepatan yang memasuki gerbong kereta bandara Soekarno Hatta. Hasil simulasi di tampilan pada plane XY dengan ketinggian 1.2 meter yang merupakan representasi untuk penumpang dengan kondisi duduk. Pada simulasi ini dibuat dua variasi desain kereta bandara soekarno

hatta dengan 3 model viscous yang berbeda. KA\_1 merupakan kereta bandara soekarno hatta dengan kondisi parameter dan variabel yang sama dengan asli. KA\_2 merupakan desain kereta dengan kondisi disffuser berbentuk persegi dengan jumlah pattern yang sama dengan KA\_1. Kedua desain tersebut akan diamati persebaran tingkat tekanan bunyi, kecepatan dan tekanan yang telah ditetapkan sebelumnya. Hasil dari distribusi Tingkat Tekanan Bunyi, tekanan dan kecepatan untuk kedua variasi adalah sebagai berikut:

#### 4.3.1 Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi, Tekanan dan Kecepatan pada Variasi Desain Kereta Bandara Soekarno Hatta

- KA\_1 (Kondisi seperti Kereta Bandara Soekarno Hatta Aktual)

Pada gambar 4.3, 4.4 dan 4.5 adalah hasil dari distribusi kecepatan pada ketinggian 1.2 meter untuk simulasi Kereta Bandara Soekarno Hatta yang sesuai dengan kondisi aktual. Pada variasi ini flow yang dialirkan dari AC unit sebesar 12.764 m/s.



**Gambar 4. 8** Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Lingkaran



**Gambar 4. 9** Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Lingkaran



**Gambar 4. 10** Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Omega SST diffuser Lingkaran

Persebaran yang dihasilkan dari ketiga model adalah hampir sama. Hasil rata-rata kecepatan dengan model K-Epsilon Realizable 0.659 m/s dengan nilai tertinggi sebesar 3.88 m/s dan nilai terendah sebesar 0.00792 m/s. Hasil persebaran rata-rata kecepatan dengan model K-Epsilon standard adalah 0.61 m/s dan nilai tertinggi serta terendah sebesar 3.99 m/s dan 0.00706. Sedangkan hasil rata-rata persebaran kecepatan dengan model K-Omega SST adalah

sebesar 0.6701 m/s dan nilai kecepatan tertinggi serta terendah sebesar 4.267 m/s dan 0.004069 m/s.

Pada gambar 4.6, 4.7 dan 4.8 adalah hasil dari distribusi tekanan pada ketinggian 1.2 meter untuk simulasi Kereta Bandara Soekarno Hatta yang sesuai dengan kondisi aktual



**Gambar 4. 11** Pemetaan tekanan dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Lingkaran



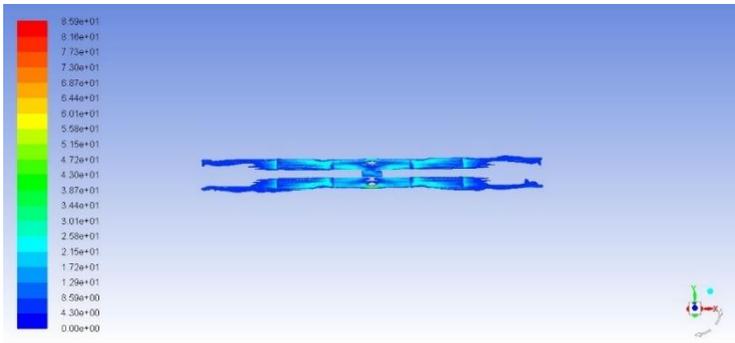
**Gambar 4. 12** Pemetaan tekanan dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Lingkaran



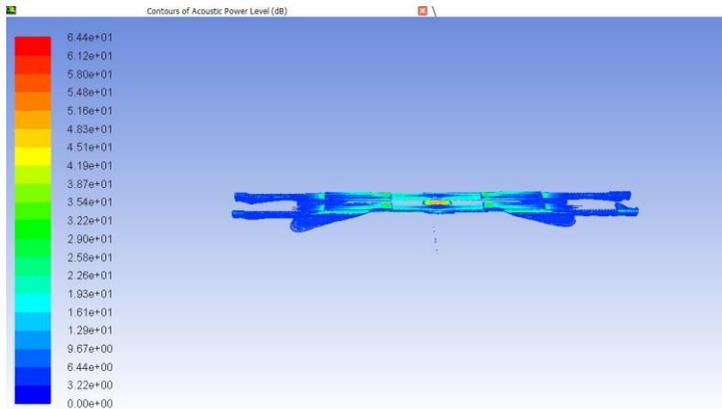
**Gambar 4. 13** Pemetaan tekanan dengan model viscous K-Omega SST diffuser Lingkaran

Persebaran yang dihasilkan dari ketiga model adalah hampir tidak jauh beda. Hasil rata-rata tekanan dengan model K-Epsilon Realizable 420.753 Pa dengan nilai tertinggi sebesar 426.755 Pa dan nilai terendah sebesar 419.177 Pa. Hasil persebaran rata-rata tekanan dengan model K-Epsilon standard adalah 425.95 Pa dan nilai tertinggi serta terendah sebesar 431.624 Pa dan 424.544 Pa. Sedangkan hasil rata-rata persebaran tekanan dengan model K-Omega SST adalah sebesar 421.83 Pa dan nilai tekanan tertinggi serta terendah sebesar 427.372 Pa dan 420.331 Pa.

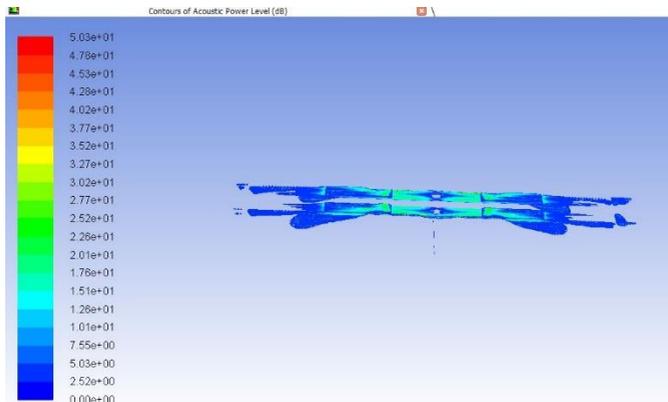
Pada gambar 4.9, 4.10 dan 4.11 adalah hasil dari distribusi Tingkat Tekanan Bunyi untuk simulasi Kereta Bandara Soekarno Hatta yang sesuai dengan kondisi actual



**Gambar 4. 14** Pemetaan TTB dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Lingkaran



**Gambar 4. 15** Pemetaan TTB dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Lingkaran



**Gambar 4. 16** Pemetaan TTB dengan model viscous K-Omega SST diffuser Lingkaran

Persebaran yang dihasilkan dari ketiga model adalah hampir sama. Untuk persebaran pada ketinggian 1.2 meter yang mempresentasikan penumpang duduk mendapatkan nilai tertinggi Tingkat Kebisingan sebesar 8 dB dan pada ketinggian 1.6 meter yang mempresentasikan penumpang berdiri mendapatkan nilai Tingkat Tekanan Bunyi tertinggi sebesar 14.5 dB. Sedangkan untuk Tingkat Tekanan Bunyi yang ada pada *ducting* mendapatkan nilai tertinggi sebesar 70 dB yang berada di dekat keluaran dari *outlet AC*.

- KA\_2 (Kondisi seperti Kereta Bandara Soekarno Hatta dengan Diffuser Berbentuk Persegi )  
 Simulasi kedua diberi nama KA\_2 dengan beda bentuk dari diffuser yang berbentuk persegi. Pengondisian pada simulasi ini sama dengan KA\_1 diberikan input kecepatan sebesar 12.764 m/s dari keluaran AC Unit.



**Gambar 4. 17** Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Persegi



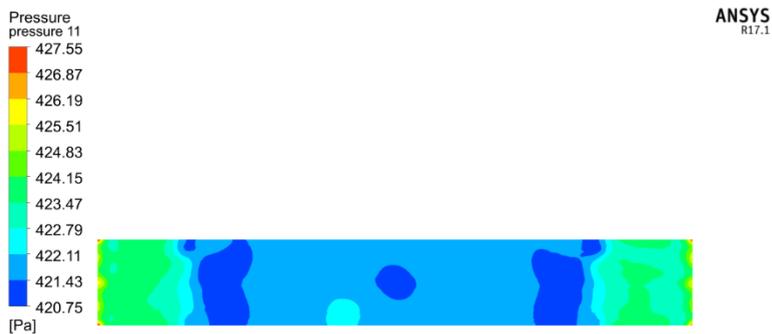
**Gambar 4. 18** Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Persegi



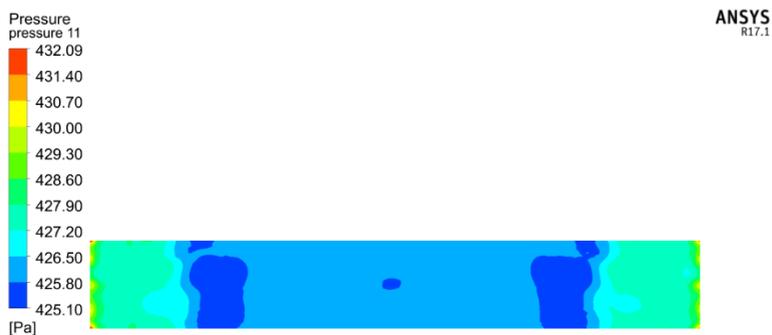
**Gambar 4. 19** Pemetaan kecepatan dengan model viscous K-Omega SST diffuser Persegi

Persebaran yang dihasilkan dari ketiga model adalah hampir sama. Hasil rata-rata kecepatan dengan model K-Epsilon Realizable 0.7049 m/s dengan nilai tertinggi sebesar 3.825 m/s dan nilai terendah sebesar 0.021 m/s. Hasil persebaran rata-rata kecepatan dengan model K-Epsilon standard adalah 0.658 m/s dan nilai tertinggi serta terendah sebesar 4.31 m/s dan 0.00464 m/s. Sedangkan hasil rata-rata persebaran kecepatan dengan model K-Omega SST adalah sebesar 0.741 m/s dan nilai kecepatan tertinggi serta terendah sebesar 4.32 m/s dan 0.042 m/s.

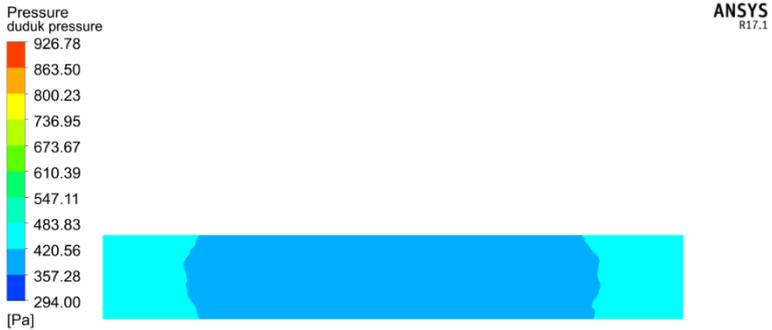
Pada Gambar 4.15, 4.16 dan 4.17 adalah hasil dari distribusi Tekanan pada ketinggian 1.2 meter untuk simulasi Kereta Bandara Soekarno Hatta yang sesuai dengan kondisi aktual



**Gambar 4. 20** Pemetaan pressure dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Persegi



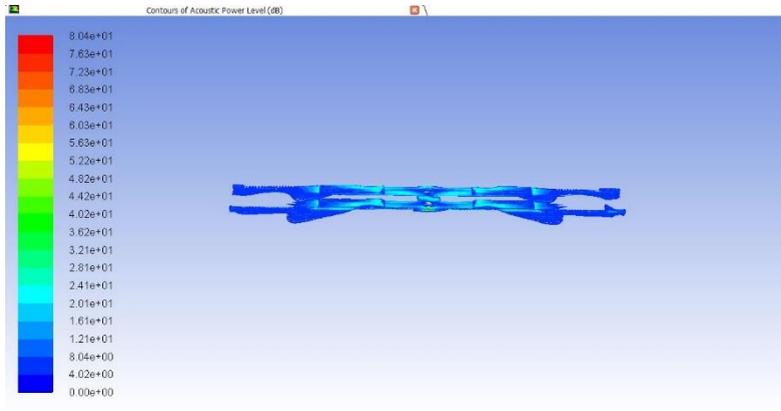
**Gambar 4. 21** Pemetaan pressure dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Persegi



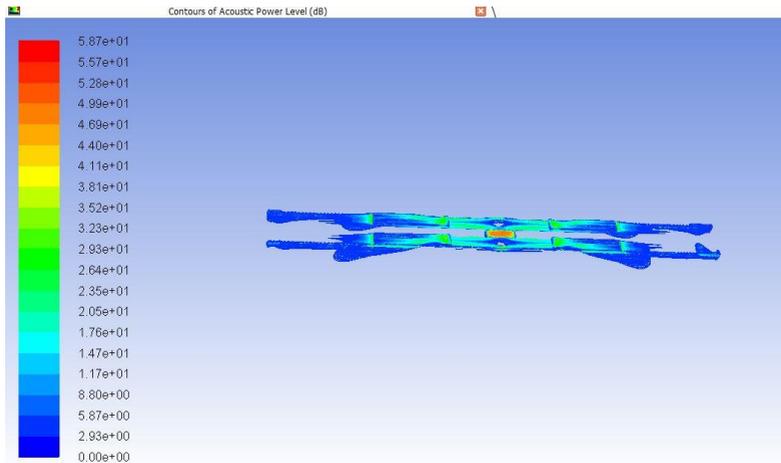
**Gambar 4. 22** Pemetaan pressure dengan model viscous K-Omega SST diffuser Persegi

Persebaran yang dihasilkan dari ketiga model adalah hampir tidak jauh beda. Hasil rata-rata tekanan dengan model K-Epsilon Realizable 422.162 Pa dengan nilai tertinggi sebesar 427.52 Pa dan nilai terendah sebesar 420.691 Pa. Hasil persebaran rata-rata tekanan dengan model K-Epsilon standard adalah 426.436 Pa dan nilai tertinggi serta terendah sebesar 432.064 Pa dan 425.021 Pa. Sedangkan hasil rata-rata persebaran tekanan dengan model K-Omega SST adalah sebesar 420.541 Pa dan nilai tekanan tertinggi serta terendah sebesar 426.569 Pa dan 419.298 Pa.

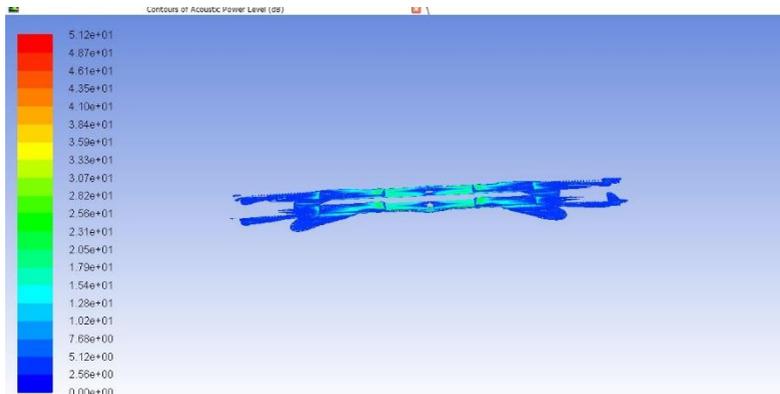
Gambar 4.9, 4.10 dan 4.11 adalah hasil dari distribusi Tingkat Tekanan Bunyi untuk simulasi kereta bandara Soekarno Hatta yang sesuai dengan kondisi aktual.



**Gambar 4. 23** Pemetaan TTB dengan model viscous K-Epsilon Realizable diffuser Persegi



**Gambar 4. 24** Pemetaan TTB dengan model viscous K-Epsilon Standard diffuser Persegi

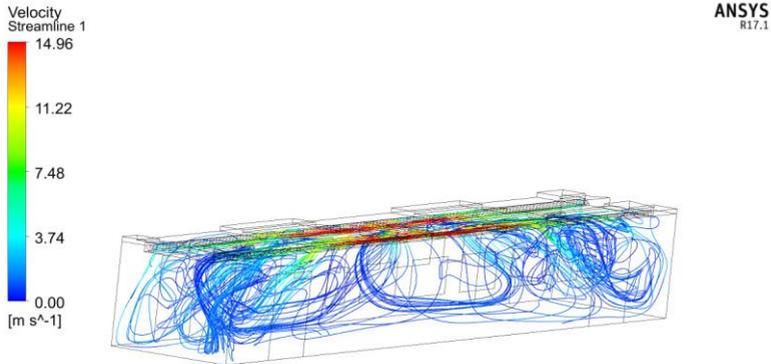


**Gambar 4. 25** Pemetaan TTB dengan model viscous K-Omega SST diffuser Persegi

Persebaran yang dihasilkan dari ketiga model adalah hampir sama. Untuk persebaran pada ketinggian 1.2meter yang mempresentasikan penumpang duduk mendapatkan nilai tertinggi Tingkat Kebisingan sebesar 6.15 dB dan pada ketinggian 1.6meter yang mempresentasikan penumpang berdiri mendapatkan nilai Tingkat Tekanan Bunyi tertinggi sebesar 16.5 dB. Sedangkan untuk Tingkat Tekanan Bunyi yang ada pada *ducting* mendapatkan nilai tertinggi sebesar 70 dB.

#### **4.3.2 Distribusi Aliran Udara (Streamline) Desain KA Bandara Soekarno Hatta**

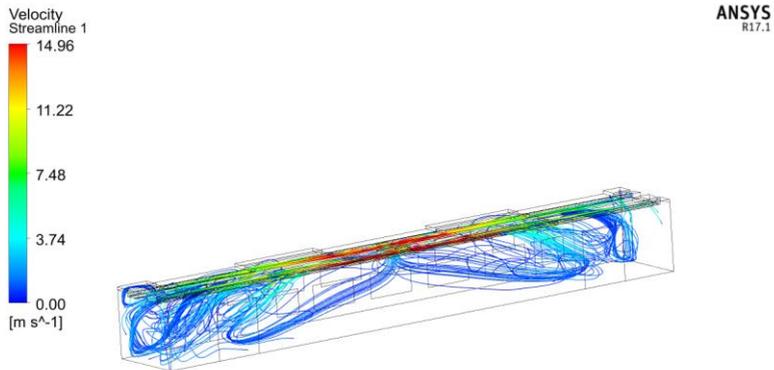
Distribusi aliran udara yang telah disimulasikan menggunakan simulasi CFD. Menunjukkan hasil streamline untuk semua variasi kereta dibuat sehingga dapat mengetahui aliran udara yang ada dalam ruang kereta.



**Gambar 4. 26** Streamline dengan Diffuser Lingkaran

Berdasarkan Gambar 4.21, menunjukkan streamline dari hasil simulasi CFD merata pada semua bidang dalam gerbong kereta. Udara yang masuk melalui outputan AC yang ada pada ducting dan keluar melalui diffuser dengan kondisi gerbong kereta adalah dinding/wall.

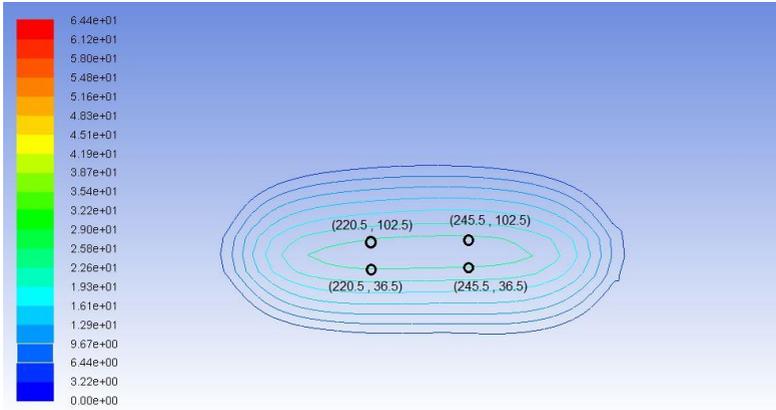
Selanjutnya adalah streamline pada Gambar 4.22 yaitu simulasi KA\_2 dimana desain kereta dibuat dengan diffuser persegi. Persebaran aliran udara pada KA\_2 juga merata namun lebih merata hasil dari KA\_1. Dan untuk rata-rata kecepatan aliran yang memasuki gerbong lebih kecil hasil dari KA\_1 dimana nilai rata-rata kecepatan aliran sebesar 3.25 m/s sedangkan untuk KA\_2 sebesar 4.43 m/s.



**Gambar 4. 27** Streamline dengan Diffuser Persegi

#### 4.4 Validasi

Pada hasil pengukuran yang telah dilakukan pada area bebas dan di gerbong traksi maka didapatkan hasil untuk mengetahui perbandingan hasil yang dilakukan pada pengukuran langsung terhadap hasil simulasi. Pada hasil simulasi diambil 4 titik dimana nilai dari 4 titik tersebut sebesar 19.3-22.6 dB. Sedangkan hasil dari pengukuran di keempat titik tersebut dapat ditunjukkan pada tabel 4.3. Dari hasil kedua nya jika dibandingkan mendapatkan error  $\pm 3$  dB.



**Gambar 4. 28** Hasil Simulasi *Sound Power Level* pada empat titik

Sedangkan hasil dalam pengukuran didapatkan hasil sebagai berikut pada beberapa titik.

**Tabel 4. 3** Nilai Tingkat Tekanan Bunyi Pada Gerbong Traksi

X (cm)	Y (cm)	TTB(dB)
20.5	36.5	10.5
45.5	36.5	16.9
70.5	36.5	26.9
95.5	36.5	25.7
120.5	36.5	12.8
145.5	36.5	26.2
170.5	36.5	13.3
195.5	36.5	15.8
220.5	36.5	21.9
245.5	36.5	23.1
270.5	36.5	11.6
295.5	36.5	24.4

320.5	36.5	16.6
345.5	36.5	23.0
370.5	36.5	23.7
395.5	36.5	11.0
420.5	36.5	24.9
20.5	102.5	11.4
45.5	102.5	20.4
70.5	102.5	21.9
95.5	102.5	27.8
120.5	102.5	11.9
145.5	102.5	27.0
170.5	102.5	15.6
195.5	102.5	17.2
220.5	102.5	20.4
245.5	102.5	20.6
270.5	102.5	10.4
295.5	102.5	24.2
320.5	102.5	14.6
345.5	102.5	24.1
370.5	102.5	22.5
395.5	102.5	12.2
420.5	102.5	24.9

#### 4.5 Pembahasan

Pada hasil yang didapatkan pada pengukuran di area bebas skenario pertama dan kedua didapatkan bahwa sumber bising terbesar dari komponen unit AC adalah *fans* sentrifugal dan kompresor. Untuk hasil pada skenario pertama nilai tingkat tekanan bunyi rata-rata sebesar 74.31 dB dan untuk skenario kedua

sebesar 63.54 dB. Respon frekuensi dari unit AC berada pada frekuensi 1000 Hz. Sedangkan pada pengukuran kebisingan pada gerbong traksi kereta didapatkan bahwa pada frekuensi 630 Hz adalah respon frekuensi. Untuk tingkat tekanan bunyi tertinggi sebesar 63.8 dB pada frekuensi 1250 Hz berada pada area kipas sentrifugal berada. Pada hasil dari pengukuran kebisingan pada gerbong traksi di posisi bawah *exhaust* AC didapatkan bahwa pada frekuensi 315 Hz dan 1250 Hz adalah frekuensi sumber bising terbesar. Dimana pada frekuensi 315 Hz merupakan frekuensi rendah, yang dimana dapat menyebabkan suatu *structur borne noise*. Untuk hasil dari simulasi dari perbandingan 3 model aliran didapatkan hasil yang tidak terlalu besar selisihnya. Dari hasil yang didapatkan kedua variasi bentuk diffuser yang berbeda didapatkan bahwa hasil diffuser lingkaran yang ada pada simulasi KA\_1 lebih baik jika dibandingkan dengan diffuser persegi yang disimulasikan pada KA\_2. Hal ini bisa ditunjukkan dengan merata nya persebaran dari aliran udara. Nilai rata-rata kecepatan pada diffuser lingkaran lebih baik yaitu 0.6 m/s dibandingkan dengan diffuser persegi yang bernilai 0.7 m/s, walaupun hasil tersebut masih diatas nilai kecepatan yang diharapkan untuk zona nyaman seseorang dengan kecepatan 0.5 m/s. Dan hasil simulasi dengan parameter akustik didapatkan bahwa persebaran dari bising saat memasuki gerbong adalah kecil hal ini dikarenakan kecepatan aliran udara saat di gerbong sudah kecil pada ketinggian 1.2 meter dan 1.6 meter serta tidak ada perubahan luasan area yang dilewati aliran sehingga tekanan udara tidak berubah banyak dan untuk kecepatan aliran menjadi semakin turun seiring semakin panjang area yang dilewati aliran tersebut. Dan dari hasil yang telah didapatkan terhadap pengukuran pada gerbong traksi kereta bandara Soekarno Hatta maka ada beberapa rekomendasi untuk mengurangi tingkat tekanan bunyi. Pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa frekuensi 315 Hz menunjukkan hasil tertinggi yang ditunjukkan pada gambar 4.6 dan gambar 4.7. Rekomendasi pertama yaitu dengan menambahkan *absorption* pada end wall dan pada bawah plate, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.29 Rekomendasi kedua yaitu dengan menambahkan *absorption* dan menyelimuti bagian

atas permukaan dekat dari fans, yang ditunjukkan pada gambar 4.30.



**Gambar 4. 29** Penambahan rockwool pada *end wall* dan pada bawah *plate*



**Gambar 4. 30** Penambahan bahan *absorption* disekitar *fans*

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

- Hasil simulasi CFD menunjukkan Kontur Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi pada desain KA\_1 (Diffuser berbentuk lingkaran) dengan nilai Tingkat Tekanan Bunyi Tertinggi pada keadaan penumpang duduk adalah sebesar 8 dB dan untuk keadaan berdiri adalah sebesar 14.5 dB dan untuk Tingkat Tekanan Bunyi pada *ducting* sebesar 70 dB. Sedangkan pada desain KA\_2 (Diffuser berbentuk persegi) Tingkat Tekanan Bunyi Tertinggi pada keadaan penumpang duduk sebesar 6.15 dB dan pada keadaan berdiri sebesar 16.5 dB dan untuk Tingkat Tekanan Bunyi pada *ducting* sama dengan hasil KA\_1 sebesar 70 dB.

#### **5.2 Saran**

Adapun setelah melakukan penelitian tugas akhir ini dapat diberikan saran berupa analisis kebisingan yang ada pada Air Conditioners. Yakni, membuat model geometri yang lain untuk simulasi CFD, agar kondisi ruang kereta menjadi lebih nyaman dan distribusi udara merata.

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

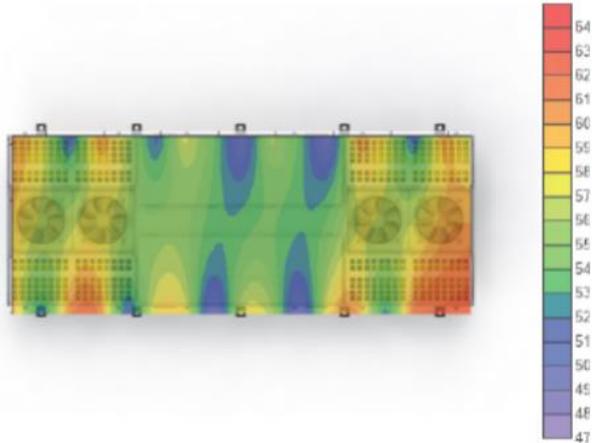
- [1] A. Sudarsih, "kompasiana," kompasiana, 4 September 2015. [Online]. Available: [http://www.kompasiana.com/amadsudarsih/kcj-siap-luncurkan-krl-coli-ranjang-commuter-line-rangkaian-panjang\\_55e96e0d7893737c0989623e](http://www.kompasiana.com/amadsudarsih/kcj-siap-luncurkan-krl-coli-ranjang-commuter-line-rangkaian-panjang_55e96e0d7893737c0989623e). [Diakses 17 January 2017].
- [2] D. Thompson, *Railway Noise and Vibration*, Amsterdam: Elsevier, 2009.
- [3] F. E. GÜNGÖR, "Computer Aided Noise Prediction in Heating Ventilating and Air Conditioning Systems," Approval of the Graduate School of Natural And Applied Sciences, 2003.
- [4] B. R. D, "The effect of sound on vortex shedding from cylindes," *Journal of Fluid Mechanics* , vol. 161, pp. 217-237, 1985.
- [5] J. A. Peterka dan P. D. Richardson, "Effects of sound on separated flows," *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 37, pp. 265-287, 1969.
- [6] A. (. S. o. H. a. R. Engineer), "Sound and Vibration Control," vol. Chapter 46, 1999.
- [7] C. M. Harris, *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control*, United States of America: McGraw-Hill Inc, 1991.
- [8] W. K. Blake, *Mechanics of Flow-Induced Sound*, London: ACADEMIC PRESS, INC., 1986.
- [9] B. R. D, *Flow Induced Vibration*, Krieger publishing company, 1994.

- [10] L. Cheng, T. Luan, W. Du dan M. Xu, "Heat transfer enhancement by flow-induced vibration in heat exchangers," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 52, pp. 1053-1057, 2008.
- [11] E. Rodarte dan N. R. Miller, "Flow-Induced Noise in Heat Exchangers," The Air Conditioning and Refrigeration Center, Urbana, 2001.
- [12] A. (. S. o. H. a. R. Engineers), Sound and Vibration Control Chapter 42, 1991.
- [13] Lin Wei, Guorong Zhu, Jinyuan Qian, Yang Fei dan Zhijiang Jin, "Numerical Simulation of Flow-Induced Noise in High Pressure Reducing Valve," *Simulation of Flow-Induced Noise in HPRV*, vol. 1, pp. 1-15, 2015.
- [14] Shan-Shan Li, Ming Li, Fan Yang, Jun-Fang Li dan Kan Wang, "Aero Acoustic Noise Analysis of a Locomotive Cooling System Ducts and Structure Optimization," *International Journal of Engineering and Technology Innovation*, vol. 5, pp. 178-188, 2015.

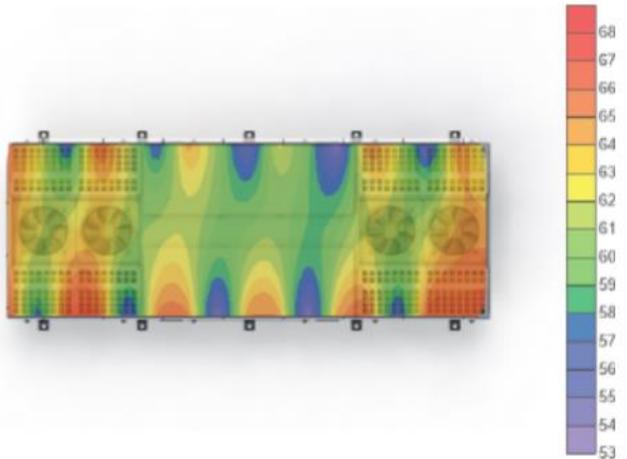
## LAMPIRAN A

Pengukuran Skenario Pertama

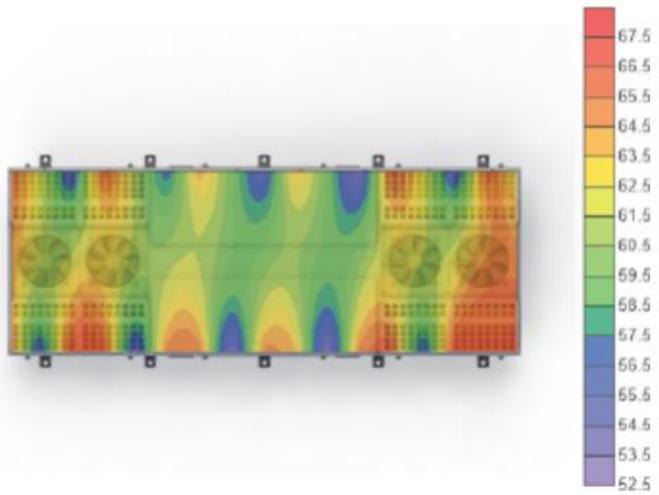
- Untuk 125 Hz



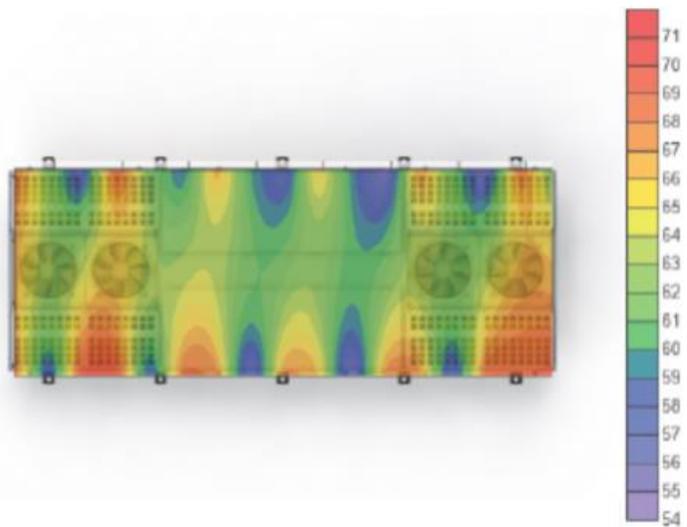
- Untuk 250 Hz



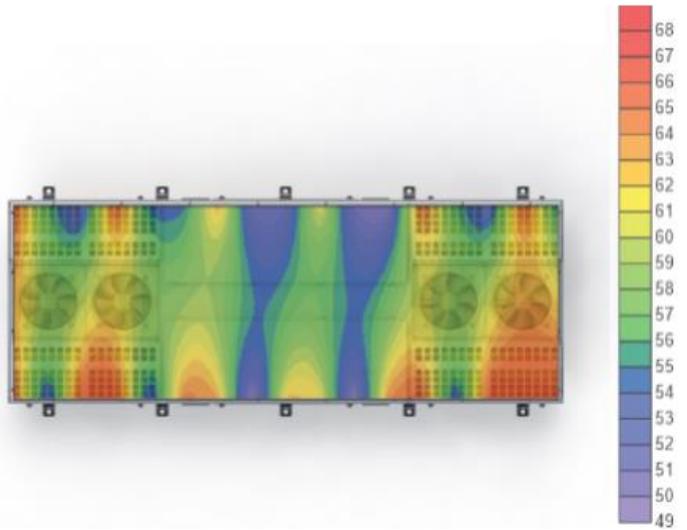
- Untuk 500 Hz



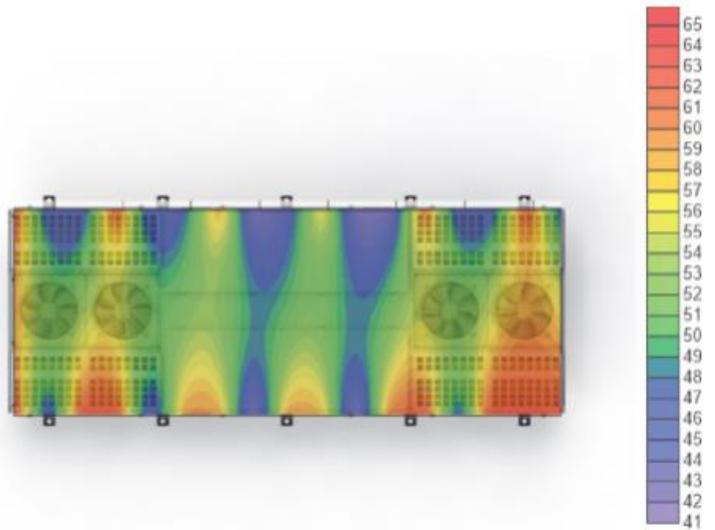
- Untuk 1000 Hz



- Untuk 2000 Hz

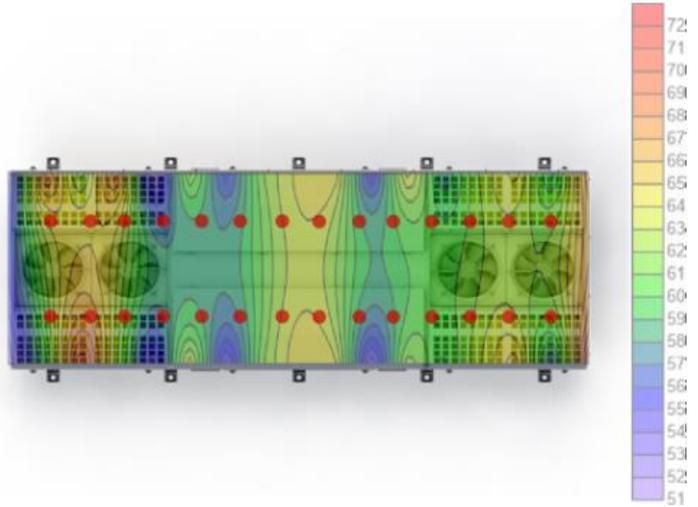


- Untuk 4000 Hz

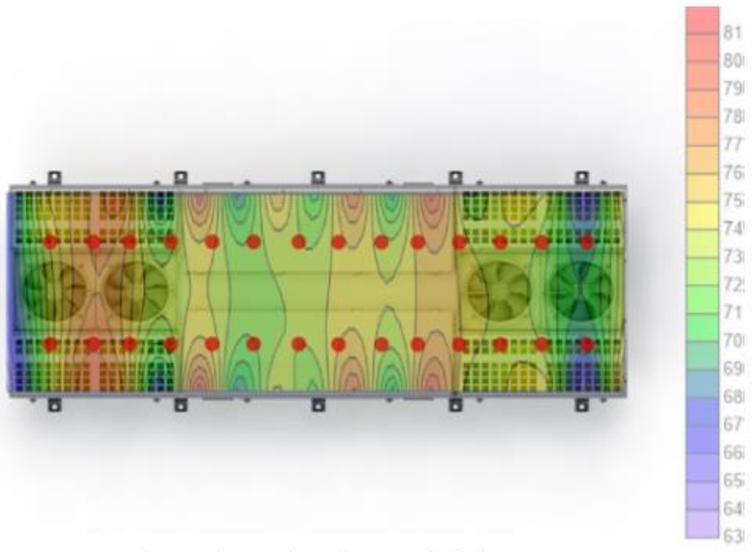


## Pengukuran Skenario Kedua

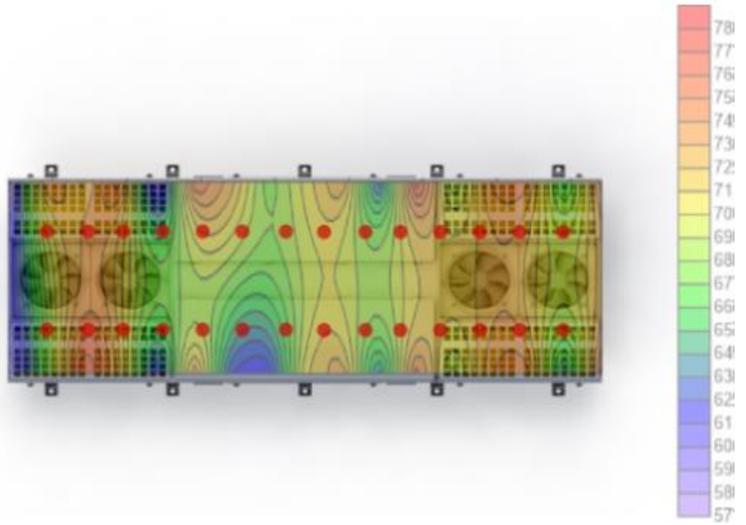
- Untuk 125 Hz



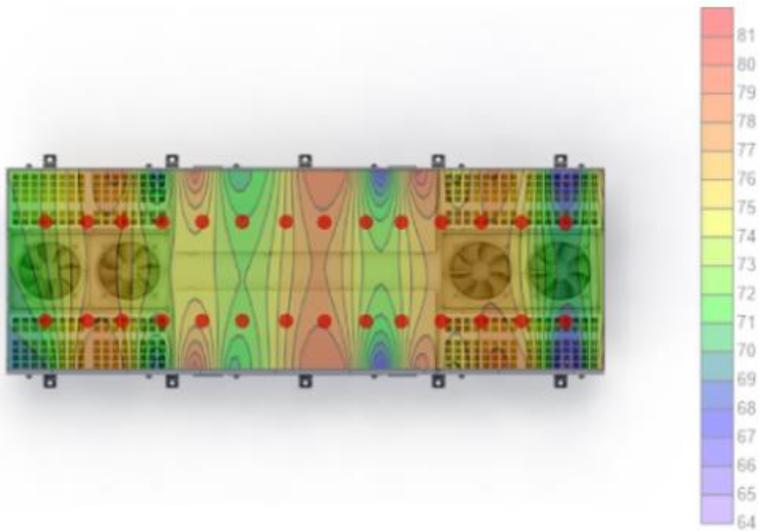
- Untuk 250 Hz



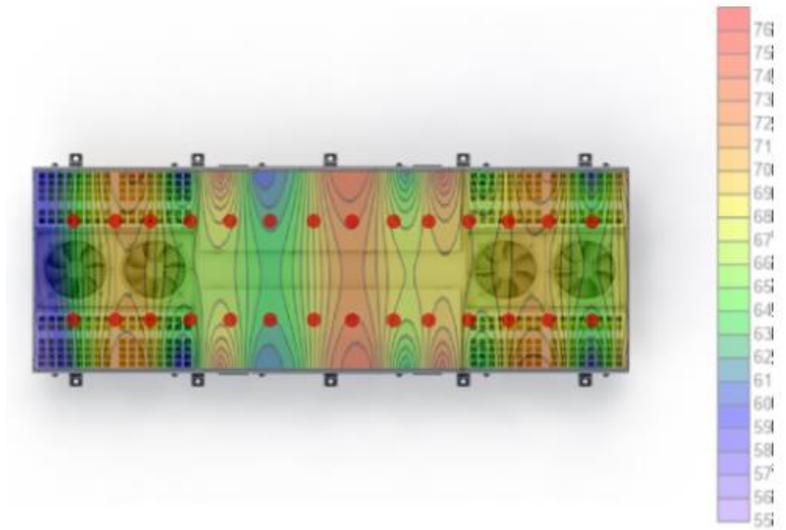
- Untuk 500 Hz



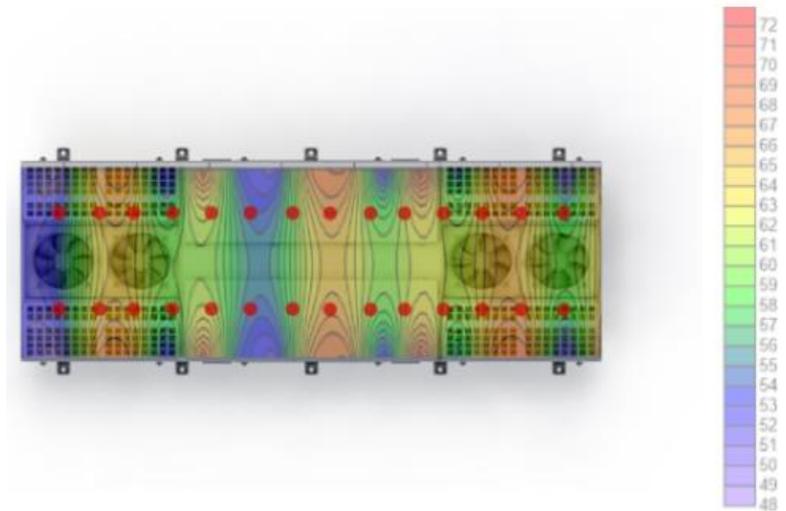
- Untuk 1000 Hz



- Untuk 2000 Hz



- Untuk 4000 Hz



- **Spesifikasi Umum**

No	Parameters	AC INKA
1.	Unit Model	ACI – 4001
2	Unit Mounting	Roof Mounted
3.	Kuantitas Supply Air	Empat (4) Unit/Car
4.	Kuantitas Return Air	Satu (1) Unit/Car
5.	Kuantitas Fresh Air	Empat (4) Unit/Car
6.	Kuantitas Thermostat	Satu (1) Unit/Car dengan dua (2) step pengaturan
7.	Kuantitas Air Filter	Dua (2) Set/Car
8.	Kuantitas Control Panel	Satu (1) Unit/Car
9.	Electrical Component	Satu (1) Set/Car

- **Dimensi dan Berat (approx)**

No	Parameters	AC INKA
1.	Panjang (mm)	4405
2	Lebar (mm)	1806
3.	Tinggi (mm)	544
4.	Berat (kg)	710

- **Spesifikasi Unit AC**

No	Parameters	AC INKA
1.	Kapasitas Pendinginan	40,000 kcal/h

		<p>Dengan Kondisi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temp. Inlet Kondensor Koil : 35°C</li> <li>- Temp. Outlet Evaporator Koil: 27°C</li> <li>- RH: 65%</li> </ul>
2	Power Supply	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Main : 380-415V 3~ 50Hz</li> <li>- Control : 220V 1~ 50Hz</li> </ul>
3.	Power Consumption	18.7 kW (max)
4.	Air Flow	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supply Air : 90 m<sup>3</sup>/min</li> <li>- Return Air : 64 m<sup>3</sup>/min</li> <li>- Fresh Air : 26 m<sup>3</sup>/min</li> </ul>
5.	Temp. Operasi Maksimum	40°C

- **Spesifikasi Komponen**

No	Parameters	AC INKA
1.	Kompresor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipe Fully Hermetic Scroll</li> <li>- Empat (4) Unit/Car</li> <li>- Rating : 4.1 kW – 3 phase – 380V – 50Hz</li> </ul>
2	Kipas Kondensor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Axial Fan</li> <li>- Empat (4) Unit/Car</li> <li>- Rating : 83.3 m<sup>3</sup>/min– 120 Pa</li> </ul>
3.	Kipas Evaporator	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centrifugal Fan</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dua (2) Unit/Car</li> <li>- Rating : 45 m<sup>3</sup>/min – 294 Pa</li> </ul>
4.	Koil Kondensor and Koil Evaporator	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Copper Tube dengan Aluminium Fins</li> <li>- Kondensor : Empat (4) Unit/Car</li> <li>- Evaporator : Dua (2) Unit/Car</li> </ul>
5.	Peralatan Keamanan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HLPS (High Low Pressure Switch)</li> <li>- Relay Phase Counter, LVLF, MCB, and Control Panel</li> </ul>
6.	Refrigerant	R407C (environmentally friendly and ozone friendly)
7.	Main Frame dan Cover	Stainless Steel (mampu menahan beban 90 kg)
8.	Komponen Refrigeran Lain	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Filter drier</li> <li>- TX Valves</li> <li>- Service Access Valve</li> <li>- Refrigeration Piping</li> </ul>



## BIODATA PENULIS



Nama penulis Mohammad Fanisdlon Puabdillah dilahirkan di Jombang, tanggal 15 Februari 1995 dari bapak yang bernama Subandi dan ibu bernama Djumiatin. Saat ini penulis tinggal di RT 01 RW 06 Desa Tampingmojo, Tembelang, Jombang, Provinsi Jawa Timur. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN 2 Tampingmojo pada tahun 2007, pendidikan di SMPN 1 Tembelang pada tahun 2010, pendidikan di SMAN 2 Jombang pada tahun 2013 dan sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Fisika FTI di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga sekarang.

Pada bulan Januari 2017 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Analisa kebisingan pada gerbong kereta bandara Soekarno-Hatta yang disebabkan *flow* AC unit ACI-4001 dengan menggunakan Analisa CFD (*Computational Fluid Dynamics*)**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui *email*: [mohammad.fanis@gmail.com](mailto:mohammad.fanis@gmail.com)

