

Sharing Knowledge

Kenyamanan Akustik (Suara) pada Moda Transportasi Kereta Api dan Cara Mengoptimasinya

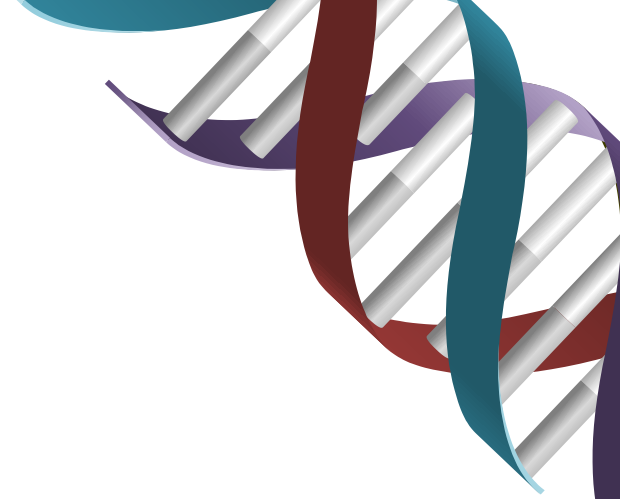
Rabu, 30 November 2022

Oleh: Moh Faza Rosyada, S.T.



Garis Besar Materi

- Informasi umum tentang kereta api dan perangkatnya
- Aspek kenyamanan suara pada kereta api
- Sumber kebisingan pada kereta api
- Proses desain mitigasi kebisingan pada kereta api
- Optimalisasi kenyamanan suara pada kereta api



Informasi Umum Kereta Api

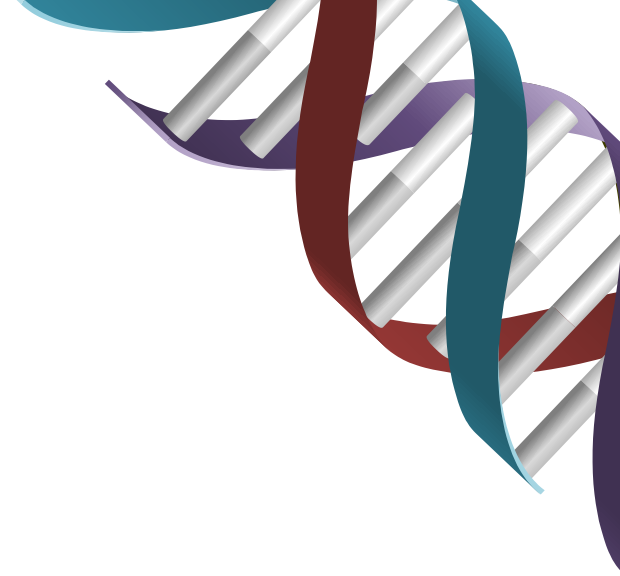
Jenis Sarana Perkeretaapian:

(Berdasarkan PM 16 tahun 2022)

- Lokomotif
- Kereta yang ditarik Lokomotif
- Gerbong
- Kereta dengan penggerak sendiri
- Peralatan Khusus
- Sarana Perkeretaapian Lainnya

Terminologi :

- | | | |
|---------------------------|----------------------|----------------|
| • Dalam bahasa Inggris: | Rolling Stock | Wagon |
| • Dalam bahasa Indonesia: | Kereta api | Gerbong |



Lokomotif



Kereta yang ditarik Lokomotif



Lokomotif

Kereta penumpang





Gerbong



Kereta dengan penggerak sendiri



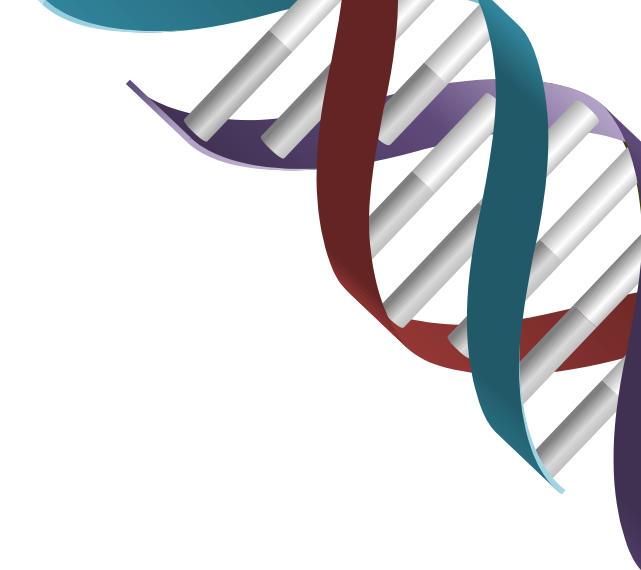
https://id.wikipedia.org/wiki/LRT_Jabodebek



<https://static.gatra.com/foldershared/images/2019/fatikhin/09-Sep/lrt-palembang-tasma.jpg>



https://id.wikipedia.org/wiki/Kereta_api_Solo_Ekspres



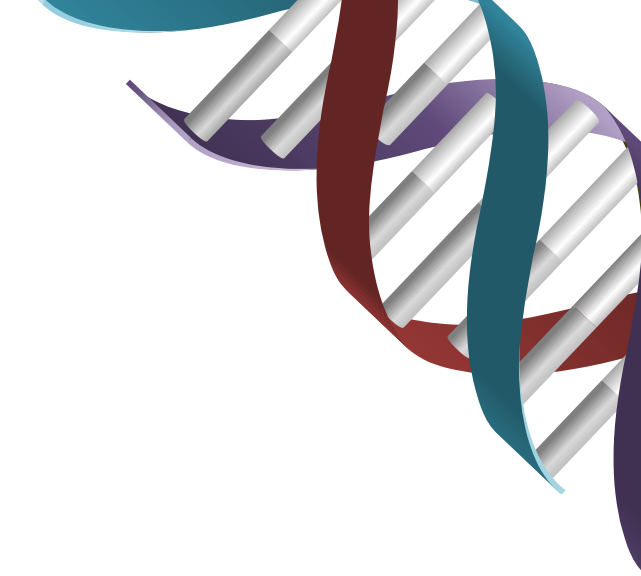
Peralatan Khusus



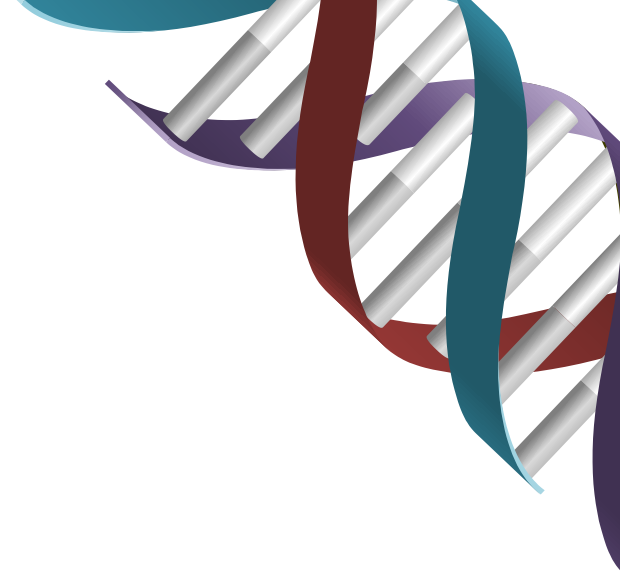
https://id.wikipedia.org/wiki/Kereta_ukur_Galunggung



<https://balaiperawatan.id/sekilas-fungsi-multi-tie-tamper-mtt/>



Kenyamanan suara pada kereta api



TSI - Technical Specifications for Interoperability

Table 2

Limit values for stationary noise

Category of the rolling stock subsystem	$L_{p,eq,T}^{(1)}$ [dB]	$L_{p,eq,T}^{(2)}$ [dB]	$L_{pAFmax}^{(1)}$ [dB]
Electric locomotives and OTMs with electric traction	70	75	85
Diesel locomotives and OTMs with diesel traction	71	78	
EMUs	65	68	
DMUs	72	76	
Coaches	64	68	
Wagons	65	n.a.	n.a.

Table 3

Limit values for starting noise

Category of the rolling stock subsystem	L_{pAFmax} [dB]
Electric locomotives with total tractive power $P < 4\,500$ kW	81
Electric locomotives with total tractive power $P \geq 4\,500$ kW OTMs with electric traction	84
Diesel locomotives $P < 2\,000$ kW at the engine output shaft	85
Diesel locomotives $P \geq 2\,000$ kW at the engine output shaft OTMs with diesel traction	87
EMUs with a maximum speed $v_{max} < 250$ km/h	80
EMUs with a maximum speed $v_{max} \geq 250$ km/h	83
DMUs $P < 560$ kW/engine at the engine output shaft	82
DMUs $P \geq 560$ kW/engine at the engine output shaft	83

The demonstration of conformity is described in point 6.2.2.1.

TSI - Technical Specifications for Interoperability

Table 4

Limit values for pass-by noise

Category of the rolling stock subsystem	$L_{pAeq,Tp}$ (80 km/h) [dB]	$L_{pAeq,Tp}$ (250 km/h) [dB]
Electric locomotives and OTMs with electric traction	84	99
Diesel locomotives and OTMs with diesel traction	85	n.a.
EMUs	80	95
DMUs	81	96
Coaches	79	n.a.
Wagons (normalised to APL = 0,225) (*)	83	n.a.


(*) APL: the number of axles divided by the length over the buffers (m⁻¹)

Table 5

Limit values for driver's cab interior noise


Noise within the driver's cab	$L_{pAeq,T}$ [dB]
At standstill with horns sounding	95
At maximum speed v_{max} if $v_{max} < 250$ km/h	78
At maximum speed v_{max} if 250 km/h $\leq v_{max} < 350$ km/h	80

PM (Peraturan Menteri) Perhubungan



Jenis Kereta	Area	Keberterimaan Kebisingan	Acuan Regulasi
Kereta yang ditarik Lokomotif	Ruang Penumpang Ruang Dapur Ruang Makan	Maks 85 dBA	PM 15 tahun 2011
Kereta Pembangkit	Di luar ruang pembangkit	Maks 85 dBA pada jarak 6 meter	PM 15 tahun 2011
Lokomotif	Kabin Masinis	Maks 85 dBA	PM 14 tahun 2011
Kereta berpengerak sendiri	Semua	Maks 85 dBA	PM 13 tahun 2011

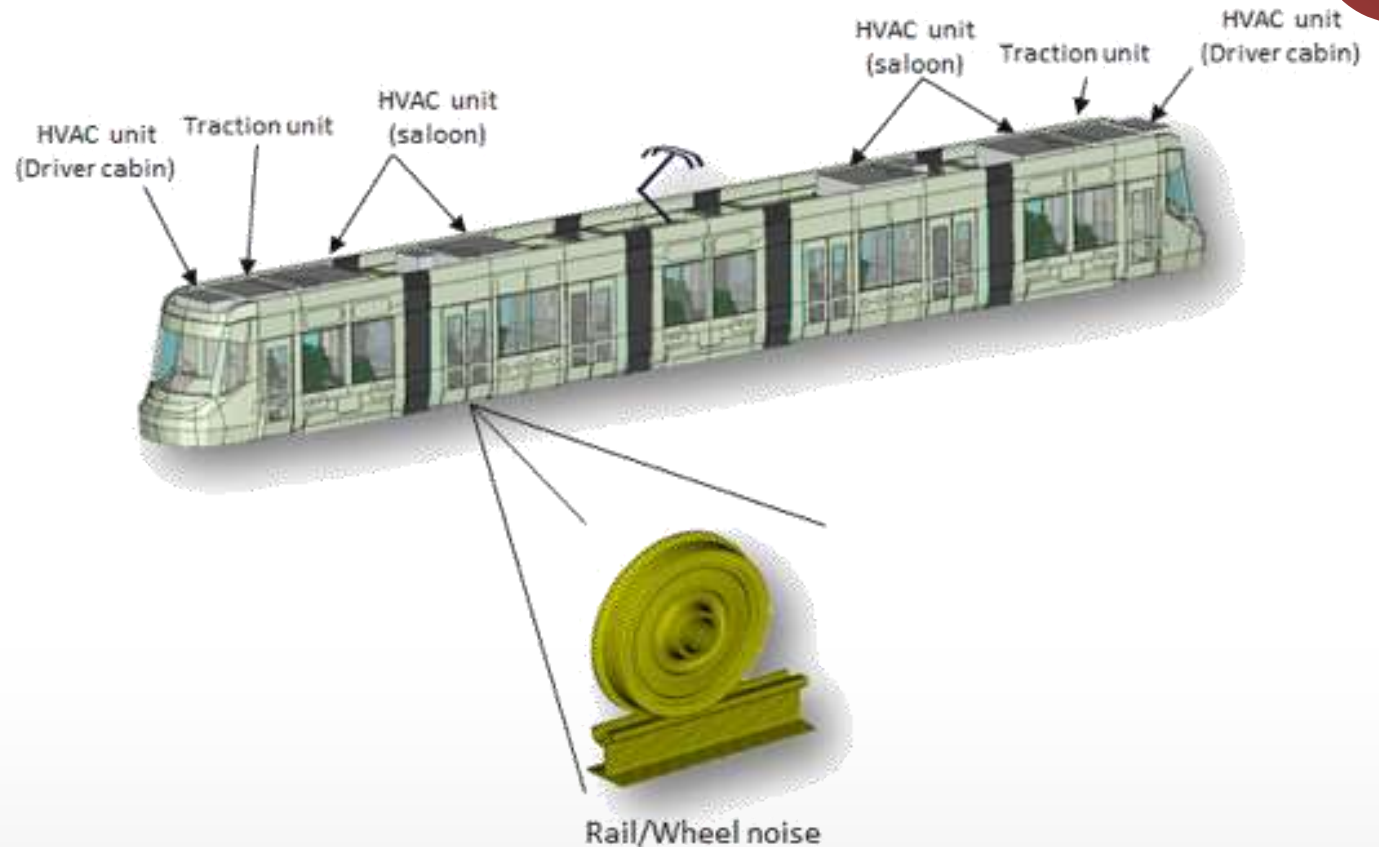
PM (Peraturan Menteri) Perhubungan

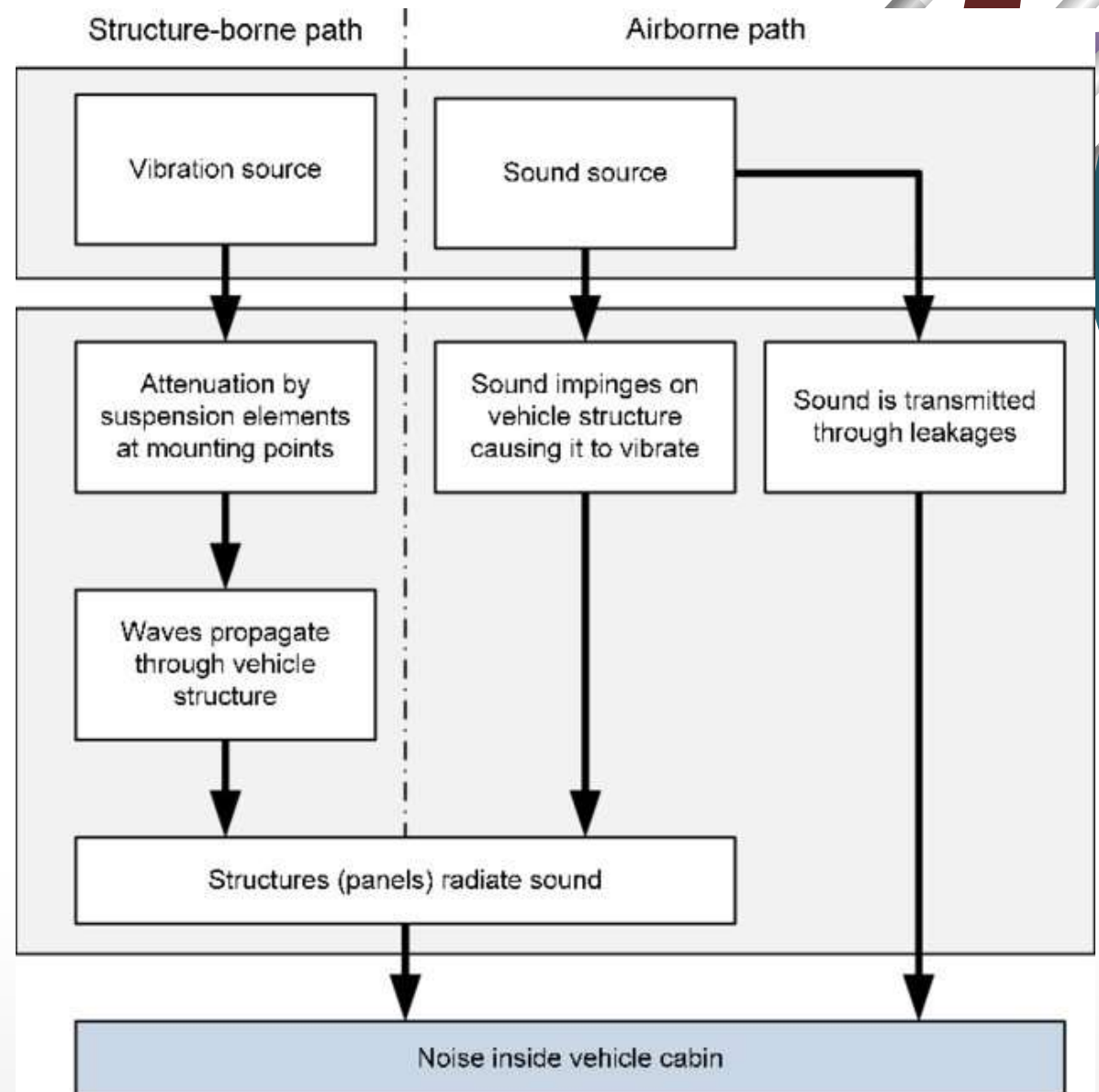
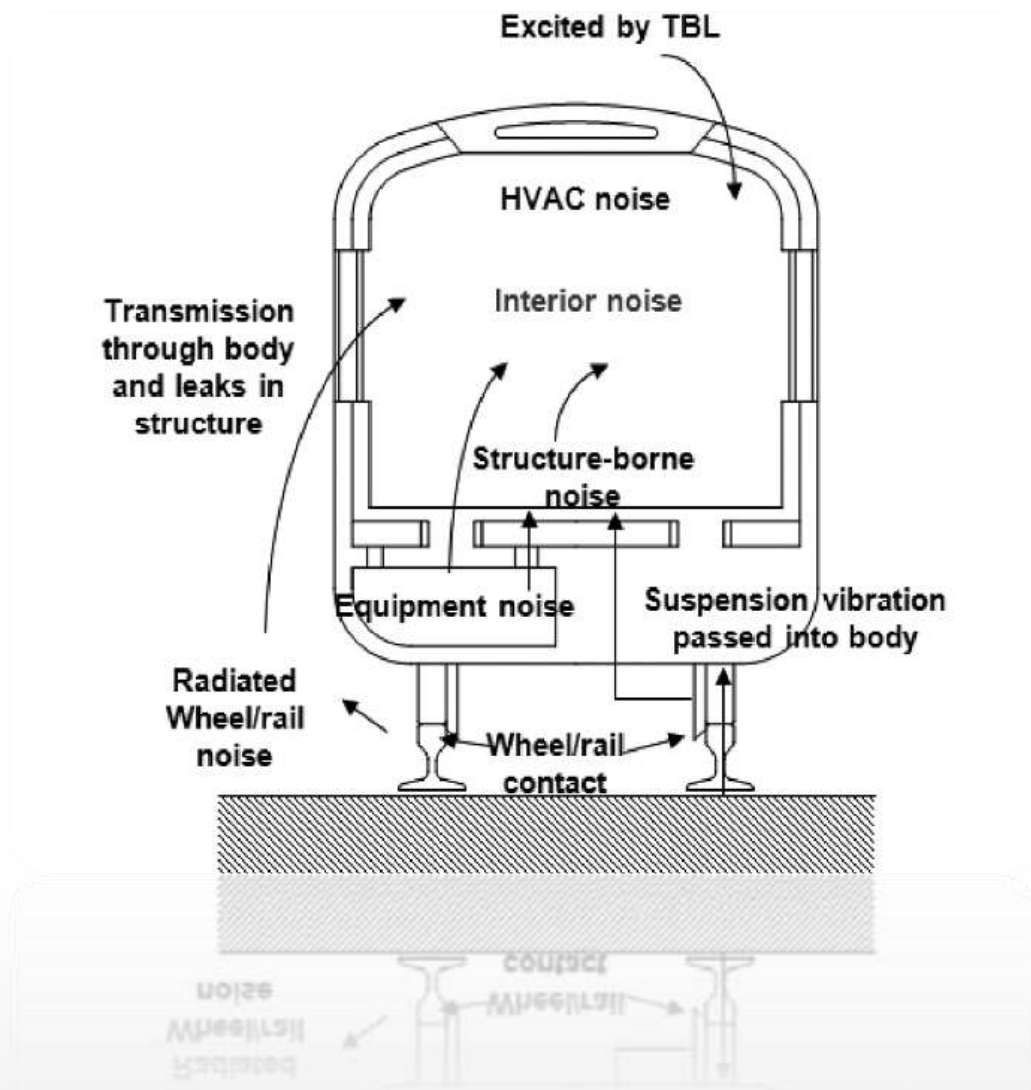


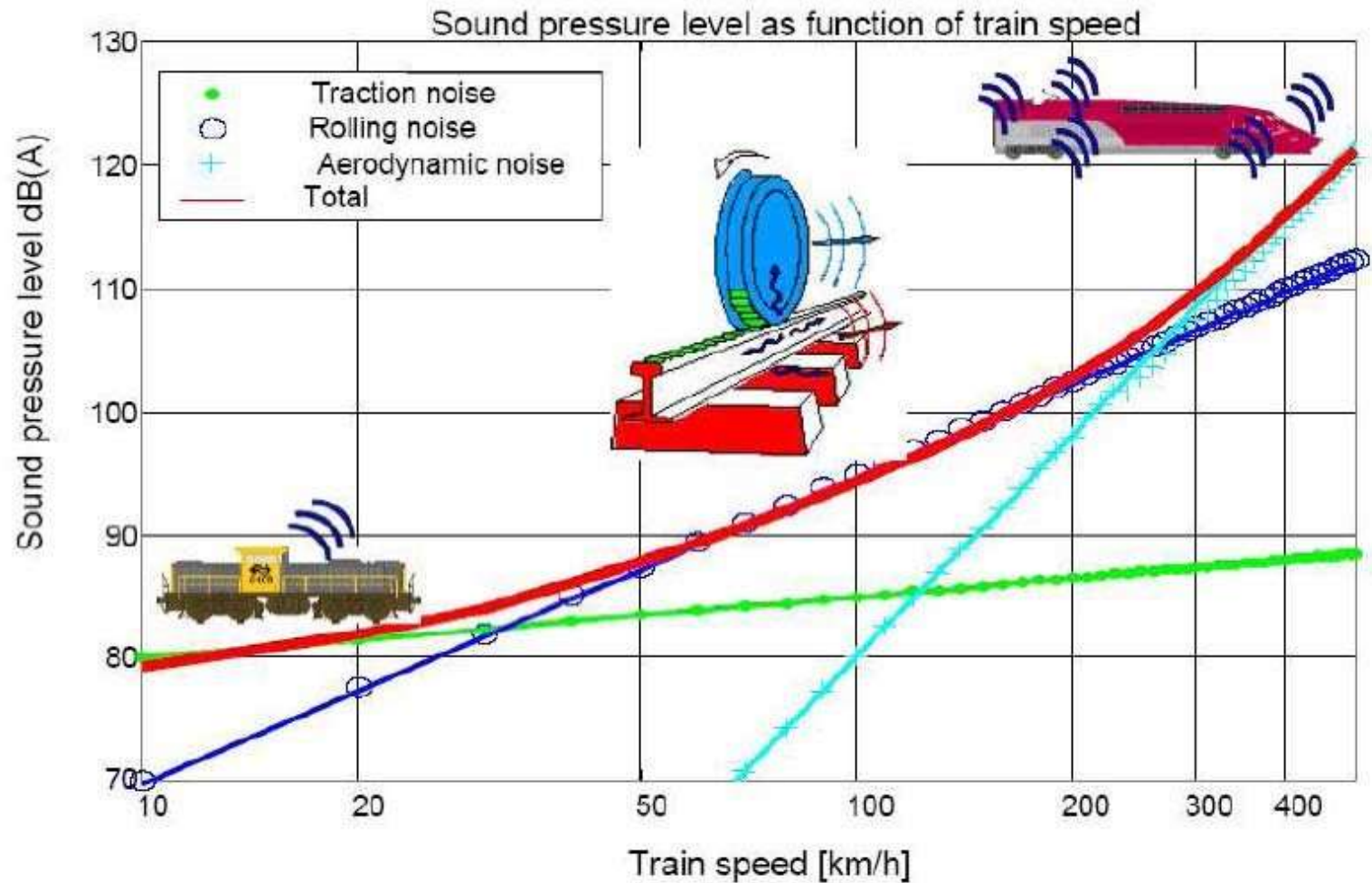
Jenis Kereta	Area	Keberterimaan Kebisingan	Acuan Regulasi
Kereta berpengerak sendiri	Semua	Maks 85 dBA	PM 13 tahun 2011
Kereta berpengerak sendiri	Semua	Maks 80 dBA	PM 175 tahun 2015
Kereta cepat	Semua	Maks 75 dBA	PM 69 tahun 2019

Sumber kebisingan pada kereta api

- Rolling Noise
- Squealing Noise
- Bridge Noise
- Aerodynamic Noise
- Ground Vibration Noise
- Component Noise (Engine, HVAC, Compressor, etc)
- Warning Signal (Horn, Crossing)

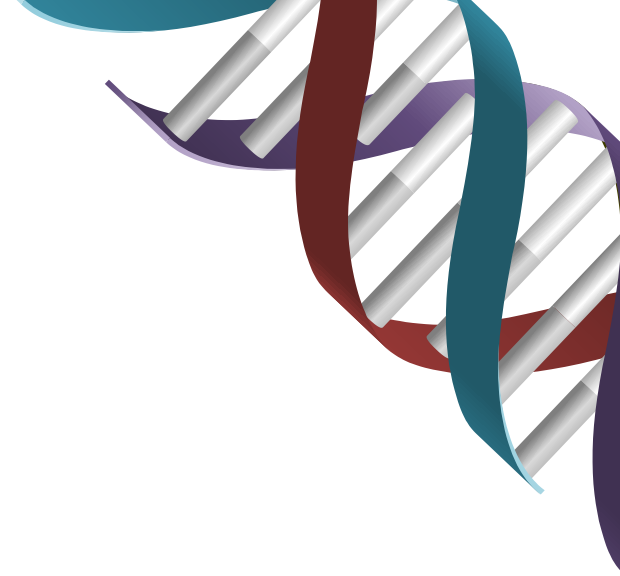




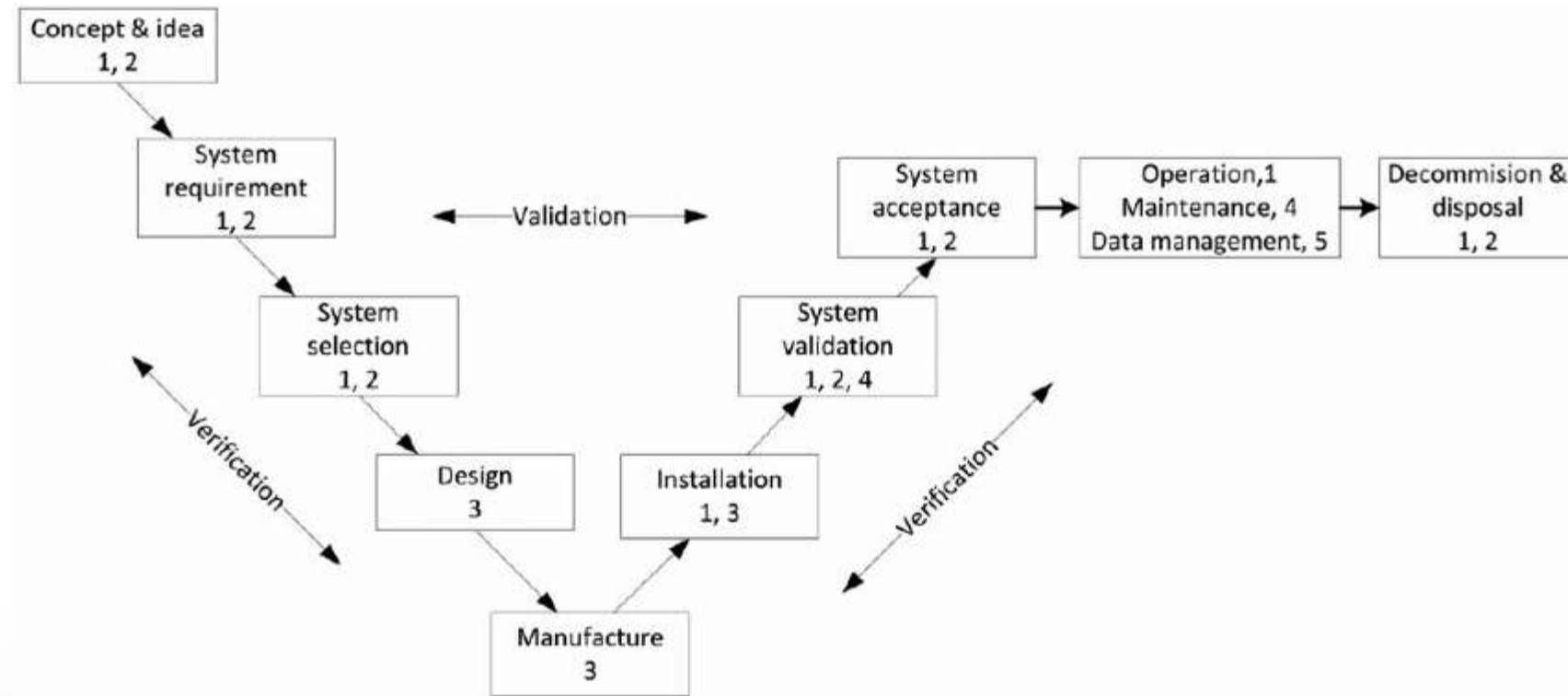


Sumber noise akan bergantung kepada tipe sarana yang digunakan

Proses desain mitigasi kebisingan pada kereta api



Proses Desain Kereta Api

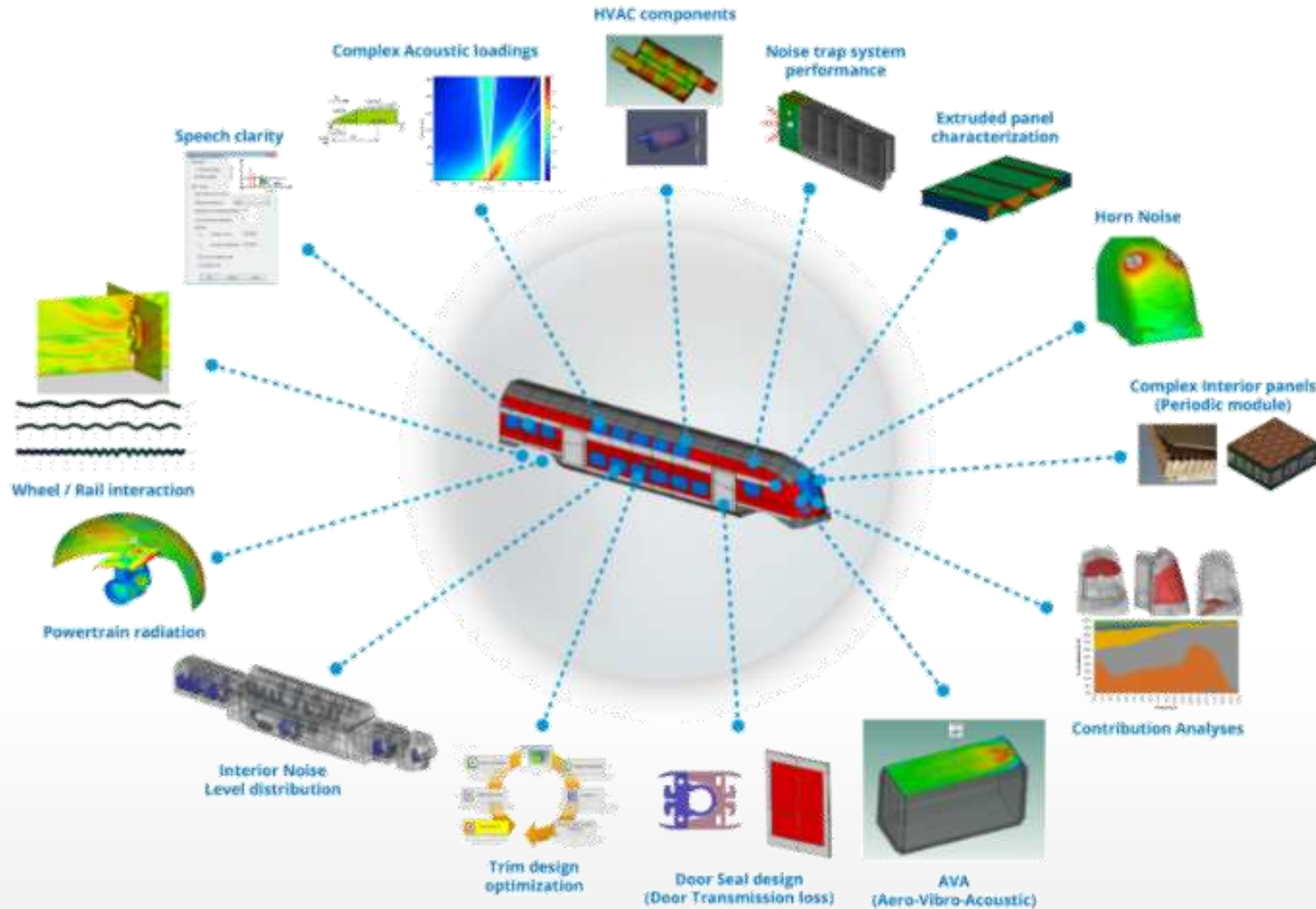


Normatif :

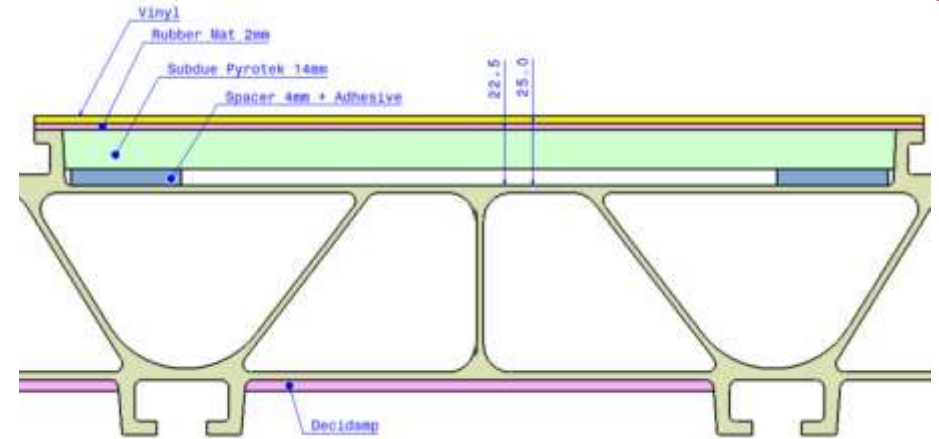
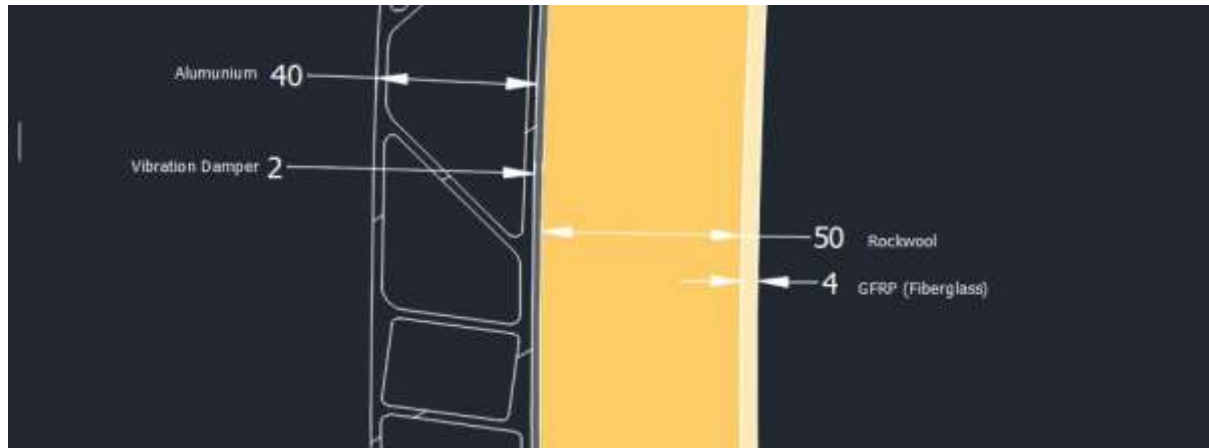
6 bulan

18 bulan

Optimalisasi Kenyamanan Suara



Carbody (Badan Kereta)

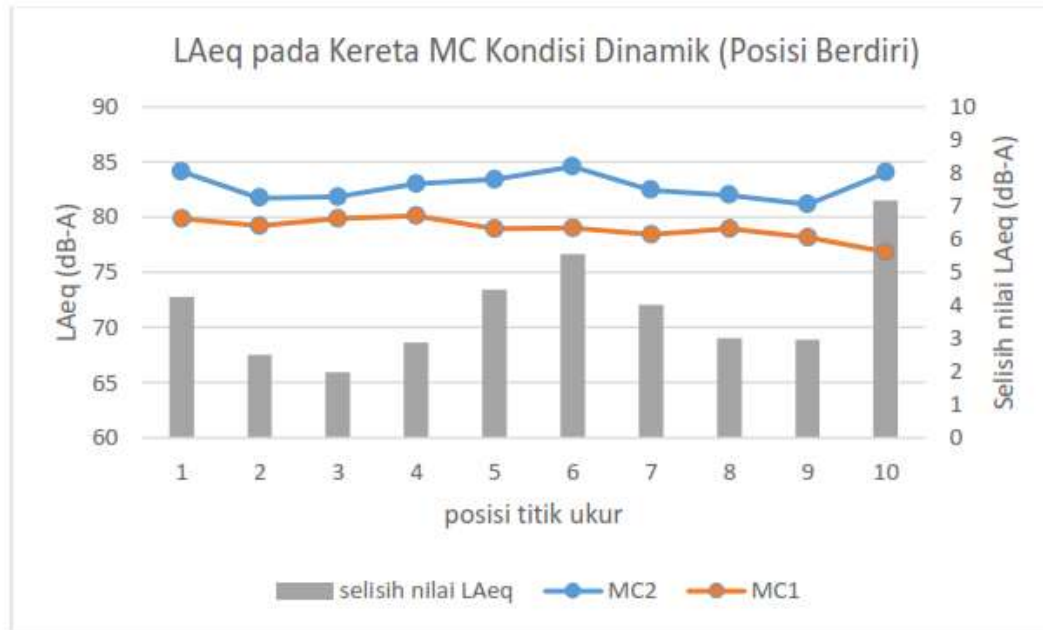


Penggunaan software seperti : Simcenter, Odeon, Insul, dll.

Carbody (Badan Kereta)

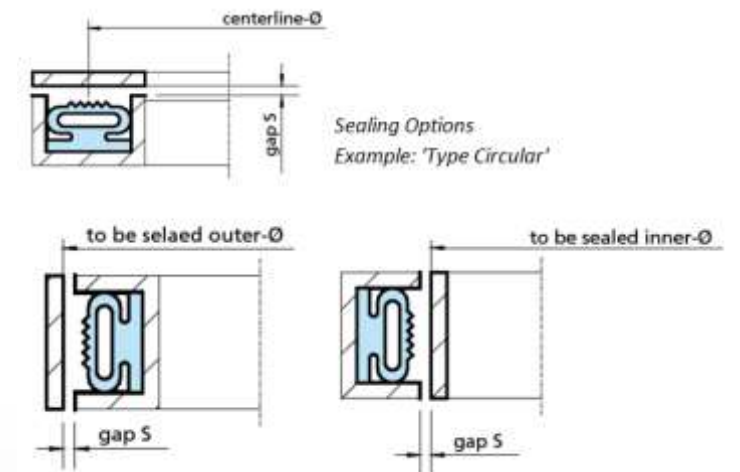


Air Seal pada pintu



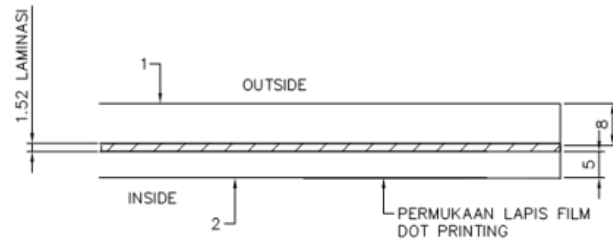
Gambar 3.1 Grafik perbandingan nilai LAeq kereta MC pada kondisi dinamik (posisi berdiri)

Hasil Pengukuran BPPT,
MC1 = dengan air seal
MC2 = tanpa air seal



Desain Kaca

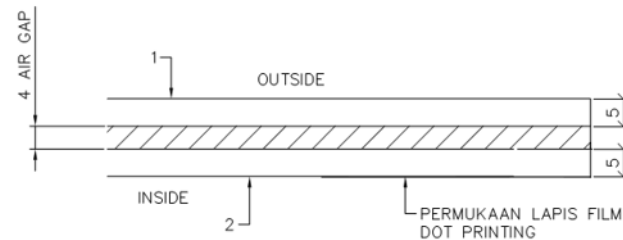
a) Jendela laminasi



Sistem jendela laminasi terdiri dari lapisan-lapisan berikut:

- ✧ Jendela pada bagian luar dengan tebal 8 mm
- ✧ Laminasi PVB 1,52 mm
- ✧ Jendela pada bagian dalam dengan tebal 5 mm

b) Jendela vakum

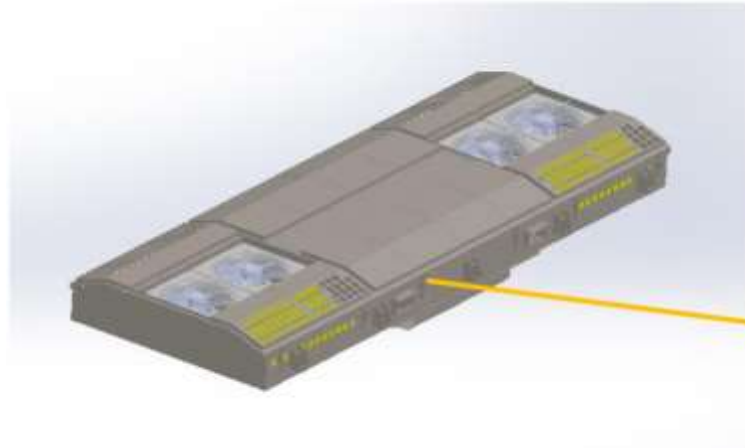


Sistem jendela vakum terdiri dari lapisan-lapisan berikut:

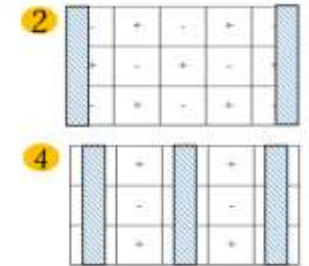
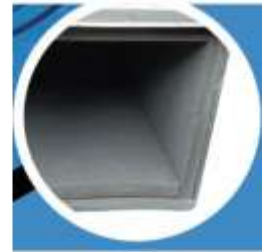
- ✧ Jendela pada bagian luar dengan tebal 5 mm
- ✧ Celah udara kering (air gap) dengan tebal 4 mm
- ✧ Jendela pada bagian dalam dengan tebal 5 mm



Optimalisasi Kebisingan AC



Pemodelan hanya berfokus pada ruang fan dan ducting



1

2

3

4



Multiphysics- Acoustic-Structure Interaction

Sound Hard Boundary

untuk mendefinisikan material rigid dan memiliki refleksi yang sempurna seperti dinding

Dipole Point Source

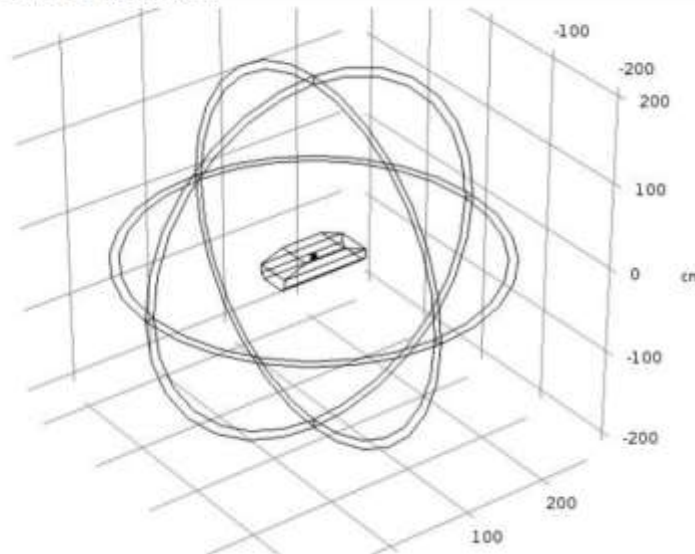
titik ini diletakkan 10 cm dari atas ruang fan dengan input berupa $W_{rms} = 0.0008 W$

Plane Wave Radiation

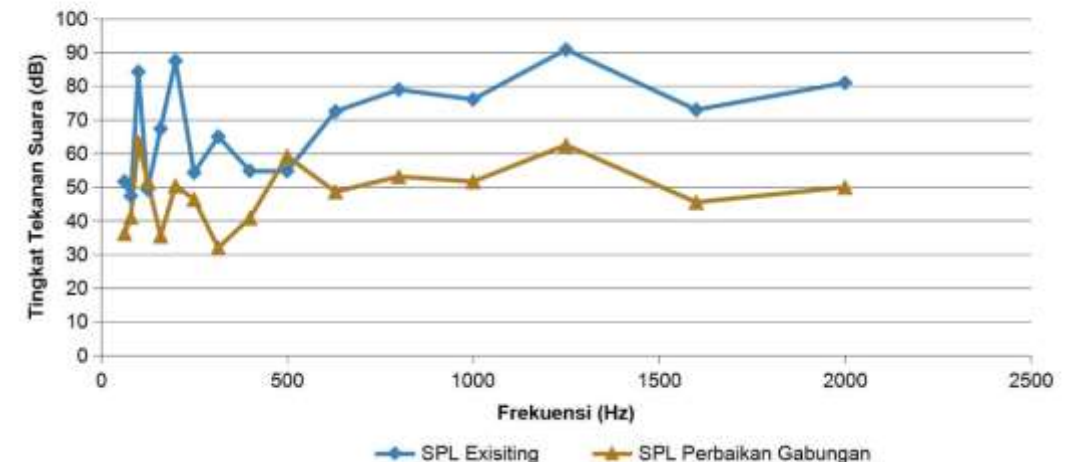
Profil yang digunakan pada outlet

Background Pressure Field

didefinisikan pada domain bola diluar ruang fan dengan background pressure=0

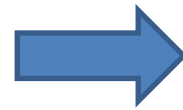
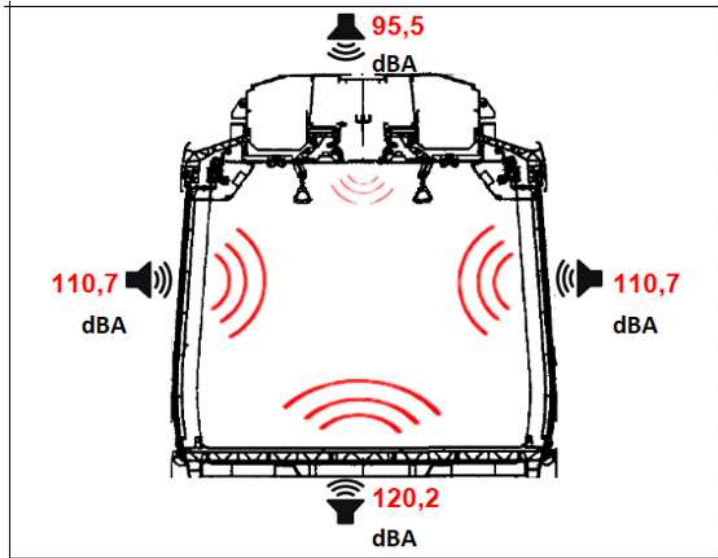


Nilai Tingkat Tekanan Suara terhadap Frekuensi



Proses Desain

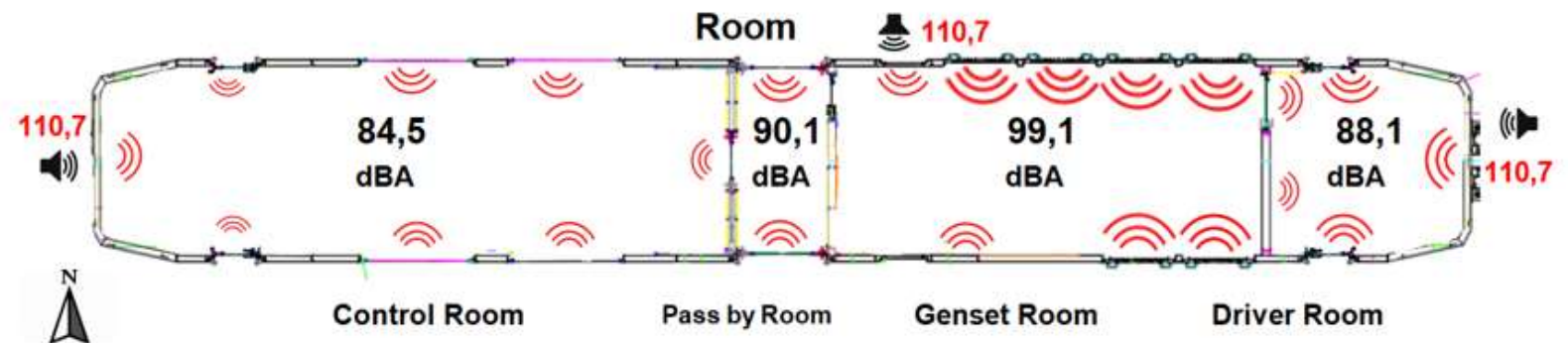
Identification & Visualization of the noise source



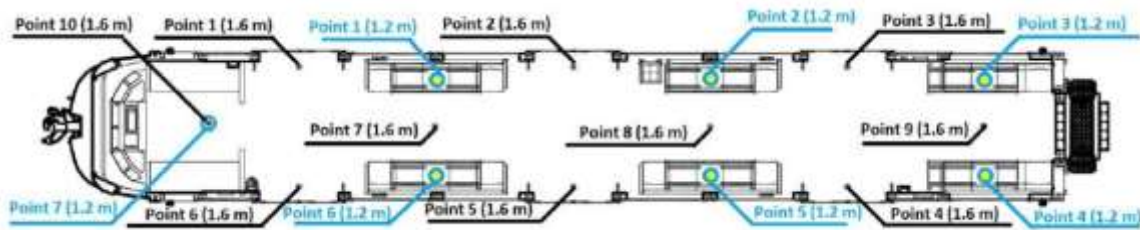
Desain insulasi dinding, luasan kaca, desain kaca, pintu dll.



Interior noise calculation value



Validasi Desain



Pengukuran Interior: ISO 3381-2021

Pengukuran Eksterior: ISO 3095-2013

- Mengukur tingkat tekanan bunyi senambung setara (LAeq) dengan menggunakan mikrofon dan sound level meter. Mikrofon diletakan pada ketinggian 1,2 meter (merepresentasikan posisi penumpang duduk) dan 1,6 meter (merepresentasikan posisi penumpang berdiri) yang diukur dari permukaan lantai kereta
- LAeq diukur pada 1/3 octave band pada frekuensi 31.5 Hz sampai 16KHz.



Terima
Kasih

