



TUGAS AKHIR - TF 141581

**DESAIN *ENCLOSURE* GERBONG KERETA
MAKAN DAN PEMBANGKIT K3 PADA
PRODUKSI PT. INKA MADIUN DENGAN
MENGGUNAKAN ANALISA CFD
(*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*)**

HAFIZH RIFKY AMRULLAH
NRP. 2413 100 023

Dosen Pembimbing :
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.

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

(Halaman ini memang dikosongkan)



FINAL PROJECT - TF 141581

ENCLOSURE DESIGN OF TRAIN OF EATING AND GENERATOR ON PRODUCTION PT. INKA MADIUN USING THE ANALYSIS OF CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)

*HAFIZH RIFKY AMRULLAH
NRP. 2413 100 023*

*Lecturer:
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.*

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

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Hafizh Rifky Amrullah
NRP : 2413100023
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 “Desain *Enclosure* Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit K3 pada Produksi PT. INKA Madiun dengan Menggunakan Analisa CFD (*Computational Fluid Dynamics*)” adalah benar karya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 25 Juli 2017
Yang membuat pernyataan,



Hafizh Rifky Amrullah
NRP. 2413100023

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN GERBONG PEMBANGKIT KERETA API
DENGAN *ENCLOSURE* DI PT. INKA MADIUN DENGAN
MENGGUNAKAN ANALISA CFD (*COMPUTATIONAL*
***FLUID DYNAMICS*)**

Oleh :
Hafizh Rifky Amrullah
2413100023

Surabaya, 25 Juli 2017

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



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

Mengetahui,
Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhandad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIPN. 19780902 200312 1 002

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**DESAIN GERBONG PEMBANGKIT KERETA API
DENGAN *ENCLOSURE* DI PT. INKA MADIUN DENGAN
MENGUNAKAN ANALISA CFD (*COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMICS*)**

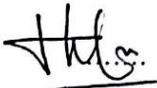
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Vibrasi dan Akustik
Program Studi S1 – Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: 

Hafizh Rifky Amrullah
NRP. 2413 100 023

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  (Pembimbing)
2. Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.  (Penguji I)
3. Ir. Heri Joestiono, M.T.  (Penguji II)

**SURABAYA
25 JULI 2017**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**DESAIN GERBONG PEMBANGKIT KERETA API
DENGAN *ENCLOSURE* DI PT. INKA MADIUN DENGAN
MENGUNAKAN ANALISA CFD (*COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMICS*)**

Nama : Hafizh Rifky Amrullah
NRP : 2413 100 023
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.

Abstrak

Kereta api merupakan alat transportasi ini banyak diminati oleh masyarakat karena dianggap efektif dan efisien. Kereta api memiliki beberapa bagian, salah satunya pada bagian gerbong kereta makan dan pembangkit. Menurut Permenhub No. 15 Tahun 2011 dan Kepmen LH No. 48 Tahun 1996, bahwa kereta pembangkit harus memiliki hasil uji kebisingan sebesar 85 dBA dan kebisingan yang diperuntukkan untuk stasiun harus sebesar 70 dBA. Pada kondisi eksisting, gerbong kereta pembangkit sudah memenuhi standar, namun masih belum memenuhi standar pada kebisingan stasiun. Penelitian ditujukan untuk memperoleh hasil insulasi kebisingan dari desain *enclosure* yang dibuat dengan berbagai variasi, sehingga diperoleh *enclosure* dengan rasio grill 25% dan ventilasi di lantai, yaitu dengan nilai tingkat tekanan bunyi pada jarak 6 meter sebesar 65,77 dan 65,56 dBA.

Kata kunci : kereta makan dan pembangkit, karakteristik kebisingan, desain ulang

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**DESIGN OF GENERATOR TRAIN OF RAILWAY WITH
ENCLOSURE IN PT. INKA MADIUN USING THE
ANALYSIS OF CFD (COMPUTATIONAL FLUID
DYNAMICS)**

Name : *Hafizh Rifky Amrullah*
NRP : *2413 100 023*
Department : *Teknik Fisika FTI-ITS*
Supervisors : *Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.*

Abstract

Trains are a means of transportation is much in demand by the community because it is considered effective and efficient. The railway has several sections, one of which is on the railway carriage and the power plant. According to Permenhub. 15 of 2011 and the Decree of LH No. 48 of 1996, that the generator train should have a noise test result of 85 dBA and the noise intended for the station should be 70 dBA. In the existing condition, the train cars have met the standard, but still not meet the standards on station noise. The research was aimed to get the noise insulation result from the enclosure design that was made with various variations, so that the enclosure with 25% grill ratio and the floor ventilation was obtained with the sound pressure level at 6 meters distance of 65,77 and 65,56 dBA.

Keyword : Train and generator, noise characteristics, re-design

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran 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 **DESAIN GERBONG PEMBANGKIT KERETA API DENGAN ENCLOSURE DI PT. INKA MADIUN 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. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
4. Mas Daru, Mas Aji, Mas Pras dan Mbak Firda selaku pembimbing dalam terlaksananya semua proses pengenalan hingga pemambilan data di PT. INKA Madiun.
5. Umik dan kedua orang tua (**papa** dan **mama**) dan saudara-saudaraku (adek **fairuz** dan **valin**). Terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
6. Seluruh teman Tugas Akhir (**fanis, yono, topan, icha, nike, dika, harisma, laily, paklek**), dan khususnya **Anggun Dherti Veta Yani**, terima kasih untuk semua dorongan dan motivasinya.
7. **Fiqiyah UA**, terimakasih atas kesabarannya dalam mendukung kakakmu ini.

8. Seluruh teman – teman Departemen Teknik Fisika angkatan 2013, terima kasih untuk semuanya.
9. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
10. 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, 25 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------------------------------|
| Halaman judul | i |
| <i>Title page</i> | iii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME Error! Bookmark not defined. | |
| lembar Pengesahan I..... | Error! Bookmark not defined. |
| Lembar Pengesahan II | Error! Bookmark not defined. |
| Abstrak | xi |
| <i>Abstract</i> | xiii |
| KATA PENGANTAR..... | xv |
| DAFTAR ISI..... | xvii |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR TABEL | xxiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | 2 |
| 1.5 Sistematika Laporan | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Kereta Makan dan Pembangkit (K3) | 5 |
| 2.2 Kebisingan Kereta Api | 7 |
| 2.3 Sumber Kebisingan <i>Generator Set</i> | 8 |
| 2.4 Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 15 Tahun 2011 | 9 |
| 2.5 Pengendalian Kebisingan..... | 10 |
| 2.6 Tipe-tipe Aborber (Smith, Peters, & Owen, 1997) | 10 |
| 2.7 Teori Insulasi Bunyi | 12 |
| 2.8 Acoustics Diffusion Equation | 12 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 15 |
| 3.1 Objek Penelitian | 16 |
| 3.2 Pengambilan Data Kebisingan Generator | 18 |
| 3.3 Pengambilan Data Kebisingan Berdasarkan Permenhub No. 15 Tahun 2011 dan ISO 3381-2005..... | 19 |
| 3.4 Pengambilan Data Insulasi Kebisingan pada Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit | 21 |

| | | |
|-------------------------------------|---|----|
| 3.5 | Analisa Kebisingan..... | 22 |
| 3.6 | Desain Kereta Makan dan Pembangkit Menggunakan <i>Software</i> | 22 |
| BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN | | 31 |
| 4.1 | Analisa..... | 31 |
| 4.2 | Analisa Menggunakan <i>Software Comsol Multiphysics</i> 5.2 | 34 |
| BAB V PENUTUP..... | | 45 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 45 |
| 5.2 | Saran..... | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 47 |
| LAMPIRAN | | |
| BIODATA PENULIS | | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|---------------|
| Gambar 2.1 Blue-print Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit (K3) (Blue Print ARRANGEMENT MP3 PMN, 2016)..... | Error! |
| Bookmark not defined. | |
| Gambar 2.2 Sumber-Sumber Kebisingan 2000 DQKC (Estimasi Tingkat Tekanan Bunyi) (Aaberg, 2007)..... | 8 |
| Gambar 2.3 Sertifikat Uji Statis Kebisingan pada Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit (K3) (Menteri Perhubungan, 2011) | 9 |
| Gambar 2.4 Macam karakteristik absorpsi untuk mineral wools dengan ketebalan 50, 75 dan 100 mm. (Acoustic Mineral Wool Technical Specifications, 2011) | 11 |
| Gambar 2.5 Macam karakteristik penyerapan pada <i>membrane absorber</i> (Brixen, 2015) | 11 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 15 |
| Gambar 3.2 Gerbong Makan dan Pembangkit | 16 |
| Gambar 3.3 Bagian Tampak Samping Ruang Generator Gerbong Makan dan Pembangkit | 16 |
| Gambar 3.4 Generator Set Kereta Makan dan Pembangkit (www.mtuonsiteenergy.com, 2014) | 17 |
| Gambar 3.5 Konfigurasi Sound Level Meter yang Terhubung dengan Laptop | 18 |
| Gambar 3.6 Titik Pengukuran Karakteristik Sumber Kebisingan | 19 |
| Gambar 3.7 Titik-titik Pengukuran di Dalam Gerbong dan Luar Gerbong (Menteri Perhubungan, 2011) (Standardization, 2005). .. | 19 |
| Gambar 3.8 Pengambilan Data pada Jarak 6 Meter | 20 |
| Gambar 3.9 Pengambilan Data Kebisingan pada Ruang Operator | 20 |
| Gambar 3.10 Pengambilan Data Kebisingan pada Ruang Makan | 21 |
| Gambar 3.11 Titik-titik Pengukuran Insulasi Kebisingan Ruang Generator..... | 21 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.12 Pengambilan Data pada Sisi Luar Ruang Generator | 22 |
| Gambar 3.13 Menggambar Geometri Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit | 23 |
| Gambar 3.14 Geometri dengan Rasio Grill 75% Horizontal..... | 24 |
| Gambar 3.15 Geometri dengan Rasio Grill 25%..... | 24 |
| Gambar 3.16 Geometri Ventilasi di Lantai dengan Rasio Grill 25% | 25 |
| Gambar 3.17 Menggambar Geometri Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit dengan Tambahan <i>Block</i> | 25 |
| Gambar 3.18 Mendefinisikan <i>Boundary</i> pada Geometri | 26 |
| Gambar 3.19 Menentukan Material | 26 |
| Gambar 3.20 Desain Enclosure pada Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit | 27 |
| Gambar 3.21 Melakukan <i>Meshing</i> | 30 |
| Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Generator | 31 |
| Gambar 4.2 <i>Plotting</i> Pengambilan Data Kebisingan Di Ruang Makan: (a) Kondisi Pertama dan (b) Kondisi Kedua..... | 33 |
| Gambar 4.3 Hasil Simulasi Kondisi Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit | 35 |
| Gambar 4.4 Hasil Simulasi Kondisi Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit (Tampak Samping) | 35 |
| Gambar 4.5 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 75% Vertikal | 37 |
| Gambar 4.6 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 75% Vertikal (Tampak Samping) | 37 |
| Gambar 4.7 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 75% Vertikal | 38 |
| Gambar 4.8 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 75% Vertikal (Tampak Samping) | 38 |
| Gambar 4.9 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 75% Horizontal | 39 |
| Gambar 4.10 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 75% Horizontal (Tampak Samping) | 40 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.11 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 75% Horizontal..... | 40 |
| Gambar 4.12 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 75% Horizontal (Tampak Samping) | 41 |
| Gambar 4.13 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 25% Horizontal dan Ventilasi di Lantai..... | 42 |
| Gambar 4.14 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 25% Horizontal (Tampak Samping) dan Ventilasi di Lantai | 42 |
| Gambar 4.15 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 25% Horizontal dan Ventilasi di Lantai..... | 43 |
| Gambar 4.16 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 25% Horizontal (Tampak Samping) dan Ventilasi di Lantai | 44 |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Kebisingan Generator Pada Titik Pertama | 49 |
| Tabel 4.2 Kebisingan Generator Pada Titik Kedua..... | 49 |
| Tabel 4.3 Kebisingan Generator Pada Jarak 6 Meter | 49 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Pada Kondisi Pertama | 50 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Pada Kondisi Kedua..... | 50 |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kereta api secara umum terdiri dari lokomotif dan beberapa gerbong untuk mengangkut penumpang maupun barang secara massal baik antar kota, provinsi maupun antarnegara. Alat transportasi ini banyak diminati oleh masyarakat karena dianggap efektif dan efisien (Utami & Fairussiyah, 2014). Namun, di samping memberikan dampak positif, kereta api juga memberi dampak negatif yaitu menyebabkan kebisingan pada lingkungan, baik lingkungan internal maupun eksternal dari kereta api tersebut. Beberapa sumber kebisingan kereta api antara lain kebisingan dari daerah roda dan rel, sistem generator pada gerbong kereta api, selain itu kebisingan dari *inverter*, kompresor dan kebisingan dari sistem AC (*air conditioner*) (Thompson, 2008).

Kereta api memiliki beberapa bagian, salah satunya pada bagian gerbong pembangkit. Kereta pembangkit merupakan bagian dari rangkaian kereta api yang mempunyai fungsi untuk mensuplai energi listrik ke dalam rangkaian, didalamnya terdapat *generator* untuk mensuplai listrik selama perjalanan, biasanya diletakkan diujung rangkaian. Gerbong pembangkit ini termasuk sumber kebisingan di dalam rangkaian kereta api. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 15 Tahun 2011, bahwa kereta pembangkit harus memiliki hasil uji kebisingan sebesar 85 dBA (Menteri Perhubungan, 2011). Sedangkan menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996, kebisingan yang diperuntukkan untuk stasiun harus sebesar 70 dBA (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 1996). Kebisingan yang disebabkan oleh mesin pembangkit akan mempengaruhi kesehatan pendengaran baik penumpang maupun operator yang sedang bertugas pada gerbong pembangkit tersebut. Salah satu bentuk pengurangan kebisingan yang paling efektif dan saat ini masih banyak digunakan merupakan kontrol kebisingan pasif dimana dapat dicapai dengan penggunaan penghalang akustik, misal *enclosure* (Blanks, 1997).

Dari penelitian sebelumnya, dilakukan pengembangan *enclosure* akustik yang optimal untuk *generator* portabel dengan menggunakan teknik kontrol kebisingan pasif. Dalam upaya untuk mengembangkan *enclosure* yang menarik secara komersial untuk mengurangi kebisingan yang dipancarkan dari generator, penyelidikan ini akan menentukan metode perancangan yang tepat yang dimaksudkan untuk mengoptimalkan kinerja *enclosure* untuk generator (Blanks, 1997).

Berdasarkan informasi mengenai kereta pembangkit yang merupakan sumber kebisingan terbesar di dalam rangkaian kereta api, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai desain gerbong pembangkit dengan *enclosure* di PT. INKA Madiun yang kemudian dianalisa menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) yang tujuannya adalah mengurangi tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh gerbong pembangkit tersebut, sehingga tidak berdampak negatif bagi kesehatan penumpang dan operator.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana cara menganalisa tingkat kebisingan pada gerbong kereta makan dan pembangkit?
- b. Bagaimana cara mengurangi tingkat kebisingan yang disebabkan oleh unit pembangkit listrik pada gerbong pembangkit kereta api di PT. INKA Madiun?

1.3 Tujuan

Berdasarkan pemaparan latar belakang dan permasalahan maka tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisa tingkat kebisingan pada gerbong kereta makan dan pembangkit di rangkaian kereta api di PT. INKA.
- b. Mengurangi tingkat kebisingan dari pembangkit pada gerbong kereta makan dan pembangkit dengan mendesain suatu *enclosure* akustik.

1.4 Batasan Masalah

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

- a. Objek penelitian yang dianalisa adalah gerbong kereta makan dalam kondisi statis di PT. INKA Madiun, yang di dalamnya terpasang sumber kebisingan dari Diesel Generator Set MTU 10V1600 DS560
- b. Variabel yang dianalisa adalah data tingkat tekanan bunyi
- c. Simulasi menggunakan *software Comsol Multiphysics 5.2* dan *Soundflow*

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

- a. **BAB I PENDAHULUAN**
Pada bab I ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika laporan.
- b. **BAB II TEORI PENUNJANG**
Pada bab II ini dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, seperti teori kebisingan kereta, kebisingan mesin, insulasi kebisingan dan jenis-jenis absorber.
- c. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**
Pada bab III ini berisi mengenai rancangan dari penelitian yang dilakukan, metode dan langkah-langkah dalam penelitian.
- d. **BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**
Pada bab IV ini berisi tentang data pengambilan kebisingan generator, kebisingan berdasarkan permenhub no. 15 tahun 2011 dan ISO: 3381-2005, insulasi kebisingan.
- e. **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**
Pada bab V ini diberikan kesimpulan tentang tugas akhir yang telah dilakukan berdasarkan data-data yang diperoleh, serta diberikan saran sebagai penunjang maupun pengembangan tugas akhir selanjutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kereta Makan dan Pembangkit (K3)

Kereta Makan dan Pembangkit adalah kereta yang ditarik oleh lokomotif dan diperuntukkan untuk aktivitas penumpang. Susunan umum Kereta Makan dan Pembangkit yang dilengkapi sistem pendingin udara, terdiri dari ruang makan, ruang dapur, ruang kru dan operator, ruang genset dan lorong (gang) sesuai dengan gambar terlampir. Kecepatan operasional maksimum 120 km/jam (kecepatan desain $\pm 20\%$ di atas kecepatan operasional maksimum) atau disesuaikan dengan kebutuhan kecepatan operasional PT. KAI (Persero).

Konstruksi dan komponen Kereta Makan dan Pembangkit meliputi: rangka dasar, badan kereta, pintu, jendela, isolasi suara dan panas, rantai dan penutup rantai, susunan ruangan, badan kereta bagian dalam (interior), perlengkapan kereta bagian luar (eksterior), sistem kelistrikan, sistem audio, sistem pengkondisian udara, fasilitas keselamatan, bogie, peralatan perangkai, peralatan pengereman dan peralatan keselamatan sesuai Keputusan Menteri Perhubungan KM No. 41 tahun 2010 tentang Spesifikasi Kereta yang ditarik Lokomotif.

Di dalam kereta makan dan pembangkit (K3) terdapat ruang makan dan ruang pembangkit. Ruang makan dirancang agar terisolasi terhadap kebisingan dan perpindahan panas dari luar. Tingkat kebisingan di dalam ruangan maksimum 85 dBA pada saat kereta api berjalan pada kecepatan 90 km/jam di atas kondisi rel normal dan seluruh jendela dan pintu dalam kondisi tertutup. Bahan isolasi untuk dinding dan atap adalah rockwool tebal 50 mm, kerapatan 55 kg/m³ ditutup dengan aluminium foil pada sisi sebelah dalam, tahan rambatan api (fire retardant). Sebelum ditutup rapat dengan rockwool, bagian dalam dicat dengan cat dasar jenis bituminous. Rantai bagian luar dicat bituminous yang berfungsi sebagai anti korosi dan lantai bagian dalam dilapisi UNITEX yaitu campuran resin, agregat, semen dan perekat yang berfungsi sebagai peredam suara (PT.INKA, 2016).

Sementara dinding ruang pembangkit dari bahan yang tidak mudah terbakar dan dilengkapi peredam suara. Dinding ruang pembangkit dilengkapi isolasi panas sehingga panas yang keluar maksimum 35°C. Kebisingan di dalam kereta pembangkit maksimum 85 dBA yang diukur 6 (enam) meter dari luar ruang pembangkit.

Ruang pembangkit listrik dilengkapi dengan genset 1 x 500 KVA, 1 buah smoke dan *heat detector*, 2 buah *exhaust fan*. Ruang Pembangkit Listrik dilengkapi dengan pembangkit listrik (*generator set*) *open type* yang merupakan gabungan antar a unit mesin diesel dan alternator. *Output Genset* adalah *Primetime Output*. *Genset* dilengkapi dengan panel utama dengan pengaman non thermis untuk beban berlebih (*out/under voltage-current*) dan pengaman genset itu sendiri.

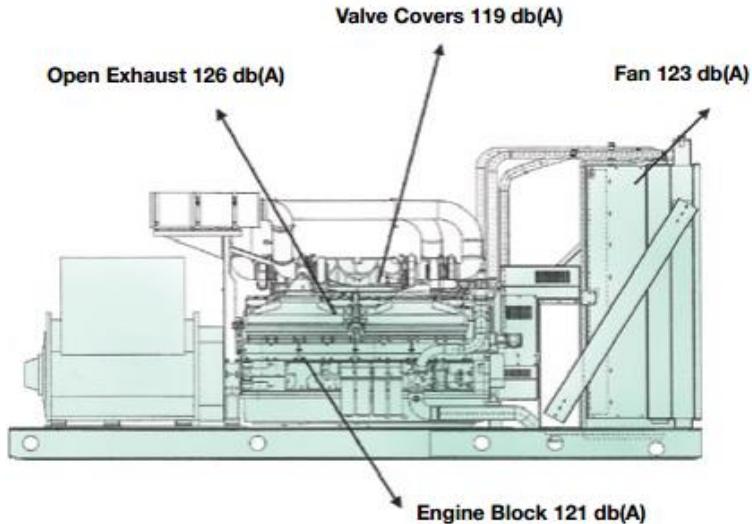
2.2 Kebisingan Kereta Api

Penduduk Indonesia saat ini, terutama di pulau Jawa yang padat penduduknya, membutuhkan moda transportasi massal yang cepat, efisien, dan nyaman untuk dapat digunakan dalam kesehariannya. Kereta api adalah salah satu moda angkutan yang memenuhi kriteria tersebut. Untuk meningkatkan utilitas kereta api sebagai moda transportasi massal, peningkatan kualitas moda transportasi ini harus dilakukan. Salah satunya adalah melalui pengendalian kebisingan (*noise*) dan getaran (*vibration*) pada gerbong kereta api.

Dikarenakan kereta api merupakan sumber penting dari kebisingan di masyarakat. Lalu lintas kereta api menyumbang tingkat kebisingan lebih dari 65 dB untuk 1,7% dari populasi. Untuk sebagian dari kita, suara kereta yang lewat adalah musik bagi telinga. Tapi bagi sebagian orang, suara yang berasal dari kereta yang lewat tersebut tidak diinginkan dan dianggap mengganggu. Kebisingan tersebut sering diidentifikasi sebagai sumber ketidakpuasaan dengan lingkungan hidup oleh warga. Karena tingkat kebisingan lingkungan telah meningkat, maka sejalan dengan hal tersebut kesadaran akan kebisingan juga semakin meningkat sebagai sebuah yang potensial. Hal ini berlaku

pada kebisingan yang berasal dari kereta api yang sama dengan bentuk-bentuk kebisingan lingkungan lainnya.

2.3 Sumber Kebisingan *Generator Set*



Gambar 2.2 Sumber-Sumber Kebisingan 2000 DQKC (Estimasi Tingkat Tekanan Bunyi) (Aaberg, 2007)

Kebisingan generator dihasilkan oleh 6 sumber utama, yaitu (Aaberg, 2007)

- Bising mesin – terjadi karena adanya gaya mekanik dan pembakaran. Kebisingannya dalam rentang 100 – 121 dBA, diukur dalam 1 meter, bergantung ukuran mesinnya.
- Bising kipas pendinginan – berasal dari bunyi udara yang dipindahkan pada mesin berkecepatan tinggi yang melewati radiator. Kebisingannya berada pada rentang 100 – 105 dBA, diukur dari jarak 1 meter.
- Kebisingan alternator – disebabkan oleh pendingin udara dan gesekan-gesekan. Kebisingannya berada pada rentang 80 – 90 dBA pada 1 meter.

- Kebisingan induksi – disebabkan oleh fluktuasi arus pada lilitan alternator yang menimbulkan kebisingan mesin pada rentang 80 – 90 dBA pada jarak 1 meter.
- Mesin pembuangan – tanpa peredam pembuangna, rentang bisingsnya dari 120 – 130 dBA atau lebih dan biasanya direduksi oleh peredam hingga 15 dBA.
- Kebisingan struktur mesin – disebabkan oleh getaran mesin dari bermacam struktur bagian dan komponen yang diradiasikan oleh bunyi.

2.4 Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 15 Tahun 2011

Di dalam Permenhub No. 15 Tahun 2011 dijelaskan tentang standar, tata cara pengujian dan sertifikasi kelaikan kereta yang ditarik lokomotif, misal pada kereta pembangkit. Jadi sebelum dioperasikan, kereta pembangkit tersebut harus memiliki beberapa sertifikat uji, salah satunya sertifikat uji kebisingan yang dijelaskan pada pasal 21 pada bab III. (Menteri Perhubungan, 2011)

UJI STATIS

| | | |
|---------------------------|---------------------|-----------|
| Lembar uji | : KEBISINGAN | 1i |
| Jenis sarana | : _____ | |
| Dilaksanakan pada tanggal | : _____ | |
| Tempat pengujian | : _____ | |
| Penguji | : _____ | |

| NO SARANA | JENIS PENGUJIAN | STANDAR | HASIL | KET |
|-----------|-----------------------------|--------------------------------|-------|-----|
| | a. Ruang penumpang | Maks 85 dBA | | |
| | b. Ruang dapur | Maks 85 dBA | | |
| | c. Ruang makan | Maks 85 dBA | | |
| | d. Di luar ruang pembangkit | Maks 85 dBA pada jarak 6 meter | | |

Gambar 2.3 Sertifikat Uji Statis Kebisingan pada Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit (K3) (Menteri Perhubungan, 2011)

2.5 Pengendalian Kebisingan

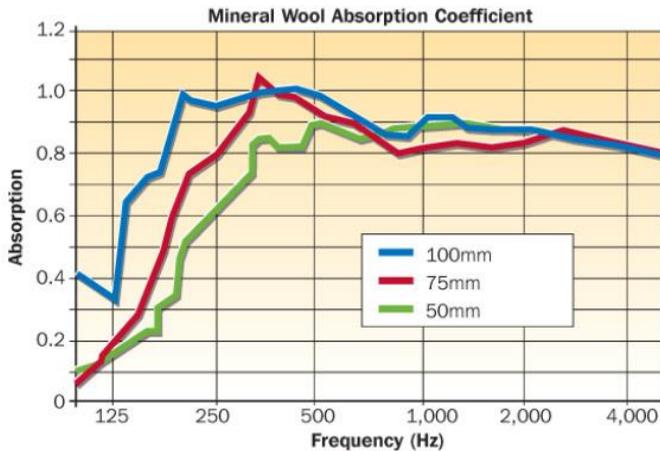
Terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan dalam upaya mengendalikan tingkat kebisingan pada suatu area. Salah satunya adalah pengendalian kebisingan pada sumber bising. Hal tersebut dilakukan dengan cara melakukan modifikasi pada mesin atau memasang peredam pada mesin tersebut. (Dwilestari, 2011) Selain itu pengendalian bising juga dapat dilakukan dengan cara mentransmisikan sumber bising melalui suatu material yang berfungsi sebagai insulasi dan absorpsi. Proses insulasi dilakukan untuk meletakkan penghalang bising antara sumber bising dengan area atau ruang yang akan direduksi nilai kebisingannya hingga sesuai dengan batas yang telah ditentukan. Sedangkan absorpsi dilakukan bertujuan untuk melindungi objek dari yang ditempatkan pada daerah yang sama dengan sumber bising. (Dwilestari, 2011)

2.6 Tipe-tipe Absorber (Smith, Peters, & Owen, 1997)

Absorber terbagi menjadi tiga macam:

a. Absorber berpori

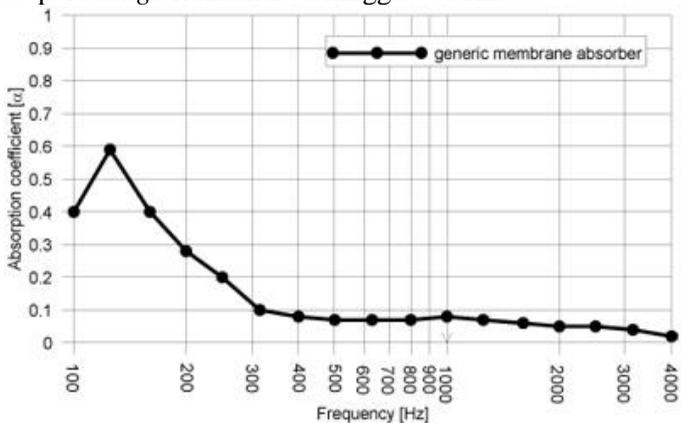
Terdiri atas material-material seperti *fibreboard*, *mineral wools*, *insulation blankets*, dll, dan semua memiliki kesamaan tujuan yang sama. Mereka bertindak mengkonversi energi suara menjadi panas. Material-material dengan sel-sel tertutup misal bahan plastik kurang efektif sebagai absorber. Jenis karakteristik *mineral wools* ditunjukkan pada **Gambar 2.4**. Penyerapan suara jauh lebih efektif pada frekuensi tinggi daripada frekuensi rendah. Hal itu sedikit ditingkatkan oleh penambahan ketebalan atau bantalan dengan ruang udara di belakang. Absorber berpori ada tiga macam, *prefabricated* (ubin), bahan plaster dan lapisan akustik (*glasswool*).



Gambar 2.4 Macam karakteristik absorpsi untuk *mineral wools* dengan ketebalan 50, 75 dan 100 mm. (*Acoustic Mineral Wool Technical Specifications, 2011*)

b. Membran atau panel absorber

Membran ini berguna karena membran tersebut memiliki karakteristik penyerapan yang bagus pada *range* frekuensi rendah. Penyerapan sangat tergantung pada frekuensi dan secara normal berada para *range* frekuensi 50 hingga 500 Hz.



Gambar 2.5 Macam karakteristik penyerapan pada *membrane absorber* (Brixen, 2015)

c. *Helmholtz resonators*

Material berpori biasanya memiliki beberapa jenis penyerapan pada semua frekuensi, membran absorber memiliki karakteristik penyerapan yang lebih kritis sekitar frekuensi resonansi dari panel, sementara absorber *Helmholtz resonant* bahkan memiliki karakteristik penyerapan yang lebih kritis.

2.7 Teori Insulasi Bunyi

Isolasi bunyi di udara adalah kemampuan suatu material yang memisahkan dua ruangan untuk meminimalkan tranmisi bunyi pada udara melalui elemen pemisah atau struktur sekitarnya. Bahan dinilai pada indeks reduksi bunyi dengan menghubungkan pengurangan daya suara melalui material itu sendiri.

2.8 Acoustics Diffusion Equation

Proses difusi sering diartikan sebagai proses pergerakan partikel-partikel dalam gas. Persamaan difusi akustik mengacu pada konsep “*sound particle*”, dengan nilai kerapatan yang sebanding dengan nilai *local sound energy*. Partikel-partikel tersebut tidak berbenturan dengan molekul udara melainkan terhadap dinding dalam ruang. Implementasi persamaan Acoustics Diffusion Equation dalam COMSOL Multiphysics adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \nabla \cdot (-D_t \nabla w) + c m_a w = q(x, t) \quad (2.1)$$

Dimana w adalah kerapatan energi bunyi yang dapat digunakan untuk menentukan parameter sound pressure level dan parameter penting lainnya. Koefisien volume absorpsi, m_a , digunakan untuk menghitung *air dissipation* yang dibutuhkan untuk volume ruang besar. Sedangkan $D_t = D$ adalah koefisien difusi dan q adalah sumber suara volumetric.

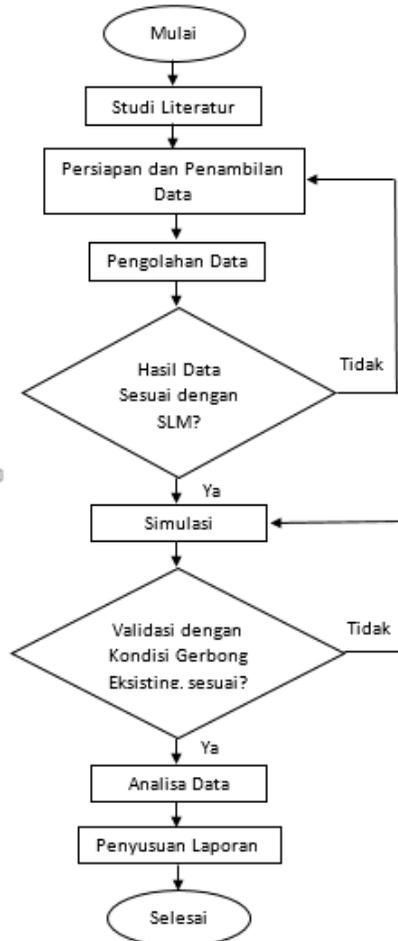
$$\frac{\partial w}{\partial t} + \nabla \cdot (-D_t \nabla w) + c \left(m_a + \frac{\alpha_f}{\lambda_f} \right) w = q(x, t), \quad D_t = \frac{D_f D}{D_f + D} \quad (2.2)$$

Tambahan furnitur dapat juga dimasukkan dengan menggunakan persamaan 2.10. Dimana α_f merupakan koefisien serap rata-rata dari furnitur (*the fittings*). Koefisien difusi D_f dan panjang lintasan λ_f diperoleh dari *number density* dan *average cross section* dari furniture (Andersson, 2015).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini. Berikut *flowchart* dalam penelitian ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Objek Penelitian

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit di PT. INKA Madiun.



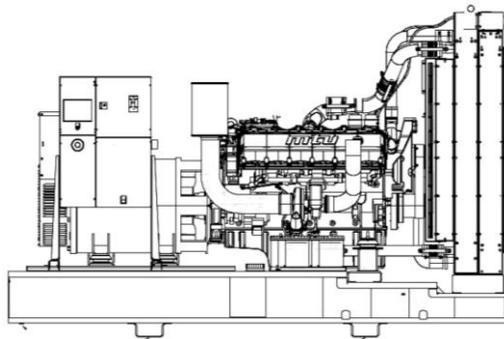
Gambar 3.2 Gerbong Makan dan Pembangkit



Gambar 3.3 Bagian Tampak Samping Ruang Generator Gerbong Makan dan Pembangkit

Spesifikasi dari gerbong makan dan pembangkit ini adalah sebagai berikut (PT.INKA, 2016):

- a. Dimensi kereta
 - Panjang dan lebar kereta = 20.000 dan 2.990 mm
 - Tinggi = 3.630 mm
- b. Susunan kereta
 Susunan umum Kereta Makan dan Pembangkit yang dilengkapi sistem pendingin udara, terdiri dari ruang makan, ruang dapur, ruang kru dan operator, ruang genset dan lorong (gang) sesuai dengan **Gambar 2.1**.
- c. Dimensi ruang genset
 - Panjang dan lebar kereta = 7.000 dan 2.000 mm
 - Tinggi = 3.630 mm
- d. Generator set
 Objek yang diukur kebisingannya dalam penelitian ini adalah Diesel Generator Set MTU 10V1600 DS560, dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Dimensi (LxWxH) 3.600 x 1.604 x 2.121 mm
 - Tegangan 400 V
 - Kapasitas 510 kVA
 - Generator listrik 3 fasa
 - Sistem knalpot merupakan jenis *industrial silencer* 15 dB(A).



Gambar 3.4 Generator Set Kereta Makan dan Pembangkit
 (www.mtuonsiteenergy.com, 2014)

3.2 Pengambilan Data Kebisingan Generator

Pengambilan data yang pertama dilakukan adalah mengukur *airborne noise* dari bising generator. Tujuannya untuk mengetahui karakteristik dari sumber kebisingan dalam penelitian tugas akhir ini. Pengambilan data menggunakan *Sound Level Meter* DEKKO Model: SL-130 yang telah disambungkan ke laptop yang telah terinstall *software Real Time Analyzer*. Konfigurasi alat pengukuran digambarkan seperti pada **Gambar 3.5**.

Titik ukur pengambilan data kebisingan berjarak 1 meter dari generator dan terdapat pada 2 titik seperti terlampir pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.5 Konfigurasi Sound Level Meter yang Terhubung dengan Laptop

pengukuran di dalam dan luar gerbong digambarkan pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.8 Pengambilan Data pada Jarak 6 Meter



Gambar 3.9 Pengambilan Data Kebisingan pada Ruang Operator



Gambar 3.12 Pengambilan Data pada Sisi Luar Ruang Generator

3.5 Analisa Kebisingan

Hasil pengambilan data berupa tingkat tekanan bunyi kemudian diolah. Data yang digunakan hanya data yang diperoleh pada frekuensi 1/3 oktaf, yaitu 125 – 4000 Hz. Sementara pengambilan data berdasarkan permenhub, dilakukan plotting menggunakan *software surfer* supaya diperoleh persebaran medan kebisingan di dalam gerbong kereta, mulai dari ruang makan hingga ruang operator, serta hasil pengambilan data pada jarak 6 meter. Pada pengambilan data insulasi kebisingan diperoleh nilai pengurangan kebisingan dari dalam gerbong dan luar gerbong.

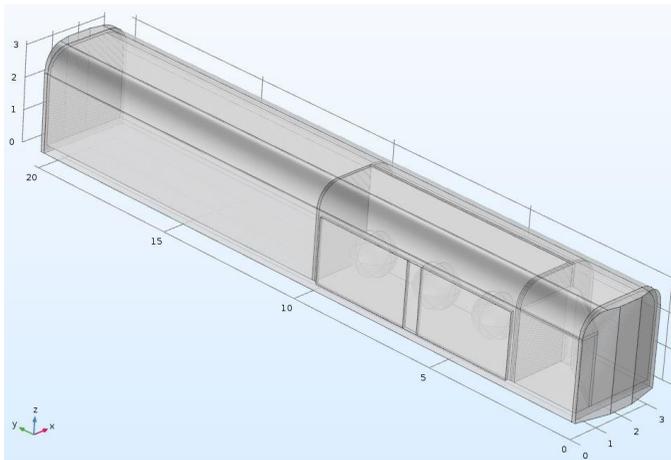
3.6 Desain Kereta Makan dan Pembangkit Menggunakan *Software*

Mendesain objek penelitian berupa gerbong kereta makan dan pembangkit di PT INKA Madiun, dengan menggunakan *Software*

Comsol Mutiphysics 5.2. Berikut langkah-langkah dalam melakukan simulasi:

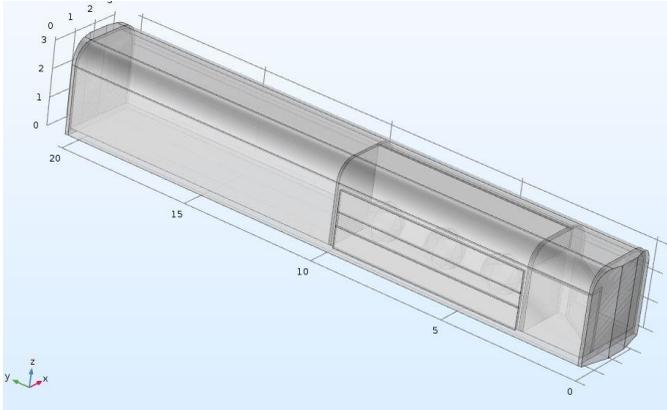
3.7.1 Menggambar geometri

Berdasarkan dari sketsa geometri gerbong kereta makan dan pembangkit, kemudian dibuat gambar dengan ukuran geometri tersebut. Bentuk geometri yang dibuat adalah seperti pada **Gambar 3.13**.

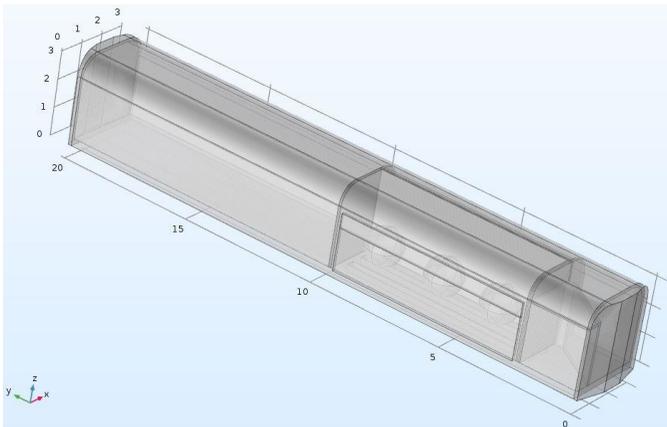


Gambar 3.13 Menggambar Geometri Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan simulasi dengan 3 variasi geometri pada grill, yaitu geometri dengan rasio grill 75% vertikal seperti pada **Gambar 3.13**, geometri dengan rasio grill 75% horizontal seperti pada **Gambar 3.14** dan geometri dengan rasio grill 25% horizontal seperti pada **Gambar 3.15**.

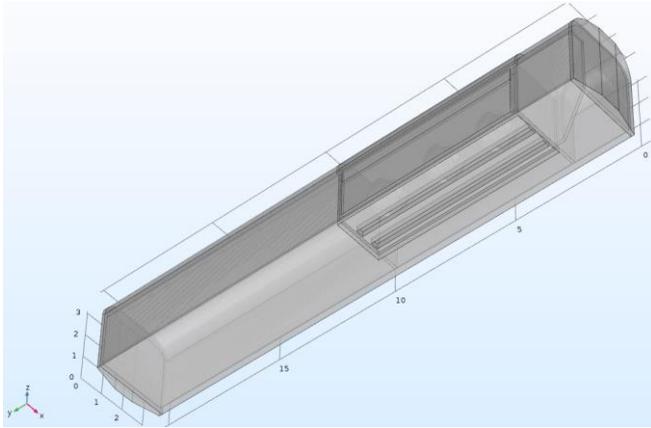


Gambar 3.14 Geometri dengan Rasio Grill 75% Horizontal

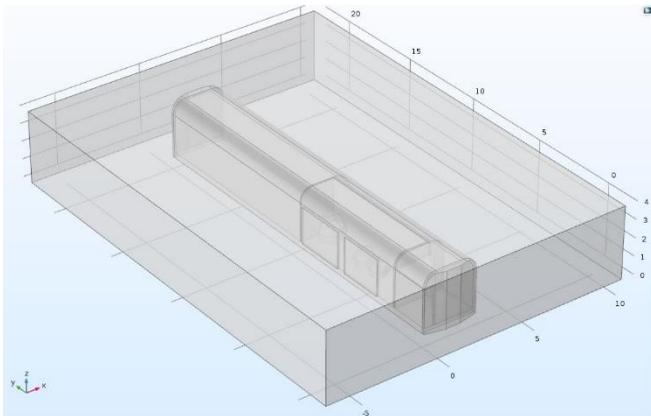


Gambar 3.15 Geometri dengan Rasio Grill 25%

Kemudian dilakukan penambahan gambar *block* pada *software Comsol Multiphysics 5.2* yang nantinya digunakan untuk menentukan pola persebaran dari medan bunyinya. Seperti pada **Gambar 3.17**.



Gambar 3.16 Geometri Ventilasi di Lantai dengan Rasio Grill 25%

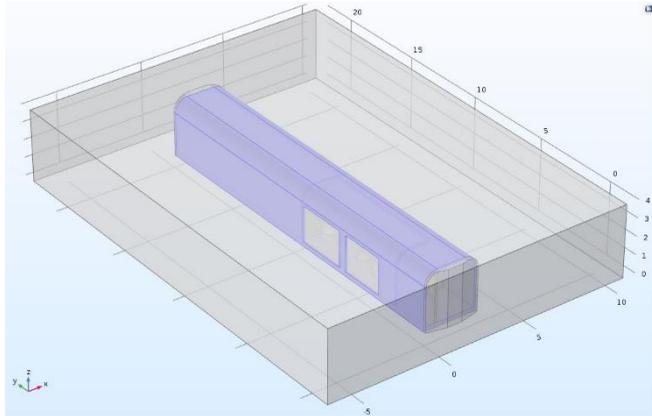


Gambar 3.17 Menggambar Geometri Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit dengan Tambahan *Block*

3.7.2 Mendefinisikan *boundary*

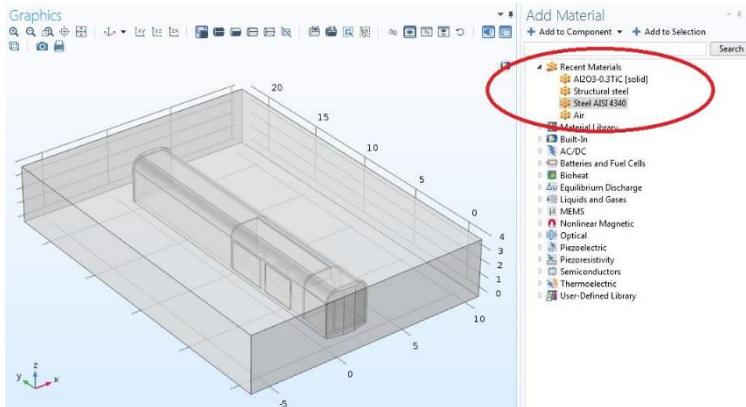
Mendefinisikan *boundary* dilakukan setelah bentuk dari geometri gerbong kereta makan dan pembangkit pada *software Comsol Multiphysics 5.2* selesai. *Boundary* yang didefinisikan pada gerbong tersebut adalah dinding gerbong, dinding ruang generator,

dinding ruang operator dan sumber bunyi berupa generator listrik, seperti yang terlihat pada **Gambar 3.18**.



Gambar 3.18 Mendefinisikan *Boundary* pada Geometri

3.7.3 Menentukan material



Gambar 3.19 Menentukan Material

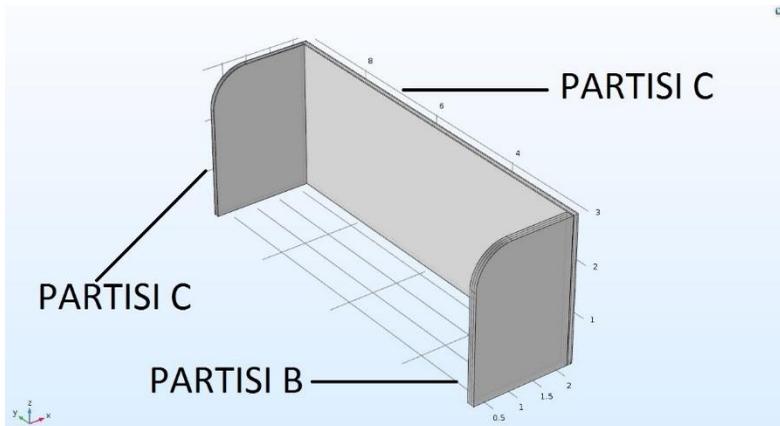
Setelah ditentukan *boundary*, kemudian material pada gerbong kereta makan dan pembangkit tersebut ditentukan, misal pada ruang generator diberi jenis material yang telah ditentukan, seperti yang terlihat pada **Gambar 3.19**.

Pada material pada *enclosure* yang ditetapkan oleh PT. INKA adalah seperti pada **Gambar 3.20**. Komposisi pada Partisi C sebagai berikut

- *Aluminium perforated 2mm*
- *Rockwool 25 mm*
- *Air Space 50 mm*
- *Rockwool 25 mm*
- *SS400 3 2mm*

sedangkan material pada Partisi B sebagai berikut

- *Aluminium perforated 2mm*
- *Rockwool 50 mm*
- *Air Space 50 mm*
- *Rockwool 50 mm*
- *SS400 3 2mm.*



Gambar 3.20 Desain *Enclosure* pada Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit

Dari komposisi material tersebut kemudian diperoleh nilai koefisien absorpsi bunyi yang digunakan sebagai nilai input dari desain *enclosure* pada *software* tersebut. Partisi C dan partisi B

memiliki nilai koefisien absorpsi bunyi berurut-urut sebesar 0.908 dan 0.938.

3.7.4 Menentukan variasi pada *enclosure*

Pada simulasi ini ditentukan variasi pada *enclosure*, terdapat 3 variasi yaitu:

- a. Desain Ulang dengan Rasio Grill 75% Vertikal
- b. Desain Ulang dengan Rasio Grill 75% Horizontal

Pada 2 variasi di atas, dilakukan masing-masing desain, yaitu:

a. Desain pertama

Desain pertama dibuat *enclosure* tanpa mengubah dimensi dari *enclosure* yang telah ditentukan oleh PT. INKA, namun mengubah material pada partisi C, atap dan lantai sehingga didapatkan nilai koefisien serap bunyi sebesar 0,92. Adapun material yang digunakan yaitu

- *Aluminium perforated 2mm*
- *Foam Welfox 25 mm*
- *Air Space 50 mm*
- *Foam Welfox 25 mm*
- *SS400 3 2mm*

sedangkan material pada partisi B juga diubah sehingga didapatkan nilai koefisien serap bunyi sebesar 0,945. Adapun material yang digunakan yaitu

- *Aluminium perforated 2mm*
- *Foam Welfox 50 mm*
- *Air Space 50 mm*
- *Foam Welfox 50 mm*
- *SS400 3 2mm*

b. Desain kedua

Desain pertama dibuat *enclosure* dengan mengubah dimensi dari *enclosure* yang telah ditentukan oleh PT. INKA yaitu dengan menambahkan ketebalan pada partisi C, atap dan lantai sehingga didapatkan nilai koefisien serap bunyi sebesar 0.945. Adapun material yang digunakan yaitu

- *Aluminium perforated 2mm*

- *Foam Welfox 25 mm*
- *Air Space 50 mm*
- *Foam Welfox 25 mm*
- *SS400 3 2mm*

sedangkan material pada partisi B juga diubah sehingga didapatkan nilai koefisien serap bunyi sebesar 0,945. Adapun material yang digunakan yaitu

- *Aluminium perforated 2mm*
- *Foam Welfox 50 mm*
- *Air Space 50 mm*
- *Foam Welfox 50 mm*
- *SS400 3 2mm*

c. Desain Ulang dengan Rasio Grill 25% Horizontal

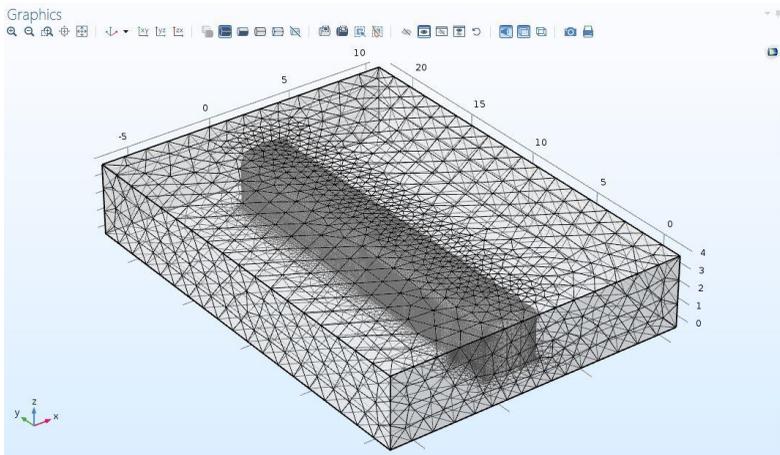
Pada variasi di atas, dilakukan masing-masing desain yang sama dengan 2 variasi di atas, namun ditambahkan dengan memberikan 2 lubang pada lantai dengan ukuran 0,3x7 meter yang terpisahkan sejauh 0,7 meter.

3.7.5 Menentukan *boundary condition*

Boundary condition berfungsi untuk mengkondisikan lapisan pada ruang uji tersebut. Misal pada sumber *sphere* ditentukan bahwa sumber tersebut menghasilkan tekanan bunyi sebesar 0,01 dan 0,1 watt atau tingkat tekanan bunyi 100 dan 110 dB.

3.7.6 *Meshing*

Meshing kemudian dilakukan sebelum memasuki tahapan *plotting*. Fungsi dari *meshing* adalah membagi elemen yang tak terbatas menjadi elemen yang dibatasi jumlahnya. Tiap elemen tersebut nantinya akan merepresentasikan *plotting* berupa kontur warna dari tingkat tekanan bunyi tersebut. Seperti pada **Gambar 3.21**.



Gambar 3.21 Melakukan *Meshing*

3.7.7 Plotting hasil simulasi

Hasil plotting simulasi digunakan dalam menganalisa simulasi yang telah dilakukan. Ketika didapatkan hasil simulasi yang sama dengan hasil pengambilan data, kemudian dilakukan desain ulang pada *enclosure* yang tujuannya untuk mengurangi besar nilai tingkat tekanan bunyi.

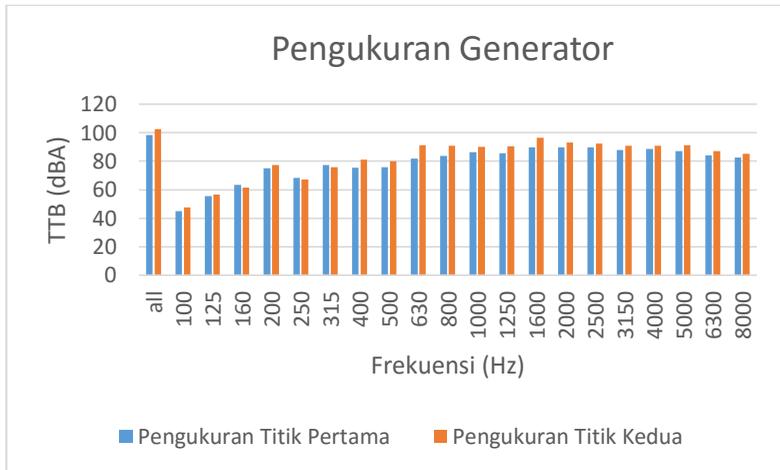
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa

Pengambilan data kebisingan selama penelitian dilakukan di PT. INKA Madiun yang objek penelitiannya berupa gerbong makan dan pembangkit dengan generator set. Generator set yg digunakan merupakan Diesel Generator Set MTU 10V1600 DS560 sebagai pembangkit listrik utama pada serangkaian kereta api kelas ekonomi, dan dalam penelitian ini merupakan sumber kebisingan utama. Pengambilan data ini menghasilkan nilai Tingkat Tekanan Bunyi.

A. Analisa Kebisingan Generator

Dari hasil pengambilan data *airborne noise*, diperoleh grafik seperti **Gambar 4.1** di bawah ini,



Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Generator

Berdasarkan **Gambar 4.1**, hasil pengukuran generator pada dua titik, diperoleh karakteristik kebisingan dari generator terjadi pada frekuensi 630 – 8000 Hz, sehingga dapat disimpulkan bahwa insulasi yang digunakan adalah insulasi akustik.

B. Analisa Kebisingan Berdasarkan Permenhub No. 15 Tahun 2011 dan ISO 3381: 2005

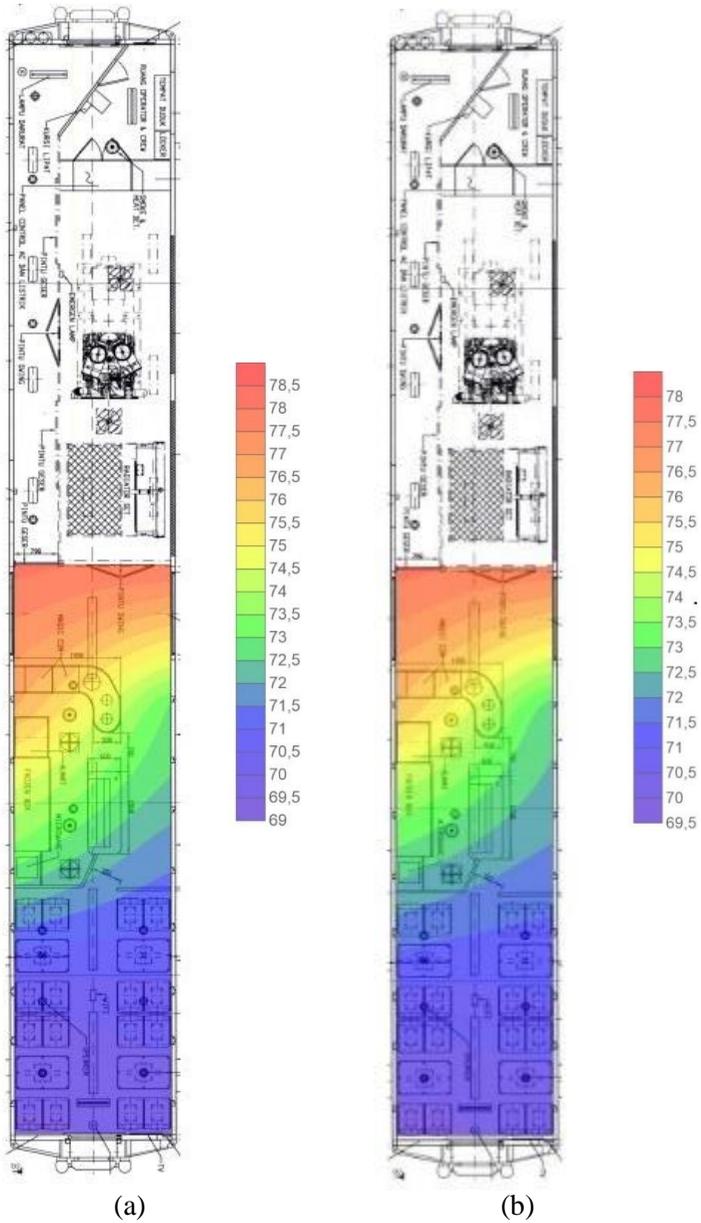
Berdasarkan 2 jenis pengambilan data dalam penelitian ini yaitu pengambilan data kebisingan pada jarak 6 meter dan pengambilan data kebisingan di dalam ruang makan, diperoleh hasil seperti di bawah ini.

- **Pengambilan Data pada Jarak 6 Meter**

Data pada pengukuran kebisingan pada jarak 6 meter ini diperoleh nilai TTB (all) sebesar 74,964 dBA. Sementara pada spektrum frekuensinya diperoleh nilai TTB terendah pada frekuensi 125 Hz sebesar 41 dBA dan nilai TTB tertinggi pada frekuensi 800 Hz sebesar 67,6 dBA. Hal tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan Permenhub No. 15 Tahun 2011, gerbong pembangkit tersebut memiliki kebisingan yang masih aman karena di bawah 85 dBA, namun berdasarkan Kepmen Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 dinyatakan bahwa kebisingan pada stasiun sebesar 70 dBA, sehingga pada penelitian ini perlu dilakukan desain ulang dari *enclosure* supaya kebisingan tersebut dapat tereduksi.

- **Pengambilan Data Kebisingan Pada Ruang Makan**

Berdasarkan ISO 3381-2005, pada hasil pengambilan data kebisingan pada ruang makan, untuk kondisi ketinggian alat ukur 1,2 meter dari lantai gerbong diperoleh nilai TTB (all) tertinggi terdapat pada titik (5,2) sebesar 78,18 dBA dan TTB (all) terendah terdapat pada titik (1,2) sebesar 69,41 dBA. Seperti terlampir pada **Gambar 3.7**. Sedangkan pada ketinggian sensor 1,6 meter, diperoleh nilai TTB (all) tertinggi terdapat pada titik (5,2) sebesar 77,7 dBA dan TTB (all) terendah terdapat pada titik (1,2) sebesar 69,76 dBA. Dari kedua titik pengukuran tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin menjauhi ruang generator, maka nilai tingkat tekanan bunyi yang terjadi semakin kecil. Dengan *software surfer*, kemudian diplot hasil nilai tekanan bunyi pada area ruang makan, seperti pada **Gambar 4.2** di bawah ini.



Gambar 4.2 Plotting Pengambilan Data Kebisingan Di Ruang Makan: (a) Kondisi Pertama dan (b) Kondisi Kedua

Pada **Gambar 4.2**, yang diplot menggunakan *software surfer*, dapat disimpulkan bahwa semakin mendekati ruang generator, maka semakin tinggi pula nilai tingkat tekanan bunyinya. Perbedaan dari kedua gambar tersebut adalah pada kondisi pertama memiliki tingkat kebisingan yang tinggi jika dibandingkan pada kondisi kedua.

C. Analisa Insulasi Kebisingan pada Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit

Berdasarkan hasil pengukuran pada titik pengambilan data yang terdapat pada **Gambar 3.11** kemudian diolah untuk mendapatkan nilai *transmission loss*-nya. Dari **Lampiran Tabel 6**, **Tabel 7** dan **Tabel 8**, diperoleh nilai *transmission loss* pada ketiga area pengambilan data. Pada pengambilan data area pertama diperoleh nilai rata-rata *transmission loss* sebesar 8,2 dB. Sedangkan pada pengambilan data area kedua diperoleh nilai rata-rata *transmission loss* sebesar 12,1 dB. Sedangkan pada pengambilan data area ketiga diperoleh nilai rata-rata *transmission loss* sebesar 18,6 dB. Pada area ketiga memiliki kemampuan insulasi yang baik, dikarenakan kebisingan sumber paling banyak menyebar ke sebelah kanan dan kiri sumber.

4.2 Analisa Menggunakan *Software Comsol Multiphysics 5.2*

a. Nilai Kebisingan Sumber

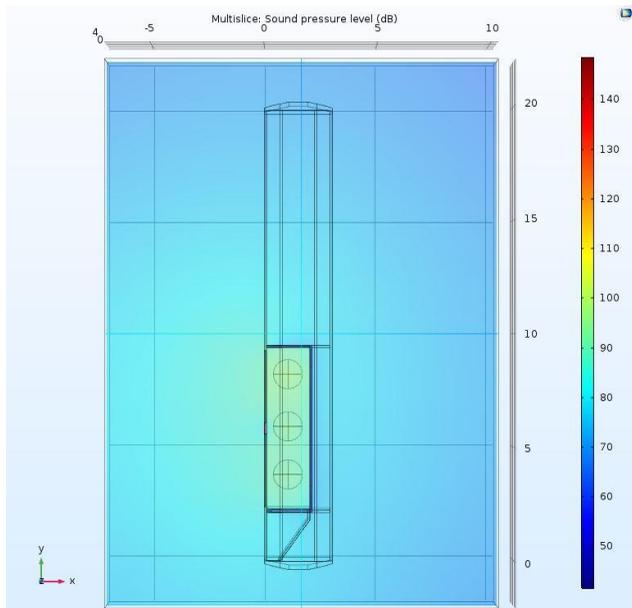
Pada hasil pengambilan data kebisingan, dapat ditentukan nilai dari 2 titik sumber kebisingan generator sebesar 98,2 dan 102,6 dB. Pada simulasi dengan *software Comsol Multiphysics 5.2*, input digunakan berupa daya, sehingga nilai TTB tersebut harus dikonversi menjadi daya.

Konversi tersebut menggunakan persamaan seperti di bawah ini:

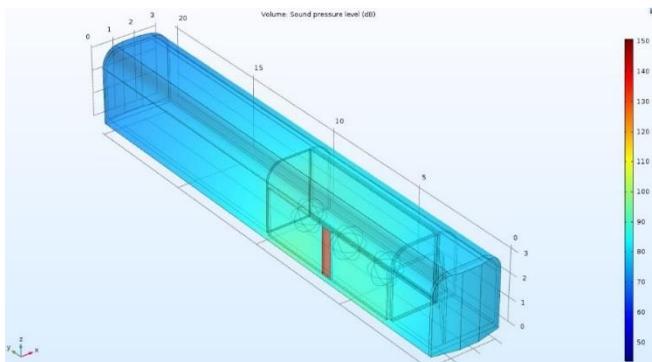
$$L_w = 10 \log \left(\frac{W}{W_{ref}} \right)$$

Sehingga diperoleh nilai W sebesar 0.006 dan 0.0158 watt.

b. Kondisi Eksisting Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit



Gambar 4.3 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit



Gambar 4.4 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit (Tampak Samping)

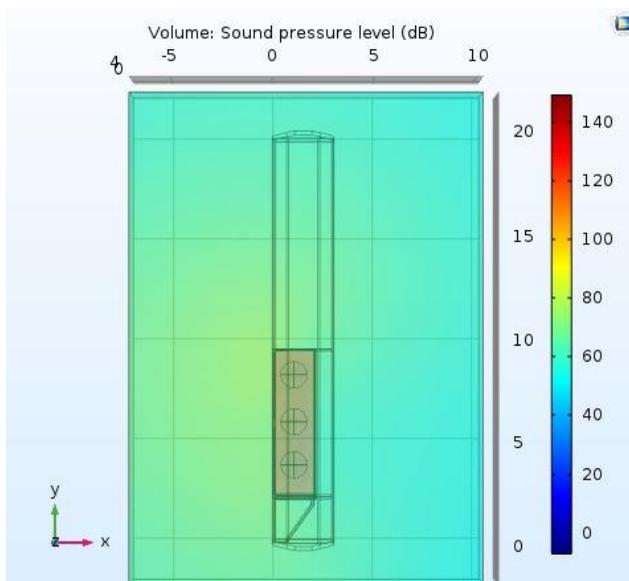
Pada simulasi ini dengan kondisi eksisting gerbong kereta makan dan pembangkit, diberikan nilai koefisien serap bunyi pada kondisi *enclosure* yang sudah ditentukan oleh PT. INKA. Hasil *plotting* pada simulasi tersebut terdapat pada **Lampiran Tabel 11**, dari jarak 6 meter diperoleh nilai tingkat tekanan bunyi sebesar 81,2 dBA. Pada hasil pengambilan data, didapatkan nilai tekanan bunyi sebesar 74,964 dBA. Error hasil simulasi dengan hasil pengukuran sebesar 9,1%. Hasil simulasi, mulai dari sumber bunyi, material dinding, atap, lantai, pintu pada gerbong kereta pada kondisi gerbong eksisting dijadikan acuan untuk mendesain ulang material dan bentuk *enclosure* pada ruang pembangkit (generator).

Berdasarkan pada Permenhub No. 15 Tahun 2011 di luar ruang pembangkit nilai tingkat tekanan bunyi yang terjadi adalah maksimal 85 dBA pada jarak 6 meter. Hal tersebut jika dibandingkan dengan Kepmen Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 (peruntukkan pada stasiun), sudah melebihi standar yang telah ditetapkan, oleh karena itu dilakukan desain ulang pada *enclosure* ruang pembangkit tersebut, supaya diperoleh nilai tingkat tekanan bunyi yang sesuai dengan standar Kepmen Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996.

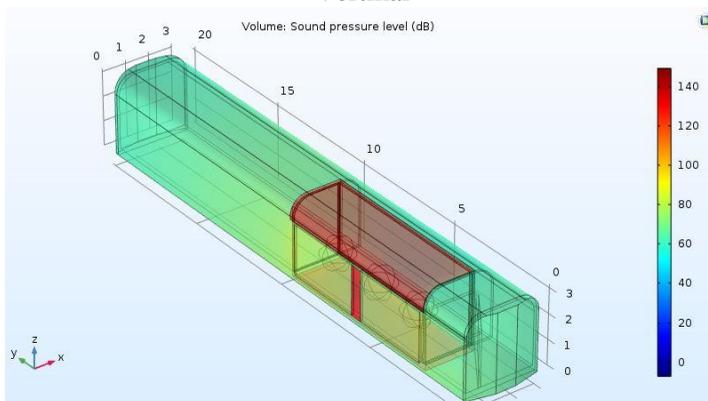
c. Desain Ulang dengan Rasio Grill 75% Vertikal

- Desain Pertama

Desain ulang ini menggunakan acuan dengan mengubah material pada dinding-dinding, atap dan lantai *enclosure* tanpa mengubah bentuk geometri. Dengan menggunakan *software Soundflow*, kemudian diperoleh nilai koefisien serap bunyi pada partisi C yang digunakan sebagai material penyusun dinding-dinding, atap dan lantai *enclosure* yaitu sebesar 0,92. Sedangkan nilai koefisien serap bunyi partisi B yang digunakan sebagai material penyusun dinding *enclosure* Partisi B yaitu sebesar 0,945. Seperti yang dilampirkan pada **Lampiran Tabel 9**. Berikut hasil simulasi dengan rasio grill 75% vertikal.



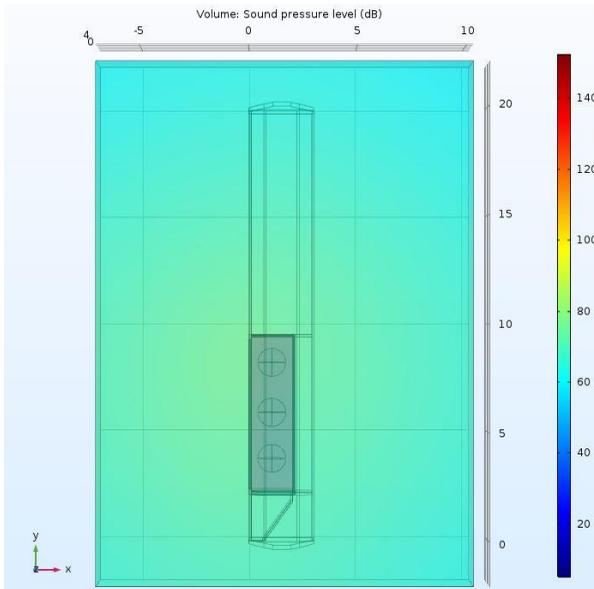
Gambar 4.5 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 75% Vertikal



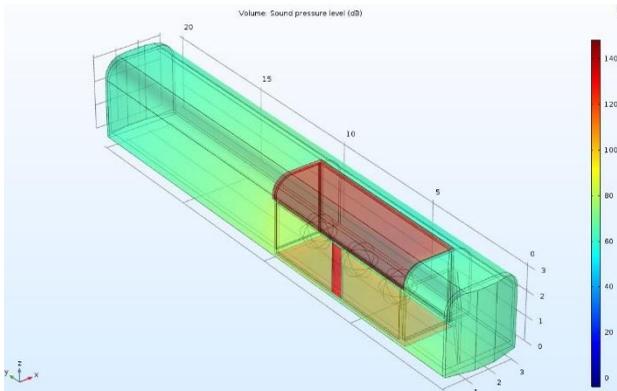
Gambar 4.6 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 75% Vertikal (Tampak Samping)

Hasil *plotting* pada simulasi tersebut terdapat pada **Lampiran Tabel 12** dan **Tabel 13**, dari jarak 6 meter diperoleh nilai tingkat tekanan bunyi sebesar 69,84 dan 69,28 dBA.

- Desain Kedua



Gambar 4.7 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 75%
Vertikal



Gambar 4.8 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 75%
Vertikal (Tampak Samping)

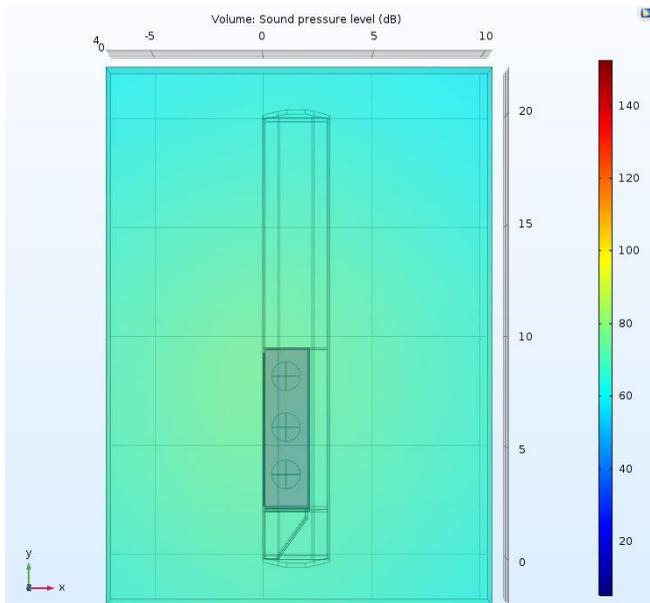
Pada desain ulang kedua hanya mengubah material penyusun pada *enclosure* sehingga diperoleh nilai koefisien serap bunyi

sebesar 0,945, untuk mengubah material penyusun dari *enclosure*. Hasil *plotting* pada simulasi tersebut terdapat pada **Lampiran Tabel 14** dan **Tabel 15**, dari jarak 6 meter diperoleh nilai tingkat tekanan bunyi sebesar 69,79 dan 69,23 dBA. Pada hasil desain ulang pertama dan kedua, tidak terjadi perubahan nilai TTB yang signifikan.

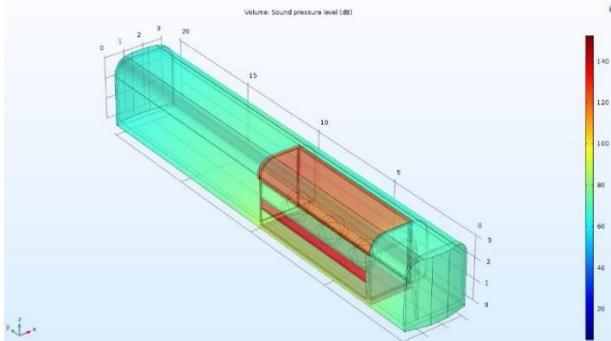
d. Desain Ulang dengan Rasio Grill 75% Horizontal

- Desain Pertama

Desain ulang tersebut, mengubah geometri dan penyusun material pada kondisi eksisting gerbong. Material penyusun pada partisi C digunakan dalam menyusun dinding, atap dan lantai pada *enclosure*, sedangkan partisi B tetap digunakan untuk menyusun partisi B pada *enclosure*.



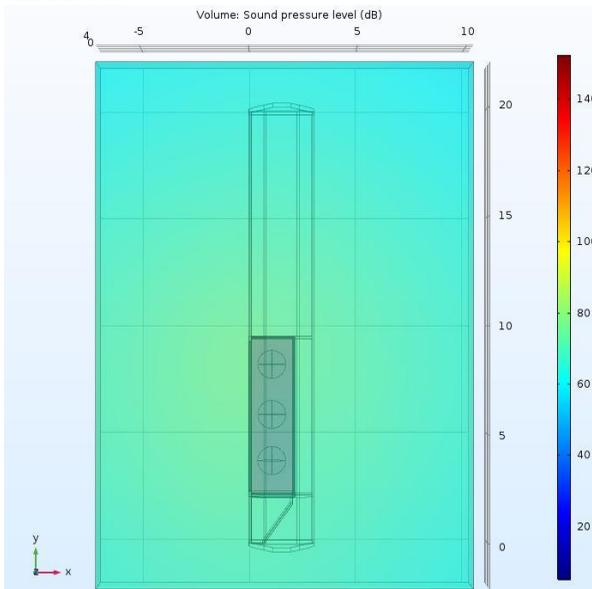
Gambar 4.9 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 75% Horizontal



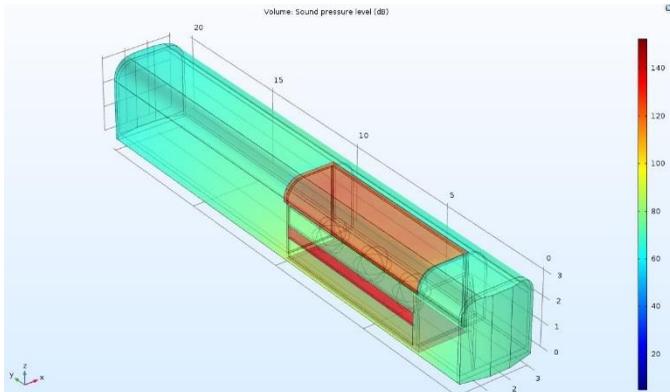
Gambar 4.10 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 75% Horizontal (Tampak Samping)

Hasil *plotting* pada simulasi tersebut terdapat pada **Lampiran Tabel 16** dan **Tabel 17**, dari jarak 6 meter diperoleh nilai tingkat tekanan bunyi sebesar 71,81 dan 71,64 dBA.

- Desain Kedua



Gambar 4.11 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 75% Horizontal



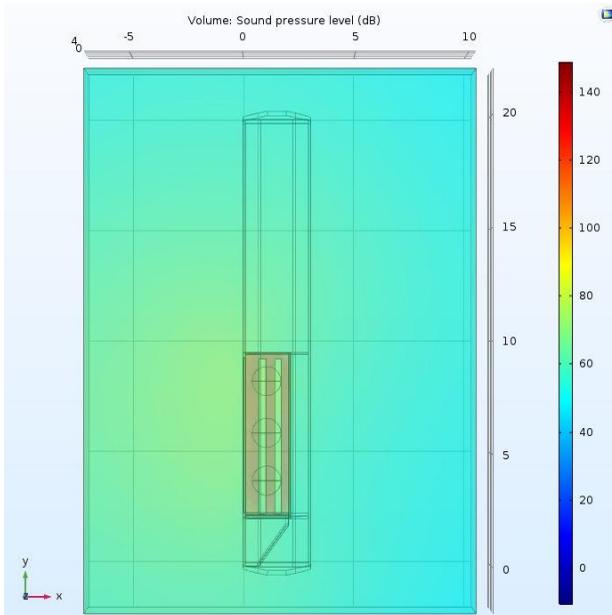
Gambar 4.12 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 75% Horizontal (Tampak Samping)

Pada desain ulang kedua hanya mengubah material penyusun pada *enclosure* sehingga diperoleh nilai koefisien serap bunyi sebesar 0,945, untuk mengubah material penyusun dari *enclosure*. Hasil *plotting* pada simulasi tersebut terdapat pada **Lampiran Tabel 18** dan **Tabel 19**, dari jarak 6 meter diperoleh nilai tingkat tekanan bunyi sebesar 71,72 dan 71,56 dBA. Pada hasil desain ulang pertama dan kedua, tidak terjadi perubahan nilai TTB yang signifikan. Namun apabila kemampuan insulasi pada desain rasio grill 75% horizontal lebih rendah jika dibandingkan dengan desain ulang pada 75% grill vertikal. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi grill vertikal mampu mereduksi bunyi lebih baik.

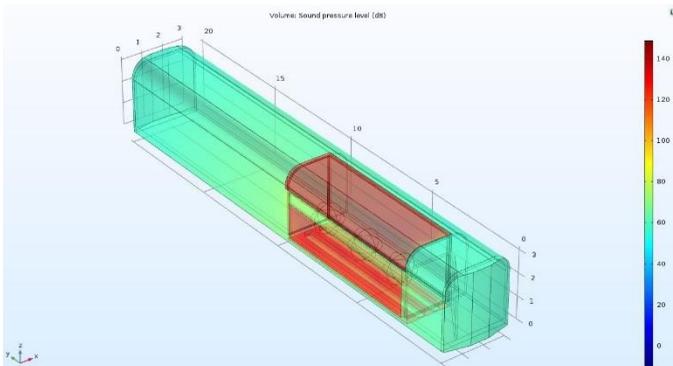
e. Desain Ulang dengan Rasio Grill 25% Horizontal dan Ventilasi di Lantai

- Desain Pertama

Desain ulang tersebut, mengubah geometri pada dinding bagian luar hanya 25% dari keseluruhan dinding *enclosure* dan mengubah material pada dinding-dinding, atap dan lantai *enclosure*. Material penyusun pada partisi C digunakan dalam menyusun dinding, atap dan lantai pada *enclosure*, sedangkan partisi B tetap digunakan untuk menyusun partisi B pada *enclosure*. Berikut hasil simulasi pada desain pertama,



Gambar 4.13 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 25% Horizontal dan Ventilasi di Lantai



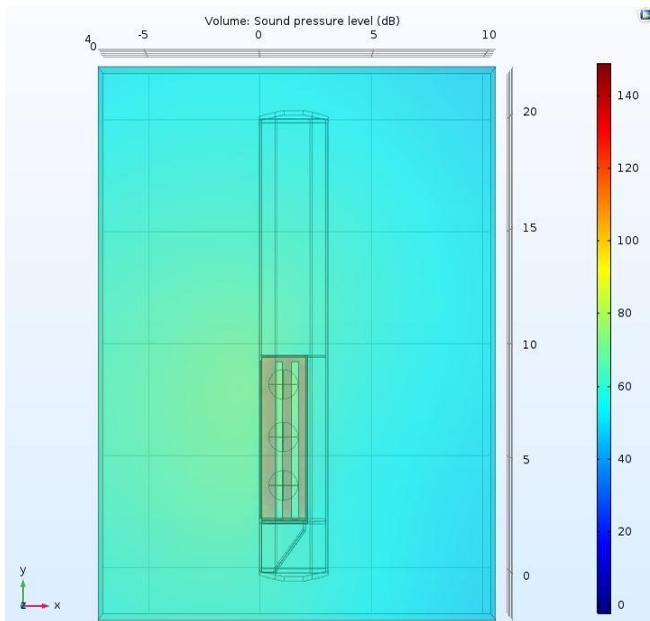
Gambar 4.14 Hasil Simulasi Desain Pertama Rasio Grill 25% Horizontal dan Ventilasi di Lantai (Tampak Samping)

Hasil *plotting* pada simulasi tersebut terdapat pada **Lampiran Tabel 20** dan **Tabel 21**, dari jarak 6 meter diperoleh nilai tingkat tekanan bunyi sebesar 65,88 dan 65,67 dBA.

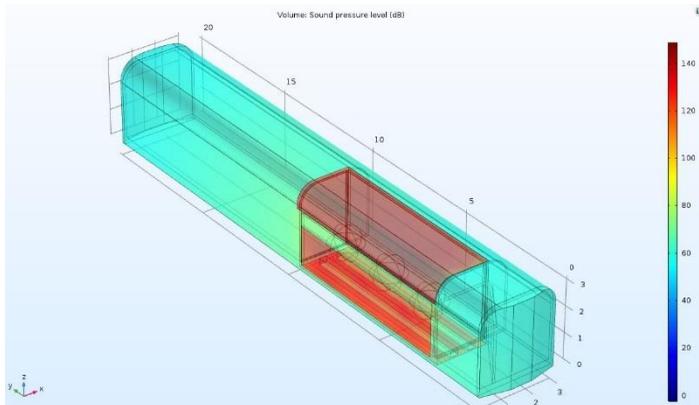
- Desain Kedua

Pada desain ulang kedua jika dibandingkan pada desain pertama, hanya mengubah material penyusun pada *enclosure* sehingga diperoleh nilai koefisien serap bunyi sebesar 0,945, untuk mengubah material penyusun dari *enclosure*.

Berikut hasil simulasi pada desain kedua dengan rasio grill 25% horizontal dan ventilasi di lantai,



Gambar 4.15 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 25% Horizontal dan Ventilasi di Lantai



Gambar 4.16 Hasil Simulasi Desain Kedua Rasio Grill 25% Horizontal dan Ventilasi di Lantai (Tampak Samping)

Hasil *plotting* pada simulasi tersebut terdapat pada **Lampiran Tabel 22** dan **Tabel 23**, dari jarak 6 meter diperoleh nilai tingkat tekanan bunyi sebesar 65,77 dan 65,56 dBA. Pada hasil desain ulang pertama dan kedua, tidak terjadi perubahan nilai TTB yang signifikan. Namun desain dengan rasio grill 25% horizontal dan ventilasi di lantai memiliki kemampuan insulasi yang baik jika dibandingkan dengan desain ulang dengan rasio grill 75% vertikal dan horizontal.

Pada simulasi dengan rasio grill 25% dan ventilasi di bawah mampu mereduksi kebisingan dari sumber dikarenakan bising yang ke lingkungan hanya melewati 25% lubang dari dinding *enclosure* dan ventilasi pada lantai.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu,

1. Karakteristik kebisingan pada generator set di gerbong kereta makan dan pembangkit terjadi pada frekuensi 630 – 8000 Hz. Sehingga dapat disimpulkan bahwa insulasi yang digunakan untuk mereduksi kebisingan generator adalah insulasi akustik.
2. Nilai *transmission loss* tertinggi terdapat pada area ketiga, yaitu dinding *enclosure* pada kondisi gerbong eksisting yang menghadap ke ruang makan, sebesar 18,6 dBA.
3. Pada hasil simulasi dengan menggunakan *software Soundflow*, diperoleh nilai koefisien serap bunyi pada partisi C yang digunakan sebagai material penyusun dinding-dinding, atap dan lantai *enclosure* yaitu sebesar 0,92. Sedangkan nilai koefisien serap bunyi partisi B yang digunakan sebagai material penyusun dinding *enclosure* Partisi B yaitu sebesar 0,945.
4. Pada hasil simulasi menggunakan *software Comsol Multiphysics 5.2* dapat disimpulkan bahwa desain ulang kedua dengan variasi rasio *grill* 25% horizontal dan ventilasi di lantai memiliki kemampuan insulasi yang baik baik jika dibandingkan dengan desain ulang lainnya, yaitu pada jarak 6 meter diperoleh nilai tingkat tekanan bunyi sebesar 65,77 dan 65,56 dBA.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah dilakukan perbaikan dan penyempurnaan dalam penelitian saat ini, yaitu:

1. Pengambilan data di PT. INKA Madiun yang dilakukan sebaiknya pada kondisi generator dengan pembebanan penuh (satu set kereta api) supaya diperoleh analisa dan desain ulang yang lebih valid.

2. Kemudian pengambilan data dilakukan pada area terbuka yang luas, tidak ada bidang pantul dalam area pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Aaberg, D. (2007). *Generator Set Noise Solutions: Controlling Unwanted Noise From On-site Systems*. Cummins Power.
- Acoustic Mineral Wool Technical Specifications*. (2011). (Sound Service (Oxford) Ltd) Retrieved February 20, 2017, from http://www.soundservice.co.uk/tec_spec_acoustic_mineral_wool.htm
- Andersson, L. (2015, Juni 15). *Sweet Dreams with Diffusion Acoustics*. Retrieved from COMSOL Blog: <http://www.comsol.com/blogs/sweet-dreams-with-diffusion-acoustics/>
- Arief, L. M. (2011). *Manajemen Pengendalian Bising*. Jakarta: Universitas Esa Unggul.
- Blanks, J. E. (1997). *Optimal Design of an Enclosure for a Portable Generator*. Blacksburg, Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- (2016). *Blue Print ARRANGEMENT MP3 PMN*. PT. INKA, Madiun.
- Brixen, E. B. (2015). *10 important facts about acoustics for microphone users*. (DPA Microphones) Retrieved February 20, 2017, from <http://alternate.dpamicrophones.com/en/Microphone-University/Tech-Guide/Acoustics.aspx>
- Dwilestari, R. (2011). *Pengendalian Tingkat Kebisingan Di Cabin ABK (Anak Buah Kapal) KN.P 329 Akibat Mesin*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (1996). *KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP NOMOR : KEP-48/MENLH/11/1996 TENTANG BAKU TINGKAT KEBISINGAN*. Jakarta.
- Menteri Perhubungan. (2011). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 15 Tahun 2011 Tentang Standar, Tata Cara Pengujian dan Sertifikasi Kelaikan Kereta yang Ditarik Lokomotif*. Jakarta: Ministry for Transportation.

- PT.INKA. (2016). SPESIFIKASI TEKNIK KERETA MAKAN DAN PEMBANGKIT (MP3 AC) GENSET TUNGGAL. Madiun.
- Smith, B. J., Peters, R. J., & Owen, S. (1997). *Acoustics and Noise Control 2nd Edition*. London, United Kingdom: Prentice Hall.
- Standardization, I. O. (2005). *ISO 3381 - Railway Applications - Acoustics - Measurement of Noise Inside Railbound Vehicles*. IHS Under Lisence.
- Thompson, D. (2008). *Railway Noise and Vibration*. Southampton: Elsevier.
- Utami, E. S., & Fairussiyah, N. (2014). "GASING"(Gerbong Kereta Api Anti Bising) Sebagai Upaya Peningkatan Kesehatan Permukiman Pinggir Rel. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 7-11.
- www.mtuonsiteenergy.com. (2014). DIESEL GENERATOR SET MTU 10V1600 DS560. MTU Onsite Energy.

LAMPIRAN

Tabel 1. Kebisingan Generator Pada Titik Pertama

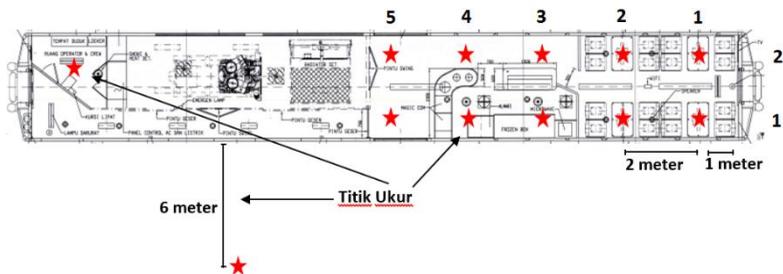
| Kebisingan Generator Titik Pertama | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Frekuensi | All | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| TTB (dBA) | 98,2 | 45 | 55,4 | 63,3 | 75,1 | 68,1 | 77,2 |
| Kebisingan Generator Titik Pertama (lanjutan) | | | | | | | |
| Frekuensi | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 |
| TTB (dBA) | 75,6 | 75,7 | 81,8 | 83,9 | 86,4 | 85,7 | 89,9 |
| Kebisingan Generator Titik Pertama (lanjutan) | | | | | | | |
| Frekuensi | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 | 5000 | 6300 | 8000 |
| TTB (dBA) | 89,9 | 89,8 | 88 | 88,5 | 87,2 | 84,2 | 82,5 |

Tabel 2. Kebisingan Generator Pada Titik Kedua

| Kebisingan Generator Titik Kedua | | | | | | | |
|---|-------|------|------|------|------|------|------|
| Frekuensi | all | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| TTB (dBA) | 102,6 | 47,5 | 56,6 | 61,4 | 77,5 | 67,3 | 75,8 |
| Kebisingan Generator Titik Kedua (lanjutan) | | | | | | | |
| Frekuensi | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 |
| TTB (dBA) | 80,9 | 80,1 | 91,2 | 90,8 | 90,1 | 90,7 | 96,5 |
| Kebisingan Generator Titik Kedua (lanjutan) | | | | | | | |
| Frekuensi | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 | 5000 | 6300 | 8000 |
| TTB (dBA) | 93,3 | 92,4 | 90,9 | 90,8 | 91,4 | 87,3 | 85,3 |

Tabel 3. Kebisingan Generator Pada Jarak 6 Meter

| Kebisingan Generator Pada Jarak 6 Meter | | | | | | | | | |
|--|--------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| f (Hz) | all | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | |
| TTB (dBA) | 74,964 | 41 | 48,3 | 59,1 | 50,9 | 51,2 | 63,4 | 60,2 | |
| Kebisingan Generator Pada Jarak 6 Meter (lanjutan) | | | | | | | | | |
| f (Hz) | 630 | 800 | 1k | 1.25k | 1.6k | 2k | 2.5k | 3.15k | 4k |
| TTB (dBA) | 66,1 | 67,6 | 66,8 | 65 | 62,9 | 62,2 | 62,4 | 61,2 | 58,6 |



Gambar 1. Keterangan untuk Titik Pengukuran di Ruang Makan

Tabel 4. Hasil Pengukuran Pada Kondisi Pertama

| x | y | Frekuensi (Hz) | | | | | | |
|---|---|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | ALL | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k |
| 1 | 1 | 69,78 | 35,62 | 43,11 | 53,73 | 58,64 | 60,72 | 58,78 |
| 1 | 2 | 69,41 | 35,22 | 44,91 | 52,54 | 56,9 | 59,58 | 58,66 |
| 2 | 1 | 70,42 | 35,76 | 41,99 | 53,96 | 60,23 | 60,4 | 59,23 |
| 2 | 2 | 70,14 | 38,04 | 43,22 | 53,57 | 58,64 | 60,01 | 59,15 |
| 3 | 1 | 71,7 | 34,2 | 44,53 | 55,2 | 59,28 | 63,31 | 60,35 |
| 3 | 2 | 73,41 | 39,15 | 47 | 55,19 | 62,08 | 64,23 | 62,29 |
| 4 | 1 | 72,91 | 37,47 | 44,7 | 57,12 | 60,16 | 64,17 | 61,16 |
| 4 | 2 | 76,56 | 41,73 | 47,19 | 58,87 | 63,55 | 67,94 | 65,13 |
| 5 | 1 | 78,02 | 39,5 | 48,71 | 58,85 | 65,18 | 69,35 | 67,18 |
| 5 | 2 | 78,18 | 38,11 | 48,8 | 58,29 | 64,7 | 69,71 | 66,94 |

Tabel 5. Hasil Pengukuran Pada Kondisi Kedua

| x | y | Frekuensi (Hz) | | | | | | |
|---|---|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | ALL | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k |
| 1 | 1 | 70,2 | 33,23 | 45,05 | 52,36 | 57,44 | 61,28 | 59,39 |
| 1 | 2 | 69,76 | 34,29 | 43,51 | 53,87 | 58,07 | 60,01 | 58,76 |
| 2 | 1 | 71,01 | 38,02 | 43,42 | 54,11 | 59,08 | 61,67 | 59,86 |
| 2 | 2 | 70,93 | 40,8 | 43,28 | 54,75 | 58,61 | 61,77 | 59,88 |
| 3 | 1 | 71,93 | 34,6 | 44,88 | 55,17 | 59,9 | 63,23 | 60,43 |

| | | | | | | | | |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3 | 2 | 72,94 | 39,49 | 44,78 | 57,41 | 61,79 | 63 | 61,13 |
| 4 | 1 | 72,62 | 36,61 | 46,37 | 54,28 | 60,14 | 63,89 | 61,04 |
| 4 | 2 | 75,98 | 41,38 | 49,32 | 57,65 | 64,25 | 66,44 | 64,72 |
| 5 | 1 | 77,38 | 42,35 | 49,57 | 58,83 | 64,63 | 68,63 | 66,64 |
| 5 | 2 | 77,7 | 35,79 | 51,79 | 58,25 | 65,11 | 68,53 | 66,94 |

Tabel 6. Hasil *Transmission Loss* pada Pengambilan Data Area Pertama

| Frekuensi (Hz) | TTB Sumber (dBA) | | TTB Penerima (dBA) | | TL | | Rata-rata TL |
|----------------|------------------|------------|--------------------|------------|-------|------|--------------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| 80 | 33,55 | 31,47 | 26,81 2 | 27,25 2 | 6,74 | 4,22 | 5,479 |
| 100 | 41,69 | 43,34 | 33,54 2 | 36,12 4 | 8,156 | 7,22 | 7,687 |
| 125 | 48,20 | 54,04 8 | 43,46 6 | 47,19 4 | 4,736 | 6,85 | 5,795 |
| 160 | 52,17 2 | 51,91 2 | 51,43 4 | 47,99 | 0,738 | 3,92 | 2,33 |
| 200 | 59,19 4 | 62,11 | 61,84 6 | 57,25 6 | -2,65 | 4,85 | 1,101 |
| 250 | 53,12 | 55,33 8 | 52,98 4 | 51,10 4 | 0,136 | 4,23 | 2,185 |
| 315 | 56,02 6 | 57,67 | 59,03 6 | 53,78 | -3,01 | 3,89 | 0,44 |
| 400 | 60,02 4 | 61,47 2 | 66,69 | 60,72 2 | -6,67 | 0,75 | - 2,958 |
| 500 | 65,92 4 | 65,16 8 | 65,6 | 61,78 4 | 0,324 | 3,38 | 1,854 |
| 630 | 71,29 2 | 71,54 6 | 69,83 8 | 67,02 2 | 1,454 | 4,52 | 2,989 |
| 800 | 73,41 2 | 72,60 6 | 68,52 2 | 67,11 | 4,89 | 5,5 | 5,193 |
| 1000 | 76,72 4 | 74,61 2 | 67,93 4 | 64,32 4 | 8,79 | 10,3 | 9,539 |

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------|------|------------|
| 1250 | 74,20 8 | 75,39 8 | 62,82 | 65,14 | 11,39 | 10,3 | 10,82 3 |
| 1600 | 75,58 4 | 77,14 2 | 62,47 | 62,63 8 | 13,11 | 14,5 | 13,80 9 |
| 2000 | 77,78 | 81,60 8 | 62,27 8 | 61,67 8 | 15,5 | 19,9 | 17,71 6 |
| 2500 | 79,47 4 | 82,48 6 | 60,86 4 | 59,19 8 | 18,61 | 23,3 | 20,94 9 |
| 3150 | 78,60 2 | 80,22 8 | 59,13 4 | 58,30 6 | 19,47 | 21,9 | 20,69 5 |
| 4000 | 76,35 6 | 77,52 4 | 56,70 4 | 56,13 6 | 19,65 | 21,4 | 20,52 |
| Rata-rata Total Transmission Loss | | | | | | | 8,119 2 |

Tabel 7. Hasil *Transmission Loss* Pada Pengambilan data Area Kedua

| Frekuensi (Hz) | TTB Sumber (dBA) | | TTB Penerima (dBA) | | TL | | Rata-rata TL |
|----------------|------------------|------------|--------------------|------------|-------|------|--------------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| 80 | 37,59 4 | 34,82 2 | 33,55 2 | 31,47 | 4,042 | 3,35 | 3,697 |
| 100 | 47,54 | 44,97 2 | 41,69 8 | 43,34 2 | 5,842 | 1,63 | 3,736 |
| 125 | 56,57 6 | 55,4 | 48,20 2 | 54,04 8 | 8,374 | 1,35 | 4,863 |
| 160 | 61,35 4 | 63,30 8 | 52,17 2 | 51,91 2 | 9,182 | 11,4 | 10,28 9 |
| 200 | 77,50 8 | 75,08 2 | 59,19 4 | 62,11 | 18,31 | 13 | 15,64 3 |
| 250 | 67,34 2 | 68,12 2 | 53,12 | 55,33 8 | 14,22 | 12,8 | 13,50 3 |
| 315 | 75,75 2 | 77,16 2 | 56,02 6 | 57,67 | 19,73 | 19,5 | 19,60 9 |

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------|------|------------|
| 400 | 80,91 2 | 75,61 2 | 60,02 4 | 61,47 2 | 20,89 | 14,1 | 17,51 4 |
| 500 | 80,10 6 | 75,74 8 | 65,92 4 | 65,16 8 | 14,18 | 10,6 | 12,38 1 |
| 630 | 91,23 | 81,84 | 71,29 2 | 71,54 6 | 19,94 | 10,3 | 15,11 6 |
| 800 | 90,80 2 | 83,89 2 | 73,41 2 | 72,60 6 | 17,39 | 11,3 | 14,33 8 |
| 1000 | 90,06 | 86,35 2 | 76,72 4 | 74,61 2 | 13,34 | 11,7 | 12,53 8 |
| 1250 | 90,66 6 | 85,74 | 74,20 8 | 75,39 8 | 16,46 | 10,3 | 13,4 |
| 1600 | 96,47 | 89,91 2 | 75,58 4 | 77,14 2 | 20,89 | 12,8 | 16,82 8 |
| 2000 | 93,27 6 | 89,88 2 | 77,78 | 81,60 8 | 15,5 | 8,27 | 11,88 5 |
| 2500 | 92,39 6 | 89,81 6 | 79,47 4 | 82,48 6 | 12,92 | 7,33 | 10,12 6 |
| 3150 | 90,87 4 | 87,97 4 | 78,60 2 | 80,22 8 | 12,27 | 7,75 | 10,00 9 |
| 4000 | 90,82 2 | 88,53 2 | 76,35 6 | 77,52 4 | 14,47 | 11 | 12,73 7 |
| Rata-rata Total Transmission Loss | | | | | | | 12,12 3 |

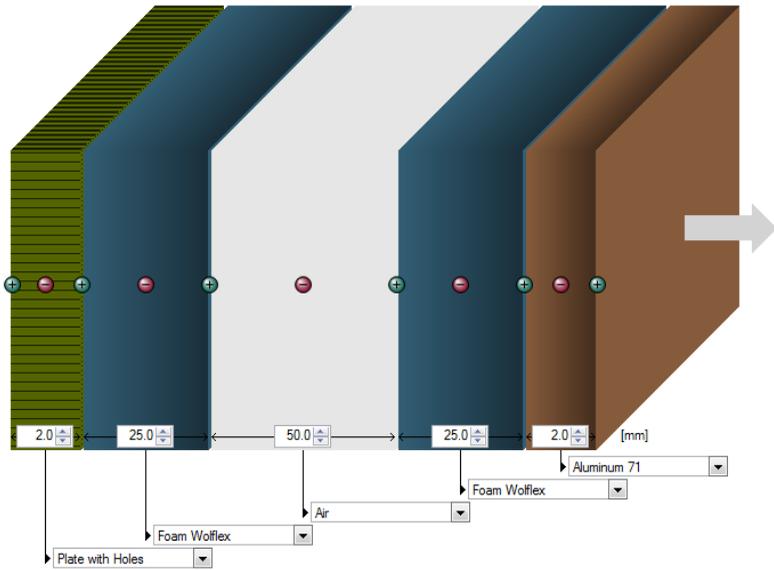
Tabel 8. Hasil *Transmission Loss* Pada Pengambilan data Area Ketiga

| Frekuensi (Hz) | TTB Sumber (dBA) | TTB Penerima (dBA) | TL |
|-------------------|---------------------|-----------------------|--------|
| | 1 | 2 | |
| 80 | 37,972 | 29,182 | 8,79 |
| 100 | 47,688 | 35,266 | 12,422 |
| 125 | 53,754 | 35,794 | 17,96 |
| 160 | 62,67 | 43,172 | 19,498 |

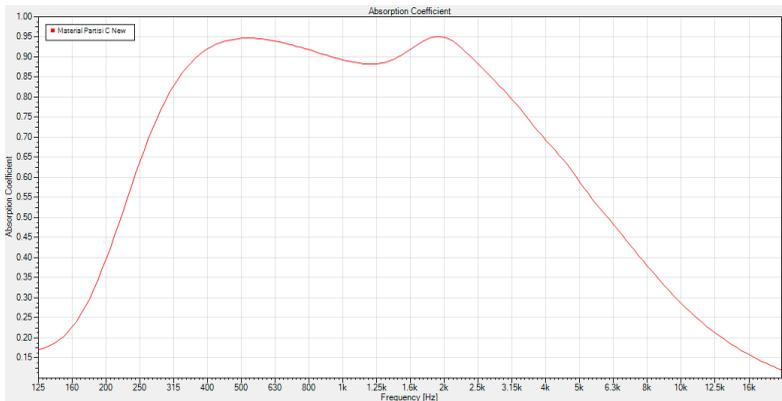
| | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| 200 | 74,616 | 57,046 | 17,57 |
| 250 | 66,18 | 51,794 | 14,386 |
| 315 | 72,948 | 55,562 | 17,386 |
| 400 | 78,674 | 55,32 | 23,354 |
| 500 | 80,036 | 58,246 | 21,79 |
| 630 | 85,82 | 62,274 | 23,546 |
| 800 | 89,01 | 65,21 | 23,8 |
| 1000 | 87,454 | 65,11 | 22,344 |
| 1250 | 87,062 | 65,402 | 21,66 |
| 1600 | 85,602 | 66,77 | 18,832 |
| 2000 | 86,05 | 68,526 | 17,524 |
| 2500 | 86,404 | 70,126 | 16,278 |
| 3150 | 85,72 | 69,284 | 16,436 |
| 4000 | 87,17 | 66,938 | 20,232 |
| Rata-rata Total Transmission Loss | | | 18,55 |

Tabel 9. Hasil Simulasi Dinding *Enclosure* menggunakan *Software Soundflow*

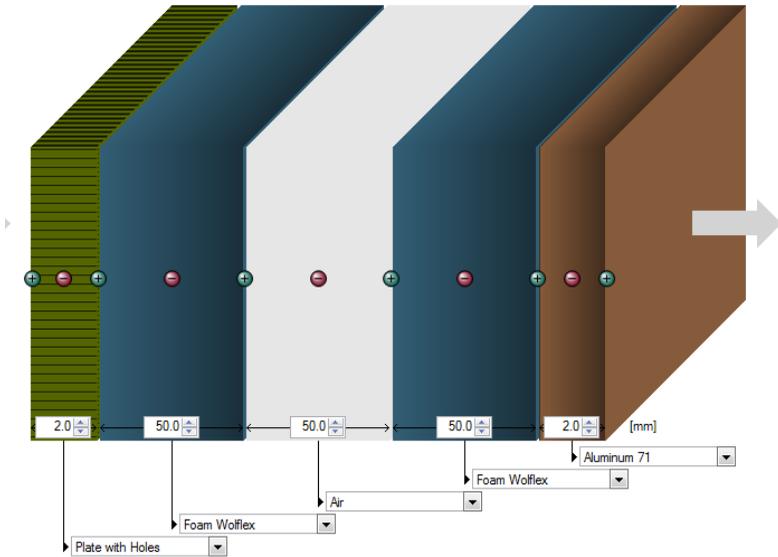
| Frekuensi (Hz) | koefisien serap bunyi | |
|-------------------|-----------------------|-----------|
| | Partisi C | Partisi B |
| 125 | 0,172 | 0,473 |
| 250 | 0,639 | 0,917 |
| 500 | 0,946 | 0,849 |
| 1000 | 0,893 | 0,926 |
| 2000 | 0,949 | 0,912 |
| 4000 | 0,639 | 0,696 |



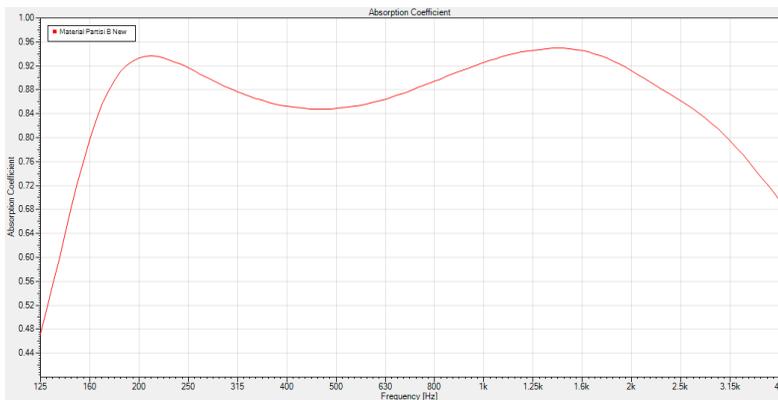
Gambar 2. Komposisi Material Partisi C pada *Software Soundflow*



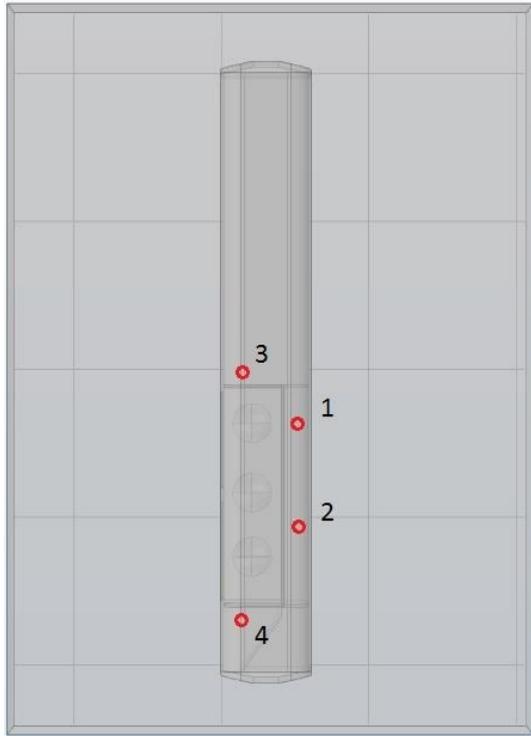
Gambar 3. Nilai Koefisien Serap Bunyi Material Partisi C pada *Software Soundflow*



Gambar 4. Komposisi Material Partisi B pada *Software Soundflow*



Gambar 5. Nilai Koefisien Serap Bunyi Material Partisi B pada *Software Soundflow*

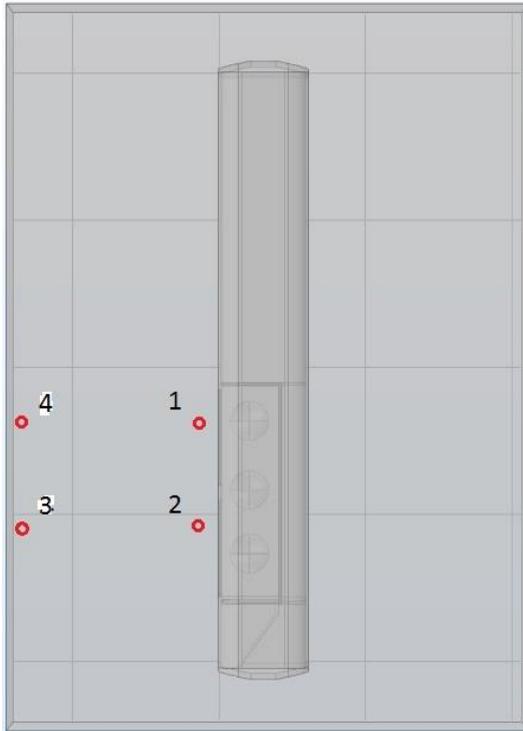


Gambar 6. Titik Simulasi Dalam Ruang

Tabel 10. Kondisi Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit Dalam Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 Meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 78,46301581 |
| 2 | 77,40973379 |
| 3 | 81,37437702 |
| 4 | 83,03134833 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 0,5 meter; 4 = 0,5 meter



Gambar 7. Titik Simulasi Luar Ruang

Tabel 11. Kondisi Gerbong Kereta Makan dan Pembangkit Luar Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 Meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 88,67199391 |
| 2 | 85,68723917 |
| 3 | 81,15299109 |
| 4 | 81,20723957 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 12. Desain Pertama dengan Rasio Grill 75% Vertikal Dalam Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 Meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 59,06549538 |
| 2 | 54,94734683 |
| 3 | 71,83360595 |
| 4 | 75,48357651 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 13. Desain Pertama dengan Rasio Grill 75% Vertikal Luar Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 79,20374847 |
| 2 | 74,10234398 |
| 3 | 69,84660108 |
| 4 | 69,28267411 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 14. Desain Kedua dengan Rasio Grill 75% Vertikal Dalam Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 58,9488117 |
| 2 | 54,81462549 |
| 3 | 71,81161946 |
| 4 | 75,4164036 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 15. Desain Kedua dengan Rasio Grill 75% Vertikal Luar Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 79,15552212 |
| 2 | 74,02785017 |
| 3 | 69,78864774 |
| 4 | 69,22567213 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 16. Desain Pertama dengan Rasio Grill 75% Horizontal Dalam Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 76,03586244 |
| 2 | 74,86039413 |
| 3 | 74,72035907 |
| 4 | 77,3567357 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 17. Desain Pertama dengan Rasio Grill 75% Horizontal Luar Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 79,73991505 |
| 2 | 78,0101017 |
| 3 | 71,80812623 |
| 4 | 71,64308878 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 18. Desain Kedua dengan Rasio Grill 75% Horizontal Dalam Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 75,91540558 |
| 2 | 74,73354758 |
| 3 | 74,63407024 |
| 4 | 77,2497057 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 19. Desain Kedua dengan Rasio Grill 75% Horizontal Luar Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 79,6522675 |
| 2 | 77,92073511 |
| 3 | 71,72306666 |
| 4 | 71,55886127 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 20. Desain Pertama dengan Rasio Grill 25% Dalam Ruang *Enclosure* dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 55,20203352 |
| 2 | 52,53141025 |
| 3 | 64,25065195 |
| 4 | 68,7553706 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 21. Desain Pertama dengan Rasio Grill 25% Luar Ruang
Enclosure dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 76,56877077 |
| 2 | 73,13583141 |
| 3 | 65,88165181 |
| 4 | 65,66507927 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 22. Desain Kedua dengan Rasio Grill 25% Dalam Ruang
Enclosure dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 55,13415338 |
| 2 | 52,50486101 |
| 3 | 64,16148903 |
| 4 | 68,64295313 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

Tabel 23. Desain Kedua dengan Rasio Grill 25% Luar Ruang
Enclosure dari Generator dengan Ketinggian 1,2 meter

| Titik | TTB (dB) |
|-------|-------------|
| 1 | 76,46617208 |
| 2 | 73,02441881 |
| 3 | 65,77473563 |
| 4 | 65,55748533 |

ket: 1 = 0,5 meter; 2 = 0,5 meter; 3 = 6 meter; 4 = 6 meter

BIODATA PENULIS



Nama penulis Hafizh Rifky Amrullah dilahirkan di Probolinggo, tanggal 23 Januari 1995 dari bapak yang bernama Heru Rubiyanto dan ibu bernama Siti Zainab. Saat ini penulis tinggal di Jalan Leces Permai No.125 A, Dusun Gentengan, RT. 006. RW. 004, Desa Leces, Kecamatan Leces, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDS Taruna Dra. Zulaeha pada tahun 2007, pendidikan di SMPS Taruna Dra. Zulaeha pada tahun 2010, pendidikan di SMAS Taruna Dra. Zulaeha pada tahun 2013 dan sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Fisika FTI di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga sekarang.

Pada bulan Juni 2017 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **DESAIN ENCLOSURE GERBONG KERETA MAKAN DAN PEMBANGKIT PADA PRODUKSI PT. INKA MADIUN 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* : hafizhamrull@gmail.com.