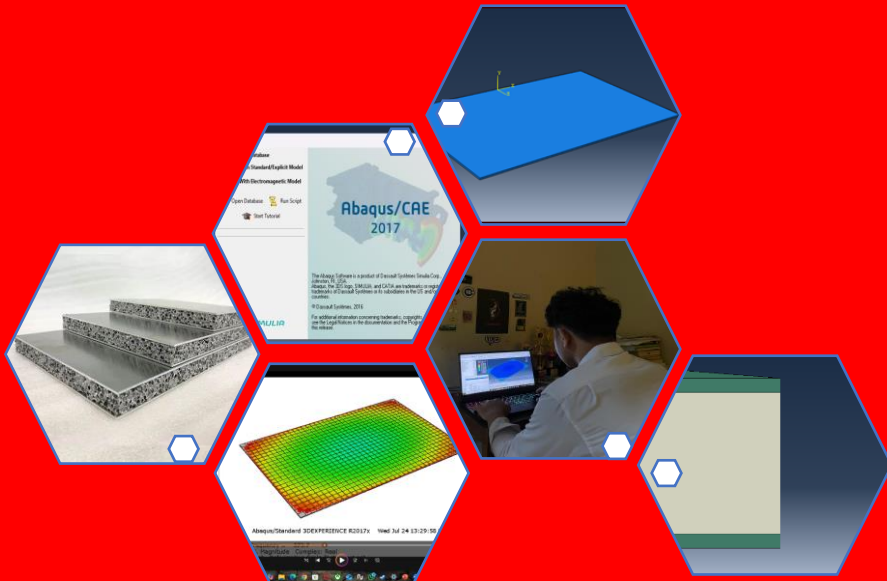


ANALISIS KOMPUTASI AKUSTIK PADA LANTAI KERETA CEPAT BERBAHAN KOMPOSIT



AHMAD FAUZAN FAISAL
D021 20 1039



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024

**ANALISIS KOMPUTASI AKUSTIK PADA LANTAI KERETA CEPAT
BERBAHAN KOMPOSIT**

**AHMAD FAUZAN FAISAL
D021 20 1039**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS KOMPUTASI AKUSTIK PADA LANTAI KERETA CEPAT
BERBAHAN KOMPOSIT**

AHMAD FAUZAN FAISAL
D021 20 1039

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Mesin

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

ANALISIS KOMPUTASI AKUSTIK PADA LANTAI KERETA CEPAT BERBAHAN KOMPOSIT

AHMAD FAUZAN FAISAL

D021 20 1039

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian pada 26 November 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Teknik Mesin
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing,



Fauzan, ST., MT., Ph.D

NIP. 19770103 200801 1 009

Mengetahui:

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Muhammad Syahid, ST., MT

NIP. 19770707 200511 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Analisis Komputasi Akustik Pada Lantai Kereta Cepat Berbahan Komposit" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Fauzan, ST., MT., Ph.D). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 26 November 2024




Ahmad Fauzan Faisal
D021201039

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wata'ala* atas rahmat, berkah serta izin-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Analisis Komputasi Akustik Pada Lantai Kereta Cepat Berbahan Komposit**”. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat kelulusan dalam menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penelitian dilaksanakan hingga penyusunan skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih terkhusus yang sedalam-dalamnya penulis persembahkan kepada Ibunda **Andi Rohani** dan Ayahanda **Ahmad Faisal** serta Kakak Ahmad Affandi Faisal dan Adik **Ahmad Taqwa Faisal** dan juga **Aprili Cahya Faisal**. yang senantiasa mendoakan, menyayangi, menyemangati dan menasehati penulis sampai bisa berada di tahap ini. Dengan segala keikhlasan dan kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Bapak **Fauzan, ST., MT., Ph.D** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam mengarahkan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Zulkifly Djafar, MT** dan Bapak **Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman, MT** selaku dosen penguji atas segala saran dan masukan untuk perbaikan serta pengembangan skripsi ini.
3. Seluruh Dosen Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin atas segala ilmu dan bantuan selama penulis menjalani perkuliahan.
4. Seluruh Staf Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin atas segala bantuan yang telah diberikan dalam pengurusan administrasi dan pengurusan lainnya selama penulis menjalani perkuliahan.
5. Kepada perempuan pemilik NIM. L041211068 yang telah menemani, menyemangati dan mendukung penulis selama pengerjaan skripsi ini.
6. Saudara – saudara seperjuangan ZTATOR 2020 yang setia menemani, membantu, dan mendukung penulis dari awal kuliah dan sekarang dan seterusnya.
7. Teman – teman, kakak senior serta junior seperjuangan Laboratorium *Vibration and Acoustic* yang telah bersedia menemani dan membantu selama masa penelitian dan penyusunan skripsi.
8. Sahabat seperjuangan BM11, yang senantiasa memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih sudah menemani penulis melewati hari-hari baik maupun buruk selama masa perkuliahan.
9. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah memberi dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini.

Penulis,

Ahmad Fauzan Faisal

ABSTRAK

AHMAD FAUZAN FAISAL. **Analisis Komputasi Akustik Pada Lantai Kereta Cepat Berbahan Komposit** (dibimbing oleh Fauzan)

Latar Belakang. Pemilihan material yang tepat dalam meredam suara sangat penting untuk menciptakan lingkungan akustik yang optimal. Kombinasi lapisan aluminium 6061-T6 dan aluminium foam dengan ketebalan berbeda memiliki potensi sebagai solusi peredam suara yang efektif. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik akustik dari empat variasi material berlapis yang terdiri dari kombinasi lapisan aluminium 6061-T6 dan aluminium foam dengan ketebalan berbeda. Variasi material meliputi konfigurasi dengan ketebalan lapisan aluminium 6061-T6 dan aluminium foam yang bervariasi, dengan tujuan untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam meredam suara berbagai frekuensi. **Metode.** Penelitian ini berlandaskan pada prinsip dasar akustik yang menjelaskan bagaimana gelombang suara berinteraksi dengan material, serta pentingnya pemilihan material dalam menciptakan lingkungan akustik yang optimal. Studi ini mencakup analisis intensitas akustik, daya akustik, gradien tekanan, dan kecepatan partikel pada masing-masing variasi material. **Hasil.** Hasil simulasi menunjukkan bahwa intensitas akustik cenderung menurun secara eksponensial seiring bertambahnya frekuensi, dengan nilai intensitas tertinggi ditemukan pada frekuensi rendah (121.05 Hz) dan menurun drastis pada frekuensi tinggi (1000 Hz). Material dengan lapisan aluminium foam yang lebih tebal secara signifikan lebih efektif dalam meredam intensitas suara, terutama pada frekuensi tinggi, serta menunjukkan kinerja lebih baik dalam hal pengurangan daya akustik dan getaran. **Kesimpulan.** Dari analisis persentase error antara hasil simulasi dan perhitungan teoritis, ditemukan bahwa error berkisar antara 0.001% hingga 0.157%, dengan nilai error terkecil sebesar 0.001%, yang menunjukkan keakuratan tinggi dari model simulasi yang digunakan.

Kata kunci: Akustik, Aluminium 6061-T6, Aluminium Foam, Intensitas Akustik, Simulasi Numerik.

ABSTRACT

AHMAD FAUZAN FAISAL. **Computational Analysis of Acoustics on Composite-based Fast Train Floors (supervised by Fauzan)**

Background. Proper selection of sound dampening materials is essential to create an optimal acoustic environment. The combination of 6061-T6 aluminum and aluminum foam layers with different thicknesses has potential as an effective soundproofing solution. **Objective.** This study aims to analyze the acoustic characteristics of four variations of layered materials consisting of a combination of layers of 6061-T6 aluminum and aluminum foam with different thicknesses. The material variations include configurations with varying thicknesses of aluminum 6061-T6 and aluminum foam layers, with the aim of evaluating their effectiveness in damping sound of various frequencies. **Methods.** This research is based on basic acoustic principles that explain how sound waves interact with materials, as well as the importance of material selection in creating an optimal acoustic environment. The study included analysis of acoustic intensity, acoustic power, pressure gradient and particle velocity for each material variation. **Results.** The simulation results show that the acoustic intensity tends to decrease exponentially as the frequency increases, with the highest intensity values found at low frequencies (121.05 Hz) and decreasing dramatically at high frequencies (1000 Hz). Materials with thicker aluminum foam layers were significantly more effective in reducing sound intensity, especially at high frequencies, and showed better performance in terms of acoustic power and vibration reduction. **Conclusion.** From the analysis of the percentage error between simulation results and theoretical calculations, it was found that the error ranged from 0.001% to 0.157%, with the smallest error value of 0.001%, indicating the high accuracy of the simulation model used.

Keywords: Acoustics, Aluminum 6061-T6, Aluminum Foam, Acoustic Intensity, Numerical Simulation.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN PENGAJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Landasan Teori	3
1.5.1 Kereta Cepat (<i>High Speed Railway</i>).....	3
1.5.2 <i>Lantai</i> Kereta Cepat	3
1.5.3 Material Komposit.....	4
1.5.4 Jenis-Jenis bahan Komposit dalam Kereta Cepat.....	5
1.5.5 <i>Acoustics</i>	6
1.5.6 Analisis Akustik dalam Simulasi Abqus.....	8
1.5.7 <i>Kebisingan</i> Aerodinamis	8
1.5.8 <i>Aluminium Sandiwch Foam</i>	10
1.5.9 Metode Elemen Hingga.....	11
1.5.10 Perangkat Lunak <i>Abaqus</i>	13
BAB II METODE PENELITIAN.....	15
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
2.2 Alat dan Bahan	15
2.2.1 Alat	15
2.2.2 Bahan... ..	16
2.3 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	17
2.4 Metodologi Penelitian.....	17
2.5 <i>Simulator</i>	18
2.6 Karakteristik Material.....	19
2.7 Spesifikasi <i>Floor</i>	19
2.8 Konfigurasi <i>Floor</i>	20
2.9 Prosedur Pembuatan Model	22
2.9.1 Pemodelan Lantai Kereta Cepat menggunakan Fusion 360	22

2.9.2 Simulasi <i>FLOOR</i> Menggunakan <i>Software Abaqus</i>	24
2.10 Jadwal Penelitian	33
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	34
3.1 Simulasi Akustik.....	34
3.2 Persamaan Matematis Secara Teori.....	34
3.2.1 Perbandingan Teori dan Simulasi untuk Frekuensi Natural	34
3.2.2 Hasil Perhitungan Secara Teoritis	35
3.2.3 Perbandingan Teori dan Simulasi untuk Akustik Intensitas.....	38
3.3 Variasi 1 (Aluminium 6061-T6 0.5 mm – Aluminium Foam 10 mm – Aluminium 6061-T6 0.5 mm).....	47
3.3.1 <i>Acoustic Intensity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	47
3.3.2 <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i>	48
3.3.3 <i>Velocity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	50
3.4 Variasi 2 (Aluminium 6061-T6 1 mm – Aluminium Foam 10 mm – Aluminium 6061-T6 1 mm)	51
3.4.1 <i>Acoustic Intensity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	51
3.4.2 <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i>	53
3.4.3 <i>Velocity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	54
3.5 Variasi 3 (Aluminium 6061-T6 0.5 mm – Aluminium Foam 15 mm – Aluminium 6061-T6 0.5 mm).....	56
3.5.1 <i>Acoustic Intensity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	56
3.5.2 <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i>	57
3.5.3 <i>Velocity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	59
3.6 Variasi 4 (Aluminium 6061-T6 0.5 mm – Aluminium Foam 19 mm – Aluminium 6061-T6 0.5 mm).....	60
3.6.1 <i>Acoustic Intensity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	60
3.6.2 <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i>	62
3.6.3 <i>Velocity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	63
3.7 Perbandingan output <i>Acoustic Intensity</i> , <i>Pressure Gradient</i> dan, <i>Velocity</i> terhadap <i>Frequency</i> untuk <i>All Variation</i>	65
3.7.1 <i>Acoustic Intensity</i>	65
3.7.2 <i>Pressure Gradient</i>	65
3.7.3 <i>Velocity</i>	66
BAB IV KESIMPULAN	68
4.1 Kesimpulan	68
4.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Mekanika Properti Aluminium 6061 T6	19
Tabel 2. Mekanika Properti <i>Aluminium Foam</i>	19
Tabel 3. Spesifikasi <i>Floor</i> Kereta Cepat.....	20
Tabel 4. Konfigurasi desain <i>Floor</i>	21
Tabel 5. Jadwal Penelitian	33
Tabel 6. Tabel Perbandingan Simulasi dan Teori untuk Frekuensi <i>Natural</i>	34
Tabel 7. Tabel Perbandingan Simulasi dan Teori untuk Frekuensi <i>Natural</i>	38
Tabel 8. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Acoustic Intensity</i> (W/m^2) terhadap <i>Frequency</i> (Hz).....	47
Tabel 9. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i>	49
Tabel 10. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Velocity</i> (m/s) Terhadap <i>Frequency</i> (Hz) ..	50
Tabel 11. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Acoustic Intensity</i> (W/m^2) terhadap <i>Frequency</i> (Hz)	52
Tabel 12. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i> ..	53
Tabel 13. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Velocity</i> (m/s) Terhadap <i>Frequency</i> (Hz) ..	55
Tabel 14. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Acoustic Intensity</i> (W/m^2) terhadap <i>Frequency</i> (Hz)	56
Tabel 15. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i> ..	58
Tabel 16. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Velocity</i> (m/s) Terhadap <i>Frequency</i> (Hz) ..	59
Tabel 17. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Acoustic Intensity</i> (W/m^2) terhadap <i>Frequency</i> (Hz)	61
Tabel 18. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i> ..	62
Tabel 19. Hasil Simulasi <i>Floor</i> dengan <i>Velocity</i> (m/s) Terhadap <i>Frequency</i> (Hz) ..	64
Tabel 20. Data <i>Acoustic Intensity Minimum All Variation</i>	65
Tabel 21. Data <i>Pressure Gradient Minimum All Variation</i>	66
Tabel 22. Data <i>Velocity Minimum All Variation</i>	67

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Ilustrasi dari <i>body</i> pembangkitan kebisingan dari permukaan pengangkat yang melewati arus <i>unsteady</i>	9
Gambar 2. Optimalisasi lembaran dan busa	11
Gambar 3. Model dua dimensi kunci pas sepeda terdiskritisasi	11
Gambar 4. Tahapan proses analisa numerik program <i>Abaqus</i>	13
Gambar 5. Tempat Penelitian	15
Gambar 6. Komputer	15
Gambar 7. Mouse	15
Gambar 8. <i>Software Autodesk Fusion 360</i>	16
Gambar 9. <i>Software Abaqus CAE</i>	16
Gambar 10. Alur Proses Penelitian.....	17
Gambar 11. Tampilan utama <i>software Abaqus</i>	18
Gambar 12. Ilustrasi Lantai kereta cepat	20
Gambar 13. Desain <i>Floor</i> (a) Konfigurasi 1 (b) konfigurasi 2 (c) konfigurasi 3 (d) konfigurasi 4.....	21
Gambar 14. <i>Color Code</i>	22
Gambar 15. <i>Mode Sketch</i>	22
Gambar 16. Fitur <i>Extrude</i>	23
Gambar 17. Desain <i>Floor Kereta Cepat</i>	23
Gambar 18. Menu <i>Export</i>	24
Gambar 19. Menu <i>Import</i>	24
Gambar 20. <i>Floor Part</i>	25
Gambar 21. (a) <i>Create Part</i> , (b) <i>Floort Model Part</i>	25
Gambar 22. <i>Part-part yang sudah di gabungkan</i>	26
Gambar 23. Menu <i>step</i>	26
Gambar 24. Menu <i>Field Output</i>	27
Gambar 25. <i>Create Interaction</i>	27
Gambar 26. <i>Interaction Acoustic Impedance</i>	28
Gambar 27. <i>Create Interaction, Type Tie</i>	28
Gambar 28. <i>Tie interaction</i>	28
Gambar 29. <i>Menu Create Load</i>	29
Gambar 30. <i>Menu Create Boundary Condition</i>	29
Gambar 31. <i>Floor Load dan Boundary Condition</i>	30
Gambar 32. <i>Floor global seeds</i>	30
Gambar 33. <i>Floor Mesh</i>	31
Gambar 34. <i>Element Type</i>	31
Gambar 35. <i>Job parallelization</i>	32
Gambar 36. <i>Job manager</i>	32
Gambar 37. Hasil Simulasi Mode Variasi 1 (Visualisasi <i>Abaqus</i>)	38
Gambar 38. Grafik Pengaruh <i>Acoustic Intensity Terhadap Frequency</i>	48

Gambar 39. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	48
Gambar 40. Grafik Pengaruh <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i>	49
Gambar 41. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	49
Gambar 42. Grafik Pengaruh <i>Velocity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	51
Gambar 43. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	51
Gambar 44. Grafik Pengaruh <i>Acoustic Intensity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	52
Gambar 45. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	53
Gambar 46. Grafik Pengaruh <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i>	54
Gambar 47. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	54
Gambar 48. Grafik Pengaruh <i>Velocity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	55
Gambar 49. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	55
Gambar 50. Grafik Pengaruh <i>Acoustic Intensity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	57
Gambar 51. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	57
Gambar 52. Grafik Pengaruh <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i>	58
Gambar 53. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	58
Gambar 54. Grafik Pengaruh <i>Velocity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	60
Gambar 55. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	60
Gambar 56. Grafik Pengaruh <i>Acoustic Intensity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	61
Gambar 57. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	62
Gambar 58. Grafik Pengaruh <i>Pressure Gradient</i> Terhadap <i>Frequency</i>	63
Gambar 59. Hasil Simulasi (Visualisasi Abaqus)	63
Gambar 60. Grafik Pengaruh <i>Velocity</i> Terhadap <i>Frequency</i>	64
Gambar 61. Hasil Sismulasi (Visualisasi Abaqus)	64
Gambar 62. Grafik <i>Acoustic Intenisity All Variation</i>	65
Gambar 63. Grafik <i>Pressure Gradient All Variation</i>	66
Gambar 64. Grafik <i>Velocity All Variation</i>	67

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Gambar 3D di Autodesk Fusion 360	73
Lampiran 2. Gambar Konfigurasi 4 Variasi	73
Lampiran 3. Proses Pemberian Beban dan Meshing.....	74
Lampiran 4. <i>Result</i> dan Pengambilan Data (Gambar Salah Satu Variasi	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selama dekade terakhir, kereta berkecepatan tinggi telah menjadi salah satu cabang transportasi yang paling maju dan berkembang pesat. Alasannya adalah polusi udara yang relatif rendah per penumpang, dibandingkan dengan kendaraan darat, dan kecepatan yang sangat tinggi yang dapat dicapai oleh kereta cepat modern terancang-TGV Prancis, Eurostar, Thalys, ICE Jerman, kereta cepat berkecepatan tinggi Inggris, Pendolino Italia, X2000 Swedia, Shinkansen Jepang, dan lain-lain (Telford, 2015).

Akustik adalah ilmu yang mempelajari tentang suara atau bunyi. Akustik dalam arsitektur sering dibagi menjadi akustika ruang (*room acoustics*) yang menangani bunyi yang dikehendaki dan kontrol kebisingan (*noise control*) yang menangani bunyi yang tak dikehendaki (Kaharuddin & Kusumawanto, 2011).

Suara dengan intensitas tinggi, seperti yang dikeluarkan oleh banyak mesin industri, kendaraan bermotor, dan pesawat terbang bila berlangsung secara terus-menerus dan dalam jangka waktu yang lama maka dapat mengganggu kesehatan manusia, bahkan dapat menyebabkan cacat pendengaran yang permanen serta dampak psikologis diri (Siska, 2019).

Kebisingan interior kereta berkecepatan tinggi sangat memengaruhi kenyamanan perjalanan dengan meningkatnya operasi. Dan pengendalian kebisingan interior telah menjadi salah satu teknologi utama dalam proses desain dan pengembangan kereta berkecepatan tinggi (Jin, 2014). Saat ini, banyak investigasi telah dilakukan pada pengukuran karakteristik akustik dan evaluasi kualitas suara (B. Park, J. Jeon, S. Choi, 2015), (E. Parizet, N. Hamzaoui, 2002), (L. Yang, F. Meng, 2014), (L. Luo, X. Zheng, Z. Hao, W. Dai, 2017), prediksi dan analisis eksitasi akustik seperti kebisingan roda (D.J. Thompson, 2002), (G.A. Efthimeros, D.I. Photeinos, Z. G. Diamantis, 2002), kebisingan rel (X. Zhang, D. Thompson, H. Jeong, 2017), dan kebisingan aerodinamis (S. Ding, Q. Li, A. Tian, 2016), (Z.X. Sun, Y. Zhang, 2017), (C. Mellet, F. Letourneau, F. Poisson, 2006).

Aluminium sandwich foam merupakan gabungan dari lembaran yang terdiri atas aluminium berpori (*aluminium foam*) yang dilapisi lembaran pejal pada permukaannya. Struktur *sandwich* ini menghasilkan fitur yang unik yaitu kekuatan dan kekakuan yang tinggi dikombinasikan dengan massa yang rendah. Karena fitur yang menarik tersebut maka dapat diaplikasikan di industri transportasi, industri mobil-mobil, pesawat terbang dan kereta api (Aris Widyo Nugroho, Muhammad Budi Nurrahman, 2013).

Berdasarkan penjelasan di atas maka pengaruh material pada *floor* kereta cepat diharapkan mampu meningkatkan kenyamanan dan mengurangi kebisingan yang terjadi pada saat kereta cepat berjalan dengan menggunakan hasil simulasi dari

aplikasi *Abaqus*. Maka dari itu, penulis akan melakukan penelitian dengan judul **“ANALISA KOMPUTASI AKUSTIK PADA LANTAI KERETA CEPAT BERBAHAN KOMPOSIT”**

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik akustik yang terjadi pada lantai kereta cepat yang menggunakan bahan *Aluminium* 6061-T6 dan *Sandwich Aluminium Foam*?
2. Apa pengaruh variasi ketebalan *Core Sandwich Aluminium Foam* terhadap akustik yang terjadi pada lantai kereta cepat?
3. Bagaimana pengaruh variasi ketebalan *Skin Aluminium* 6061-T6 terhadap akustik yang terjadi pada lantai kereta cepat?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis karakteristik akustik yang terjadi pada lantai kereta cepat berbahan *Aluminium* 6061-T6 dan *sandwich aluminium foam*
2. Untuk menganalisis pengaruh variasi ketebalan *Core Sandwich Aluminium Foam* terhadap akustik yang terjadi pada lantai kereta cepat.
3. Untuk menganalisis pengaruh variasi ketebalan *Skin aluminium* 6061-T6 terhadap akustik yang terjadi di lantai kereta cepat.

1.3.2 Manfaat

Adapun manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Memberikan pemahaman yang lebih baik tentang akustik pada lantai kereta cepat berbahan komposit dan faktor-faktor yang memengaruhinya.
2. Menyediakan data yang relevan bagi perancang dan pengembang kereta cepat untuk meningkatkan kenyamanan penumpang melalui perbaikan desain dan material.
3. Meningkatkan kesadaran akan pentingnya standar akustik dalam transportasi umum untuk meningkatkan kualitas pengalaman perjalanan.
4. Mengkontribusikan pada pengembangan teknologi material dan desain dalam industri transportasi untuk mencapai tujuan keberlanjutan dan kesejahteraan penumpang.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini terfokus pada analisis akustik pada lantai kereta cepat berbahan komposit.
2. *Software* yang dianalisis untuk pemodelan elemen hingga yang digunakan adalah *Abaqus*.
3. Penelitian ini tidak mencakup analisis akustik eksternal atau faktor-faktor non-material yang dapat mempengaruhi akustik lantai.

1.5 Landasan Teori

1.5.1 Kereta Cepat (*High Speed Railway*)

Kereta cepat adalah transportasi massal dengan menggunakan rel yang mempunyai kecepatan di atas 200 km/jam (Pasal 4 Huruf b UU No.23, 2007) (Giantara, 2018). Transportasi sendiri merupakan bidang kegiatan yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat Indonesia. Pentingnya transportasi bagi masyarakat Indonesia disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, keadaan geografis Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau kecil dan besar, perairan yang terdiri dari sebagian laut, sungai, dan danau yang memungkinkan pengangkutan dilakukan melalui darat, perairan, dan udara guna untuk menjangkau seluruh wilayah Indonesia. Hal lain yang tidak kalah pentingnya adalah peran transportasi dalam perekonomian dan pembangunan. Fungsi dari transportasi diibaratkan sebagai urat nadi perekonomian sebagai fasilitas penunjang pembangunan.

Menurut UIC (*International Union of Railways*), kereta cepat adalah kereta dengan kecepatan minimal 250 km/jam. Menurut Komisi Eropa (2010), kereta cepat adalah kereta yang mampu mencapai kecepatan diatas 200 km/jam dengan jalur konvensional dan diatas 250 km/jam pada jalur baru yang dirancang khusus untuk kecepatan tinggi. Biasanya kereta kecepatan tinggi berjalan dengan kecepatan antara 250 km/jam (150 mil/jam) sampai 300 km/jam (180 mil/jam), meskipun rekor kecepatan dunia untuk kereta beroda dipecahkan pada tahun 2007 oleh kereta Perancis TGV yang mencapai kecepatan 574,8 km/jam (357,16 mpj), sedangkan kereta MagLev eksperimen Jepang telah mencapai kecepatan 581 km/jam (Giantara, 2018).

1.5.2 Lantai Kereta Cepat

Secara umum, di perusahaan manapun baik produk maupun jasa, selalu mengupayakan untuk pencapaian kepuasan konsumen. Sama halnya pada PT. KAI, dimana pencapaian kepuasan penumpang dalam *floor* kereta cepat merupakan hal prioritas utama yang menjadi pertimbangan perusahaan. Salah satu faktor yang mempengaruhi kepuasan penumpang kereta cepat adalah kelengkapan dan kondisi pembaharuan dari fasilitas yang tersedia di setiap *floor* karena pada beberapa *floor* kereta cepat kelas ekonomi, fasilitas-fasilitas didalam *floornya* bukan dalam kondisi yang baru, melainkan barang bekas (*second hand*) dari *floor* kereta cepat yang digunakan di Luar Negeri (Gita Permata Liansari, Asterina Febrianti, 2019).

Beberapa fasilitas didalam *floor* kereta cepat, diantaranya: kursi, meja lipat, sandaran kaki, toilet, AC, headrack, stop kontak, LCD TV, bantal, selimut, dll. Fasilitas-fasilitas tersebut tentu akan memungkinkan untuk menimbulkan ketidakpuasan atau ketidaknyaman penumpang jika disediakan dalam kondisi rusak (tidak layak pakai), kurang bersih, tidak lengkap, atau tidak sesuai kebutuhan penumpang (Gita Permata Liansari, Asterina Febrianti, 2019).

Salah satu fasilitas yang dianggap penting dan paling sering menimbulkan keluhan bagi penumpang adalah toilet didalam *floor* kereta cepat. Keluhan-keluhan tersebut diantaranya: posisi *handle* toilet terlalu jauh, lantai licin, sirkulasi udara didalam toilet tidak baik, dll. Padahal menurut Ignasius Jonan selaku Dirut PT. KAI periode tahun 2009- 2014 menjelaskan bahwa toilet adalah prioritas perbaikan dalam pelayanan KAI (Gita Permata Liansari, Asterina Febrianti, 2019).

Keberhasilan perusahaan sangat ditentukan oleh kemampuan perusahaan dalam memberikan pelayanan kepada pelanggannya, seperti keamanan dan kenyamanan *floor* kereta cepat tetap terjaga dengan baik dan pelanggan yang telah menggunakan jasa transportasi tersebut merasa puas atas layanan yang telah diberikan oleh pihak penyedia jasa transportasi. Pada dasarnya kepuasan suatu pelanggan itu dilihat berdasarkan harapan dan kinerja yang telah dirasakan. Pelanggan akan merasa puas terhadap layanan atau jasa transportasi itu apabila pelayanan yang diberikan oleh perusahaan transportasi sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pelanggan (Triantoro et al., 2015).

1.5.3 Material Komposit

Didalam dunia industri kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur menjadi satu. Menurut (M. Yani, Bekt Suroso, 2019) dikutip dari (Kaw 1997), komposit adalah sruktur material yang terdiri dari 2 kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala *makroskopik* dan menyatu secara fisika. Kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari duaatau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopik. Sedangkan menurut (M. Yani, Bekt Suroso, 2019) di kutip dari (Triyono dan Diharjo 1999) mengemukakan bahwa kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* berasal dari kata kerja "*to compose*" yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan (M. Yani, Bekt Suroso, 2019).

Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Didalam komposit unsur utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan *polimer* yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi. Penggunaan serat sendiri yang diutama untuk menentukan karakteristik bahan komposit, seperti: kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lainnya. Sebagai bahan pingisi serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan

mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi. Oleh karena itu, untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat, kaku dan getas, sedangkan bahan matrik dipilih bahan-bahan yang liat, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia (M. Yani, Bekt Suroso, 2019).

Secara umum pengelompokan komposit dapat dibedakan menjadi dua, yaitu berdasarkan matrik dan penguatnya. Menurut (M. Yani, Bekt Suroso, 2019) di kutip dari (Courtney, 1983), berdasarkan matriknya komposit dapat digolongkan menjadi tiga yaitu:

1. Komposit Matrik Logam (KML), yaitu logam sebagai matrik.
2. Komposit Matrik Polimer (KMP), yaitu polimer sebagai matrik.
3. Komposit Matrik Keramik (KMK), yaitu keramik sebagai matrik.

Sedangkan berdasarkan unsur penguatnya, menurut (M. Yani, Bekt Suroso, 2019) di kutip dari (Courtney, 1983), dapat dibedakan menjadi tiga:

1. *Fiber composites* (komposit serat) adalah gabungan serat dengan matrik.
2. *Flake composites* (komposit serpihan) adalah gabungan serpih rata dengan matrik.
3. *Particulate composites* (komposit partikulat) adalah gabungan partikel dengan matrik.

Dalam menentukan perbandingan antara komponen matriks dengan serat (pengisi) material komposit ini biasanya dilakukan dengan menggunakan dua metode , yaitu:

1. Metode Fraksi Massa, Metode ini digunakan jika massa komponen matriks dan pengisi material komposit tidak jauh berbeda atau serat yang dipakai cukup berat.
2. Metode Fraksi Volume, Metode ini digunakan apabila berat antara komponen matriks dan penguat (serat) material komposit jauh berbeda (M. Yani, Bekt Suroso, 2019).

Perkembangan pembuatan kereta dengan material komposit mulai banyak dikembangkan. Penggunaan bahan komposit pada kereta biasanya digunakan untuk pembuatan *body* kereta, pintu kereta, dan masih banyak lagi. Demi menciptakan keamanan dan kenyamanan daripada penumpang kereta. Penggunaan bahan komposit dengan bahan utama *E-Glass*, masih perlu adanya penelitian lebih lanjut guna mengetahui kekuatan maupun ketahanan dari komposit ini, dengan menggunakan beberapa metode seperti *bagging*, *hand lay up*, dan *vacum* infusion. Metode pembuatan juga akan mempengaruhi kualitas yang dihasilkan dari komposit tersebut (Apricillya & Permatasari, 2019).

1.5.4 Jenis-Jenis bahan Komposit dalam Kereta Cepat

Menurut (Bayu Saputra & Rusli Ahyar, 2023) di kutip dari (Karmila, Agoes, Tavio, 2013). FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) adalah serat karbon yang didefinisikan sebagai serat yang mengandung setidaknya 90% serat karbon. Serat karbon tidak menunjukkan korosi atau pecah pada suhu kamar. Fungsi perkuatan dengan sistem FRP adalah untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, axial dan daktilitas. Cara pemasangan FRP adalah dengan

melilitkannya mengelilingi permukaan perimeter elemen struktur yang diperkuat dengan menggunakan perekat epoxy resin. Sistem kerjanya sama dengan tulangan transversal konvensional.

a. *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*

CFRP merupakan salah satu jenis dari FRP. CFRP digunakan untuk perbaikan dan memperkuat elemen struktur pada konstruksi. Teknik perkuatan menggunakan CFRP dapat dibuat efisien, tidak menyebabkan karat seperti plat baja. Fungsi perkuatan dengan sistem komposit CFRP adalah untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas geser, aksial dan daktilitas, atau berbagai kombinasi lainnya. Daya tahan CFRP yang tinggi lebih ekonomis digunakan pada lingkungan korosif (baja akan mudah berkarat). Penggunaan CFRP akan lebih populer dibandingkan dengan jenis FRP lainnya seperti glass dan aramid (Bayu Saputra & Rusli Ahyar, 2023).

b. *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*

GFRP adalah serat polimer yang terbuat dari matriks plastik diperkuat oleh serat halus dari kaca (S. Nurlina, H. Suseno, M. T. Hidayat, 2016). GFRP merupakan jenis FRP yang relatif lebih murah dibanding jenis FRP lainnya (Sundar, 2019). Selain itu, GFRP memiliki karakteristik bahan yang lebih elastis dan memiliki elongation yang lebih besar sehingga memiliki daktilitas yang lebih besar dari CFRP (I. Putu, P. Rusmana, G. Nyoman, P. Wijaya, 2018).

1.5.5 Acoustics

Akustik adalah ilmu yang mempelajari tentang suara atau bunyi. Akustik dalam arsitektur sering dibagi menjadi akustika ruang (*room acoustics*) yang menangani bunyi yang dikehendaki dan kontrol kebisingan (*noise control*) yang menangani bunyi yang tak dikehendaki (Kaharuddin & Kusumawanto, 2011).

1. Rumus Kecepatan Suara dalam Medium (*Speed of Sound in a Medium*)

Kecepatan suara dalam suatu medium tergantung pada sifat elastisitas dan densitas medium tersebut. Dalam rumus ini, c adalah kecepatan suara, K adalah Modulus Massal (*Bulk Modulus*) dari material, dan ρ (ρ) adalah densitas (massa jenis) material. Rumus ini digunakan untuk menghitung kecepatan suara yang merambat melalui material, yang dalam kasus penelitian ini adalah material komposit seperti aluminium 6061-T6 dan aluminium foam.

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (1)$$

Dimana:

c = kecepatan suara (m/s)

K = Bulk Modulus (Pa)

ρ = Densitas (kg/m³)

2. Rumus Rata-rata Densitas dan Kecepatan Suara dari Struktur Berlapis

Rumus ini digunakan untuk menghitung rata-rata densitas dari sebuah struktur berlapis dengan mempertimbangkan kontribusi masing-masing lapisan berdasarkan ketebalan dan densitasnya.

a. Rumus Rata-rata Densitas

$$\rho_{avg} = \frac{\rho_1 \times t_1 + \rho_2 \times t_2 + \rho_3 \times t_3}{t_1 + t_2 + t_3} \quad (2)$$

b. Rumus Rata-rata Kecepatan Suara

$$c_{avg} = \frac{c_1 \times t_1 + c_2 \times t_2 + c_3 \times t_3}{t_1 + t_2 + t_3} \quad (3)$$

Keterangan:

t_1, t_2, t_3 = Ketebalan dari masing-masing lapisan material (m)

ρ_1, ρ_2, ρ_3 = Densitas dari masing-masing material (kg/m^3)

c_1, c_2, c_3 = Kecepatan Suara dari masing-masing material (m/s)

3. Rumus Tekanan Akustik (*Acoustic Pressure*)

Tekanan akustik (p) adalah tekanan yang dihasilkan oleh gelombang suara saat merambat melalui medium. Rumus ini menghubungkan tekanan akustik dengan intensitas akustik (I), densitas (ρ), dan kecepatan suara (c) dari medium. Dengan mengetahui intensitas akustik, densitas, dan kecepatan suara, dapat menghitung tekanan akustik dalam material.

$$p = \sqrt{I \times \rho_{avg} \times c_{avg}} \quad (4)$$

Keterangan:

p = Tekanan Akustik (Pa)

I = Intensitas Akustik yang di peroleh dari simulasi (W/m^2)

ρ_{avg} = Rata-rata Densitas Medium (kg/m^3)

c_{avg} = Rata-rata Kecepatan Suara dalam Medium (m/s)

4. Rumus Intensitasn Akustik (*Acoustic Intensity For 3 Layers*)

$$I = \frac{p^2}{\rho_{avg} \times c_{avg}} \quad (5)$$

Keterangan:

p = Tekanan Akustik (Pa)

ρ_{avg} = Rata-rata Densitas Medium (kg/m^3)

c_{avg} = Rata-rata Kecepatan Suara dalam Medium (m/s)

5. Rumus Intensitas Akustik (*Acoustics Intensity Formula*)

Rumus ini digunakan untuk mengukur intensitas bunyi yang dihasilkan oleh sumber akustik pada *floor* kereta. Intensitas bunyi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$I = \frac{P}{A} \quad (6)$$

Keterangan:

I = adalah intensitas bunyi (W/m^2),

P = adalah daya suara yang dihasilkan oleh sumber kebisingan (Watt),

A = luas permukaan yang menerima energi suara (m^2).

Daya akustik (P) dapat dihitung dengan rumus:

$$P = I \times A \quad (7)$$

Keterangan:

P = Daya akustik (W)

I = Intensitas akustik (W/m²)

A = Luas permukaan (m²)

1.5.6 Analisis Akustik dalam Simulasi Abqus

a. Intensitas Akustik (*Acoustic Intensity*)

Intensitas akustik merujuk pada daya per satuan area yang dikirimkan oleh gelombang suara melalui media. Dalam konteks material berlapis, intensitas akustik dapat dipengaruhi oleh sifat fisik dari material tersebut, seperti ketebalan dan jenis material. Material yang memiliki ketebalan lebih besar cenderung mampu menyerap lebih banyak energi akustik, sehingga mengurangi intensitas suara yang dipantulkan. Sebagai contoh, studi menunjukkan bahwa nilai intensitas tertinggi sering kali ditemukan pada frekuensi rendah, yang kemudian mengalami penurunan signifikan pada frekuensi tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa material dengan ketebalan aluminium foam yang lebih tinggi dapat menyerap suara dengan lebih efektif, khususnya pada frekuensi tinggi.

b. Gradien Tekanan (*Pressure Gradient*)

Gradien tekanan adalah perubahan tekanan akustik seiring dengan jarak. Dalam analisis akustik, gradien tekanan penting untuk memahami bagaimana gelombang suara berinteraksi dengan material. Material yang memiliki struktur berlapis dapat menghasilkan gradien tekanan yang berbeda, tergantung pada komposisi dan ketebalan lapisan. Ketika gelombang suara melewati material berlapis, gradien tekanan dapat mempengaruhi seberapa baik suara diserap atau dipantulkan. Material dengan lapisan yang lebih tebal sering kali menghasilkan gradien tekanan yang lebih tinggi, yang menunjukkan potensi penahanan energi akustik yang lebih baik.

c. Kecepatan (*Velocity*)

Kecepatan gelombang suara dalam suatu material ditentukan oleh kepadatan dan modulus elastisitas material tersebut. Dalam konteks penelitian, kecepatan partikel juga menjadi indikator penting dari seberapa efektif material meredam getaran. Material yang mampu menurunkan kecepatan gelombang suara cenderung lebih baik dalam meredam intensitas akustik. Dalam studi yang relevan, dapat dilihat bahwa kecepatan partikel berkurang secara signifikan pada frekuensi tinggi, yang menunjukkan efektivitas material dalam mengurangi getaran dan kebisingan.

1.5.7 Kebisingan Aerodinamis

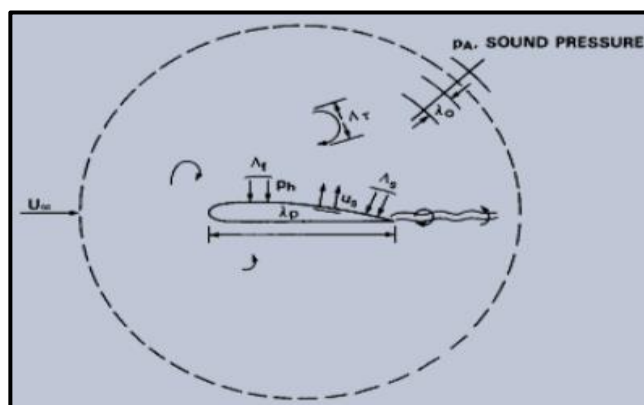
a. Kebisingan yang disebabkan oleh Aliran

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 structural dinamis, serta proses akustik ditentukan dari hukum gerak (Puabdillah, 2017).

b. 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 1 mengilustrasikan contoh, yang menunjukkan parameter pembangkitan kebisingan dari permukaan pengangkat yang melewati arus *unsteady* (PUABDILLAH, 2017).



Gambar 1. Ilustrasi dari *body* pembangkitan kebisingan dari permukaan pengangkat yang melewati arus *unsteady*
(Sumber: Blake, 1986).

Ketidakstabilan arus terdiri dari turbulensi aliran bebas dari ukuran rata-rata vortex Λ_t , turbulensi *boundary layer* dihasilkan pada *body* dan panjangnya

skalanya A_r , pemisahan aliran didekat *trailing edge* dan gangguan tambahan di bangun dengan ukuran rata-rata A_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 λ_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 (Puabdillah, 2017).

1.5.8 Aluminium Sandiwch Foam

Metal foam dapat diproduksi dalam berbagai bentuk mulai dari produk datar sederhana hingga komponen yang bentuknya hampir berubah-ubah. Tergantung pada proses pembuatan yang digunakan, komponen berbusa memperlihatkan kulit luar yang tertutup ketika diperluas di dalam cetakan atau jika busa harus dipotong sesuai ukuran memperlihatkan pori-pori yang terbuka sebagian. Busa pembatas kulit alami komponen meningkatkan kekuatan kompresi secara signifikan, namun mungkin terlalu tipis untuk menyegel busa secara efektif atau memberikan stabilitas mekanis yang cukup. Desain *sandiwch* yang tepat berdasarkan lembaran muka yang padat dapat mengoptimalkan sifat kompresi, tegangan, torsi, atau lentur dengan lebih efisien (Banhart & Seeliger, 2008).

Rumus ini digunakan untuk mengukur transfer impedansi antara sumber kebisingan dan struktur *floor* kereta. Transfer impedansi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Z_{12} = \frac{P_1}{U_2} \quad (8)$$

Keterangan:

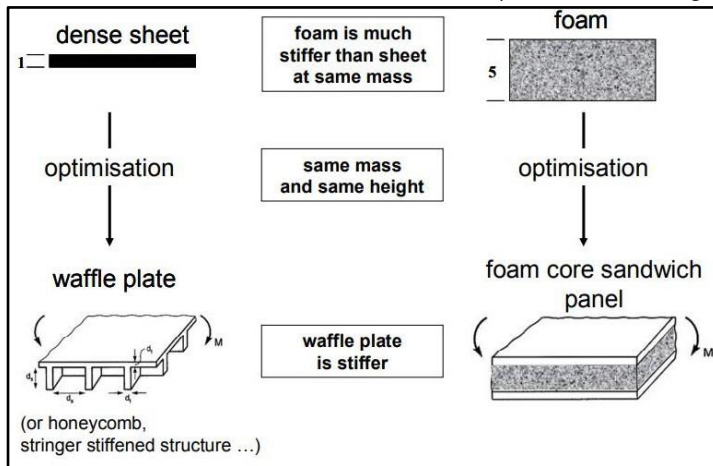
Z_{12} = transfer impedansi (N/m³),

P_1 = daya suara yang dihasilkan oleh sumber kebisingan (Watt),

U_2 = kecepatan partikel akibat gelombang suara di dalam medium (m/s).

Manfaat penggunaan panel *sandiwch* menjadi jelas dari Gambar 2. Lembaran aluminium padat biasa memiliki kekakuan S yang ditentukan oleh ketebalannya " d " dan *modulus Young* E : $S \propto E \times d^3$. Memperluas lembaran ini hingga ketinggian nd tidak akan mengubah massanya tetapi *modulus Young* akan turun menjadi $1/\eta^2$, karena $E \propto d^{-2}$, menurut eksperimen. Oleh karena itu, S sebanding dengan faktor ekspansi η . Dengan demikian, rasio kekakuan terhadap massa busa lebih tinggi dibandingkan dengan bahan padat yang bersangkutan yaitu sebuah alasan mengapa busa merupakan bahan yang baik untuk konstruksi ringan. Optimalisasi distribusi massa lembaran bidang pada massa konstan akan menghasilkan struktur seperti pelat wafel yang ditunjukkan pada gambar 2 yang memiliki kekakuan jauh lebih tinggi. Di sisi lain, busa kosong juga dapat diperbaiki dengan menggabungkannya dengan lembaran muka dan perbandingan yang lebih bermakna adalah antara struktur yang dioptimalkan seperti sarang lebah atau pelat wafel di satu sisi dan panel *sandiwch* inti

busa di sisi lain. Kali ini struktur biasa yang direkayasa di sebelah kiri lebih kaku dibandingkan busa tidak beraturan di sebelah kanan (Banhart & Seeliger, 2008).

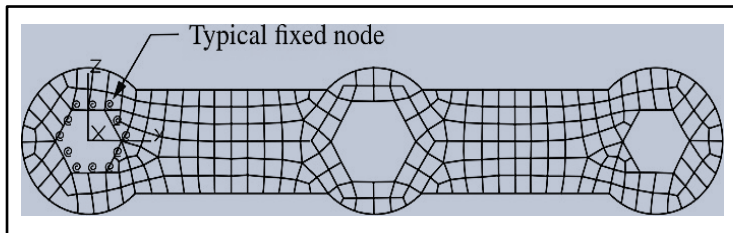


Gambar 2. Optimalisasi lembaran dan busa
(Sumber: Banhart & Seeliger, 2008)

Dalam praktiknya, pemilihan material tidak semata-mata berpedoman pada argumen kekakuan. Aspek lain yang juga penting seperti, kemampuan menghasilkan bentuk 3D, biaya, batas elastis, modulus kegagalan, toleransi kerusakan, teknologi penyambungan yang tersedia, perilaku redaman, dan sifat lainnya. Mempertimbangkan semua aspek ini, kita telah menemukan penerapan nyata untuk AFS (*Aluminium Sandwich Foam*). Industri otomotif pertama kali mengambil teknologi ini ketika pembuat mobil Jerman Karmann memperkenalkan mobil konsep berbasis AFS pada tahun 1996 (Banhart & Seeliger, 2008).

1.5.9 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan metode numerik untuk menyelesaikan permasalahan fisika teknik dan matematika. Bidang masalah umum yang diminati dalam bidang teknik dan fisika matematika yang dapat diselesaikan dengan menggunakan metode elemen hingga meliputi analisis struktur, perpindahan panas, aliran fluida, transportasi massa, dan potensial elektromagnetik.



Gambar 3. Model dua dimensi kunci pas sepeda terdiskritisasi
(sumber: Logan, 2022)

Metode elemen hingga melibatkan pemodelan struktur menggunakan elemen kecil yang saling berhubungan yang disebut *finite elements*. Fungsi perpindahan

dikaitkan dengan setiap elemen hingga. Setiap elemen yang saling berhubungan dihubungkan, secara langsung atau tidak langsung, ke setiap elemen lainnya melalui antarmuka umum, termasuk *node* dan/atau garis batas dan/atau permukaan. Dengan menggunakan sifat tegangan/regangan yang diketahui untuk material penyusun struktur, seseorang dapat menentukan perilaku suatu simpul tertentu dalam kaitannya dengan sifat-sifat setiap elemen lain dalam struktur.

Hubungan *strain/displacement* dan *stress/strain* diperlukan untuk menurunkan persamaan setiap elemen hingga. Dalam kasus deformasi satu dimensi, katakanlah, dalam arah x , kita mempunyai regangan ε_x yang berhubungan dengan perpindahan u sebesar:

$$\varepsilon_x = \frac{du}{dx} \quad (9)$$

Untuk regangan kecil. Selain itu, tegangan harus dihubungkan dengan regangan melalui hukum tegangan/regangan umumnya disebut hukum konstitutif. Kemampuan untuk mendefinisikan perilaku material secara akurat adalah hal yang paling penting dalam memperoleh hasil yang dapat diterima. Hukum tegangan/regangan yang paling sederhana, hukum Hooke, yang sering digunakan dalam analisis tegangan, diberikan oleh:

$$\sigma_x = E\varepsilon_x \quad (10)$$

Keterangan:

σ_x = Tegangan pada arah x

E = Modulus elastisitas

Metode elemen hingga yang digunakan untuk rangka ini memungkinkan perancang/analisis dengan cepat mendapatkan perpindahan dan tegangan pada menara untuk kasus beban tertentu, seperti yang disyaratkan oleh peraturan desain. Sebelum pengembangan metode elemen hingga dan komputer, masalah yang relatif sederhana ini pun memerlukan waktu berjam-jam untuk diselesaikan.

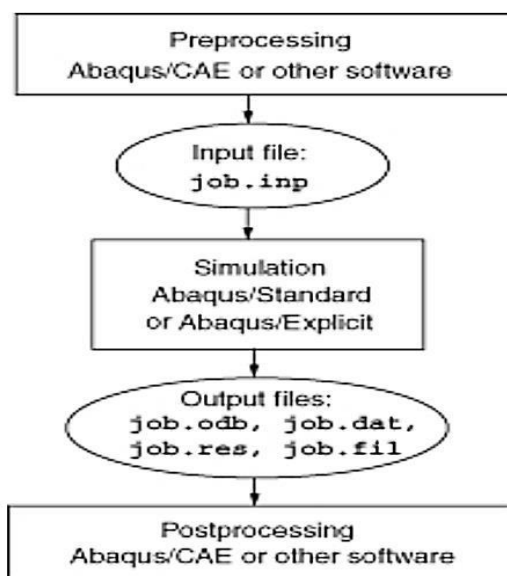
Metode elemen hingga telah diterapkan pada berbagai permasalahan, baik struktural maupun nonstruktural. Metode ini memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan metode perkiraan konvensional, seperti yang disajikan pada mata kuliah tradisional mekanika material dan perpindahan panas, serta untuk pemodelan dan penentuan besaran fisis, seperti perpindahan, tegangan, suhu, tekanan, dan arus listrik yang dihasilkan. Itu sangat populer. Ini termasuk kemampuan untuk pemodelan *bodies* yang bentuknya tidak beraturan dengan cukup mudah, menangani kondisi beban umum tanpa kesulitan, menangani jumlah dan jenis kondisi batas yang tidak terbatas, mengubah model elemen hingga dengan relatif mudah dan murah, hingga mampu menyertakan efek dinamis (Banhart & Seeliger, 2008)

1.5.10 Perangkat Lunak *Abaqus*

Abaqus adalah paket program simulasi rekayasa berdasarkan metode elemen hingga yang dapat memecahkan masalah mulai dari analisis linear yang relatif sederhana sampai pada simulasi nonlinier yang rumit (Leonardo Johanis, 2019).

Abaqus menawarkan berbagai kemampuan untuk simulasi aplikasi linear dan nonlinear. Masalah pada sistem dengan beberapa komponen dimodelkan dengan menghubungkan geometri dan mendefinisikan setiap komponen dengan model bahan yang tepat kemudian menentukan interaksi komponen. Untuk analisis nonlinear *Abaqus* memilih kenaikan beban dan nilai toleransi konvergensi yang sesuai secara otomatis serta kontinyu dan melakukan penyesuaian selama analisis untuk memastikan solusi yang akurat dan efisien. Analisa lengkap dengan *Abaqus* biasanya terdiri dari tiga tahap yang berbeda: *preprocessing*, *simulation*, dan *postprocessing* (Leonardo Johanis, 2019).

Ketiga tahap dihubungkan bersama oleh file-file seperti yang ditunjukkan di bawah ini:



Gambar 4. Tahapan proses analisa numerik program *Abaqus*
(Sumber: Leonardo Johanis, 2019)

Preproccesing (*Abaqus/CAE*); pada tahap ini dilakukan pemodelan masalah secara grafis menggunakan *Abaqus/CAE* atau dengan program CAD lain yang mendukung, pada dasarnya untuk pemodelan permasalahan yang sederhana pada *Abaqus* dapat dilakukan dengan *text editor* yang tersedia (Leonardo Johanis, 2019).

Simulation (*Abaqus/Standard or Abaqus/Explicit*); Tahap simulasi dimana *Abaqus* memroses komputasi numerik dibelakang layar untuk pemecahan permasalahan yang sudah didefinisikan sebelumnya. Hasil komputasi yang termasuk nilai stress dan defleksi tersimpan dalam bentuk file biner yang siap ditampilkan pada tahap

postprocessing. Lama waktu yang dibutuhkan untuk tahapan ini sangat tergantung pada kompleksitas masalah yang dianalisis serta kemampuan *hardware* komputer yang digunakan (Leonardo Johannis, 2019).

Postprocessing (*Abaqus/CAE*); setelah proses komputasi pada tahap *simulation* telah selesai hasilnya dapat ditampilkan dan dievaluasi. Evaluasi umumnya dilakukan secara interaktif menggunakan modul visualisasi *Abaqus/CAE* atau *postprocessor* lain. Modul visualisasi yang membaca *database* hasil komputasi numerik memiliki banyak variasi pilihan untuk menampilkan hasil analisis, termasuk plot kontur warna, animasi, plot deformasi bentuk dan plot pada bidang X-Y (Leonardo Johannis, 2019).

Adapun rumus yang akan digunakan yaitu rumus frekuensi eigen, modal partisipasi, dan faktor redaman untuk memahami respons vibrasi struktur *floor* kereta terhadap kebisingan:

1. Rumus Frekuensi Eigen

Untuk sistem getaran struktur linier, Frekuensi Eigen (atau frekuensi natural) f_n dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (11)$$

Keterangan:

k = kekakuan struktur (dalam N/m atau N/mm),

m = massa struktur (kg)

2. Modal Partisipasi

Modal partisipasi (ξ) adalah rasio antara getaran aktual yang dialami oleh struktur terhadap getaran maksimum yang mungkin terjadi. Rumus umumnya adalah:

$$\xi = \frac{A}{A_{max}} \quad (12)$$

Keterangan:

A = amplitudo getaran aktual,

A_{max} = amplitudo maksimum yang mungkin terjadi.

3. Faktor Redaman

Faktor redaman (ζ) adalah parameter yang mengukur kehilangan energi dalam struktur akibat gesekan dan deformasi dalam setiap siklus getaran. Rumus umumnya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\zeta = \frac{C}{2\sqrt{mk}} \quad (13)$$

Keterangan:

C = redaman dalam sistem (dalam Ns/m atau Ns/mm).

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Proses Penelitian dimulai sejak bulan Maret 2024 hingga Agustus 2024 di laboratorium *Vibration and Accoustics*, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.



Gambar 5. Tempat Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

1. Komputer/Laptop

Komputer digunakan sebagai alat untuk menjalankan software *3D design Autodesk Fusion 360*, dan untuk melakukan komputasi elemen hingga berupa simulasi pada software simulia *Abaqus Simulink*.



Gambar 6. Komputer

2. Mouse

Mouse berfungsi sebagai alat untuk menggerakkan kursor pada komputer.



Gambar 7. Mouse

2.2.2 Bahan

1. *Software Autodesk Fusion 360*

Autodesk Fusion 360 adalah program *Computer Aided Design* (CAD) dengan fitur *cloud* yang bisa digunakan untuk menggambar desain dua dimensi dan tiga dimensi. Selain itu, *Autodesk Fusion 360* juga bisa digunakan untuk simulasi, desain PCB (*Printed Circuit Board*), desain animasi, dan CNC *Machining*.



Gambar 8. *Software Autodesk Fusion 360*

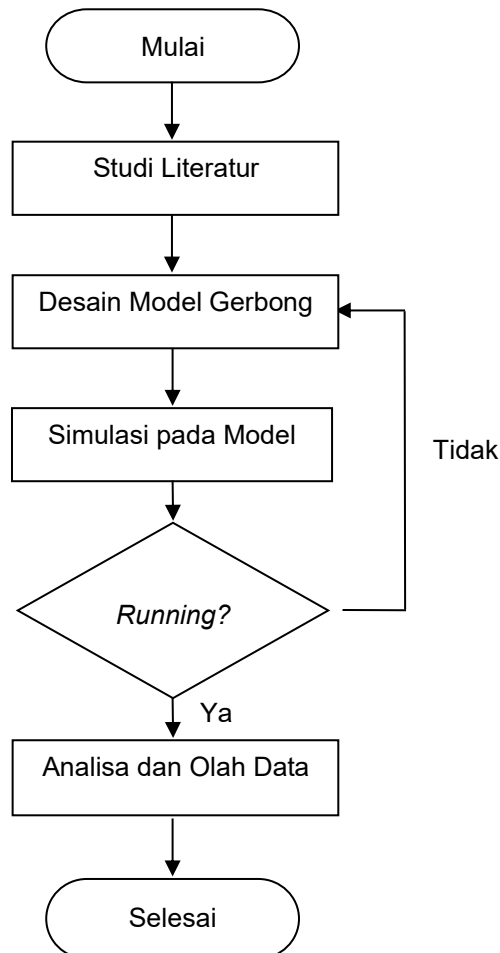
2. *Software Abaqus CAE*

Abaqus merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk *Computer Aided Engineering* (CAE). Saat ini Abaqus sering disebut Abaqus FEA karena Abaqus merupakan *software* yang digunakan untuk menganalisis suatu desain dengan menggunakan metode *Finite Element Analysis*.



Gambar 9. *Software Abaqus CAE*

2.3 Flowchart Penelitian

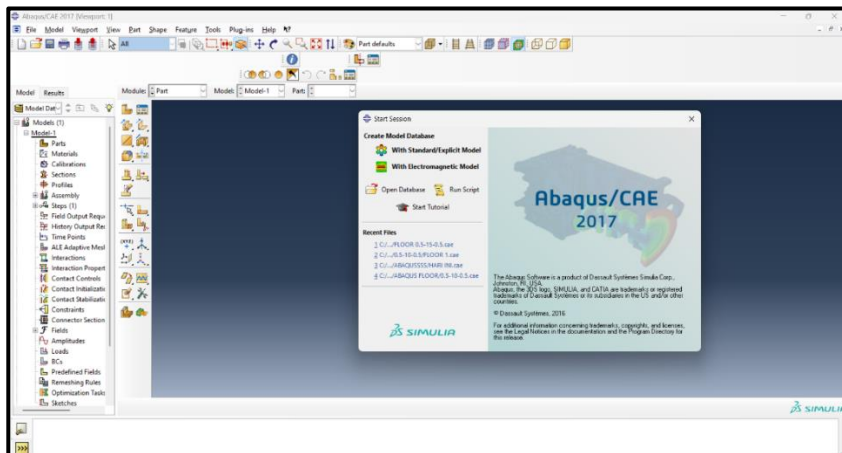


Gambar 10. Alur Proses Penelitian

2.4 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan melibatkan simulasi komputasional dengan menggunakan perangkat lunak *Abaqus* untuk menganalisis *acoustics* pada *floor* kereta cepat yang terbuat dari bahan komposit. Langkah pertama melibatkan pemodelan geometri *floor* dan pemilihan material komposit yang sesuai. Setelah itu, sifat material dan interaksi antar komponen didefinisikan dalam perangkat lunak. Proses berikutnya mencakup simulasi *acoustics* dengan menerapkan beban akustik pada model dan menginterpretasikan hasil untuk mengidentifikasi kemungkinan sumber kebisingan serta memberikan rekomendasi untuk mengurangi kebisingan. Metode elemen hingga dalam *Abaqus* dipilih untuk mendapatkan analisis yang rinci dan akurat tentang distribusi *acoustics* di dalam struktur *floor* kereta cepat berbahan komposit.

2.5 Simulator



Gambar 11. Tampilan utama software Abaqus

Penelitian ini menggunakan simulator berbasis aplikasi *Abaqus*, sebuah perangkat lunak canggih yang mendukung Analisis Metode Elemen Hingga (*Finite Element Analysis*, FEA). *Abaqus* didesain untuk mendukung simulasi mulai dari analisis linear sederhana hingga analisis non-linear yang kompleks, termasuk kondisi kontak yang rumit. Hal ini memungkinkan peneliti untuk dengan akurat menetapkan kondisi material dan indenter, memastikan bahwa hasil simulasi sesuai dengan harapan awal. Keunggulan utama *Abaqus* adalah kemampuannya dalam melakukan analisis elastis dan plastis, yang memungkinkan pemodelan perubahan bentuk material baik dalam keadaan kembali ke bentuk semula setelah beban dihilangkan maupun mengalami deformasi permanen. Dengan menggunakan perangkat lunak ini, peneliti dapat mengatur semua kondisi material dan indenter sehingga reaksi dari pemodelan sesuai dengan kondisi awalnya secara akurat, memberikan dasar kuat untuk studi perilaku material di bawah beban tertentu.

2.6 Karakteristik Material

1. Aluminium 6061 T6

Tabel 1. Mekanika Properti Aluminium 6061 T6

<i>Properties</i>	
<i>Density</i>	2,7 g/cm ³
<i>Ultimate tensile strength</i>	310 MPa
<i>Modulus of Elasticity</i>	68,9 GPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0,33
<i>Shear Modulus</i>	26 GPa
<i>Shear Strength</i>	207 MPa

(Sumber: Ardiansyah, 2019).

2. Aluminium Foam

Tabel 2. Mekanika Properti Aluminium Foam

<i>Properties</i>		
Kekuatan Kompresi	367 psi	2.53 MPa
Kekuatan tarik	180 psi	2.53 MPa
Kekuatan geser	190 psi	1.24 MPa
Modulus Elastis (Tekanan)	15 x 10 ³ psi	1.31 MPa
Modulus Elastis (Tegangan)	14.6 x 10 ³ psi	103.08 MPa
Modulus Geser	2.9 x 10 ⁴ psi	101.84 MPa
Nilai Piramida Vicker	35 HV	
Panas Spesifik	214 BTU/lb-°F	895J/g-C
Konduktivitas Termal Massal	3.4 BTU/ft-hr-F	5.8 W/m-C
Koefisien Ekspansi Termal (0 - 100 °C)	13.1 x 10 ⁻⁶ in/in-°F	23.58 x 10 ⁻⁶ m/m – C
Resistivitas Massal	2.84 x 10 ⁻⁵ ohm - in	7.2 x 10 ⁻⁵ ohm-cm
Titik Lebur	1220°F	660°C

(Sumber: Firstiawaty, 2022).

2.7 Spesifikasi Floor

Penelitian ini menggunakan model komputasional untuk menganalisis *floor* (lantai) kereta cepat dengan dimensi panjang 2991 mm dan lebar 1915 mm. *Floor* tersebut didesain sebagai material komposit *sandwich*, yang terdiri dari lapisan luar (*skin*) dari aluminium 6061-T6 dan inti (*core*) berupa aluminium foam. Penelitian ini mengevaluasi beberapa variasi ketebalan pada *skin* dan *core* untuk memahami pengaruhnya terhadap performa struktur lantai.

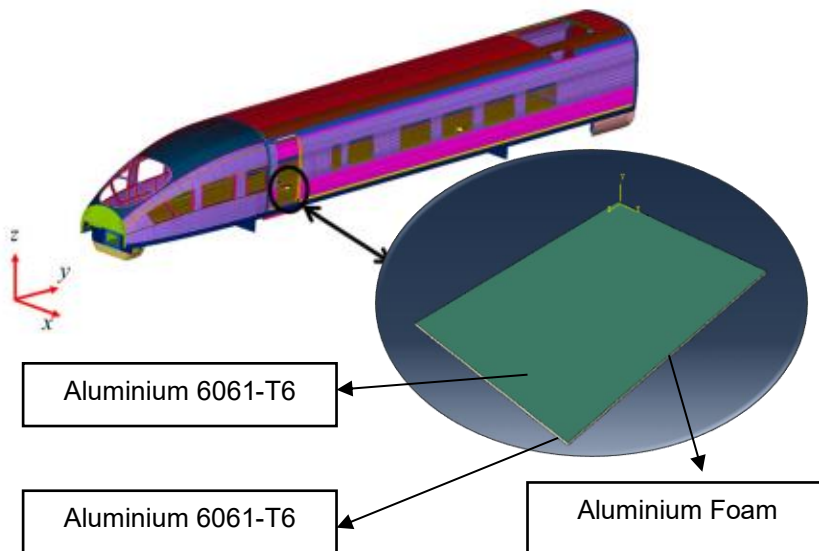
Variasi pertama menggunakan *skin* dengan ketebalan 0,5 mm dan *core* setebal 10 mm. Pada variasi kedua, ketebalan *skin* ditingkatkan menjadi 1 mm, sementara ketebalan *core* tetap 10 mm. Variasi ketiga menggunakan *skin* dengan ketebalan 0,5 mm dan *core* 15 mm, dan variasi keempat menggunakan *skin* dengan ketebalan 0,5 mm dengan *core* yang lebih tebal, yaitu 19 mm.

Variasi-variasi ini dirancang untuk menganalisis respons akustik dari struktur lantai, dengan tujuan menemukan konfigurasi material yang paling efektif dalam meredam suara dan getaran. Hal ini penting untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan penumpang saat diterapkan pada kereta cepat, khususnya dalam hal mengurangi kebisingan dan getaran yang ditransmisikan melalui lantai kereta.

Tabel 3. Spesifikasi *Floor* Kereta Cepat

No	Kereta Cepat Tipe CR400AF	Dimensi
1	Panjang	1915 mm
2	Lebar	2991 mm

(Sumber: You et al., 2022)



Gambar 12. Ilustrasi Lantai kereta cepat
(Sumber: You et al., 2022)

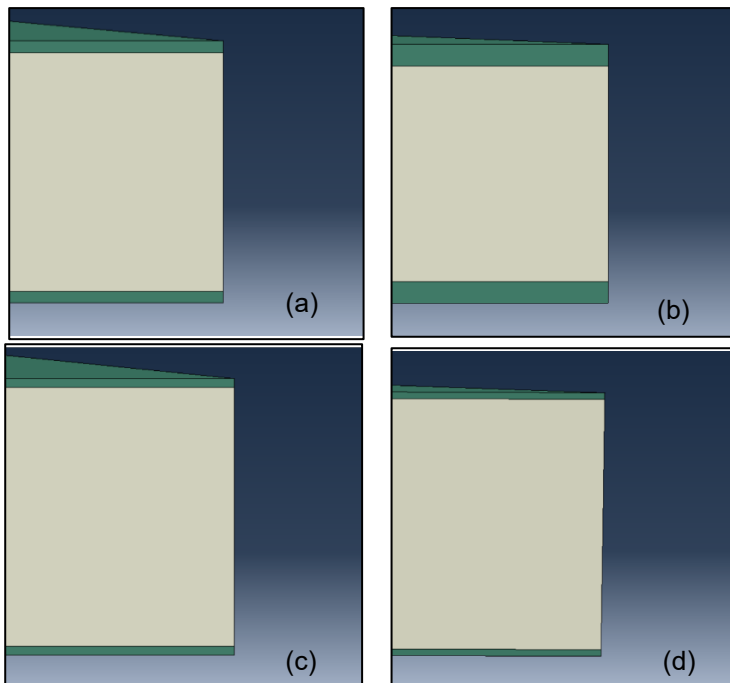
2.8 Konfigurasi *Floor*

Konfigurasi dilakukan sebagai bahan perbandingan antara penggunaan aluminium 6061-T6 dan *sandwich aluminium foam* terhadap penyerapan energi saat proses landing berlangsung.

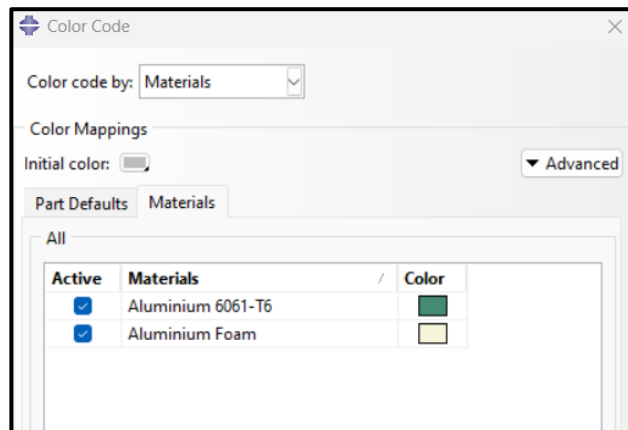
Perbandingan antara material aluminium 6061-T6 dan *sandwich aluminium foam* dibuat dengan selisih ketebalan yang menyerupai satu antar yang lain, agar dapat dibuat kesimpulan berdasarkan data tegangan yang didapatkan dari hasil pengujian simulasi pada software Abaqus CAE.

Tabel 4. Konfigurasi desain *Floor*

Konfigurasi	Material	Ketebalan Al (mm)	Ketebalan Foam (mm)
1	Aluminium 6061 T6	0.5	10
2		1	10
3	Sandwich Alumnium Foam	0.5	15
4		0.5	19



Gambar 13. Desain *Floor* (a) Konfigurasi 1 (b) konfigurasi 2 (c) konfigurasi 3 (d) konfigurasi 4



Gambar 14. Color Code

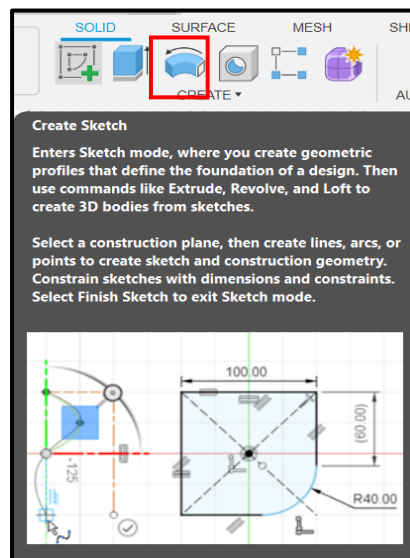
2.9 Prosedur Pembuatan Model

Model simulasi berdasarkan desain Lantai Kereta Cepat pada jurnal dibuat melalui beberapa serangkaian tahapan menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 untuk pembuatan model, serta *Abaqus* CAE sebagai alat simulasi. Tahap-tahapnya meliputi proses perancangan model dan pengujian simulasi untuk memastikan kinerja dan keandalan Kereta Cepat.

2.9.1 Pemodelan Lantai Kereta Cepat menggunakan Fusion 360

a. Sketch

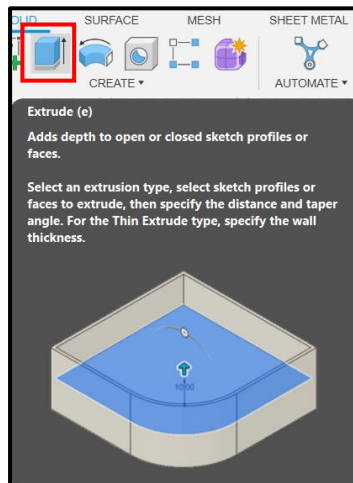
Membuat sketsa, mode ini merupakan tempat untuk membuat profil geometris yang menentukan fondasi desain. Kemudian dengan menggunakan perintah seperti *extrude* dan *fillet* untuk membuat model 3d dari sketsa.



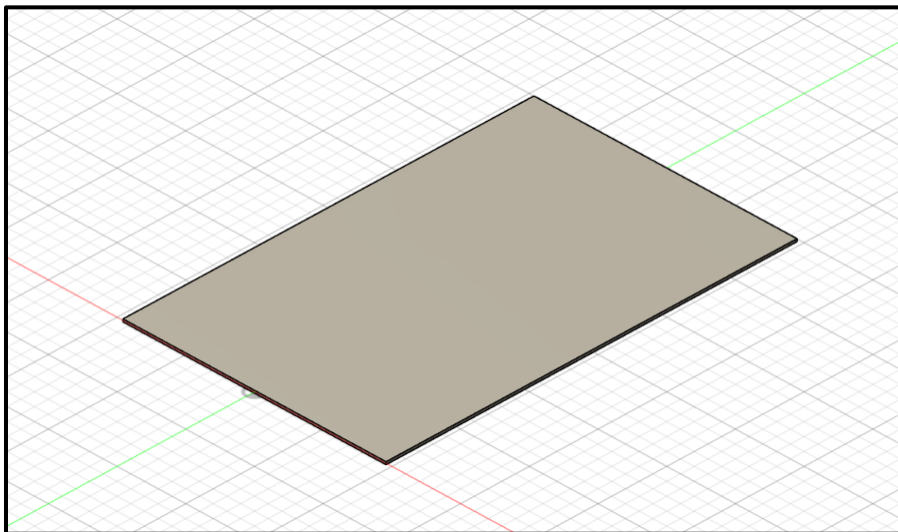
Gambar 15. Mode Sketch

b. *Extrude*

Extrude adalah sebuah fungsi dasar untuk mengubah bentuk dua dimensi (2D) menjadi objek tiga dimensi (3D) dengan menarik bentuk tersebut sepanjang sumbu tertentu, sehingga menambah volume dan menciptakan bentuk 3D.



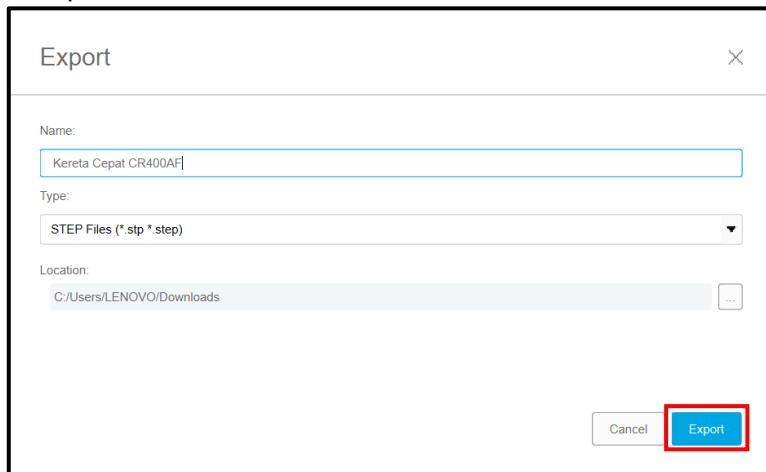
Gambar 16. Fitur *Extrude*



Gambar 17. Desain *Floor* Kereta Cepat

c. *Export*

Menu ini membolehkan *user* untuk melakukan *export file* dengan ekstensi yang diinginkan agar desain tetap dapat diakses atau dimodifikasi melalui aplikasi *Abaqus*.



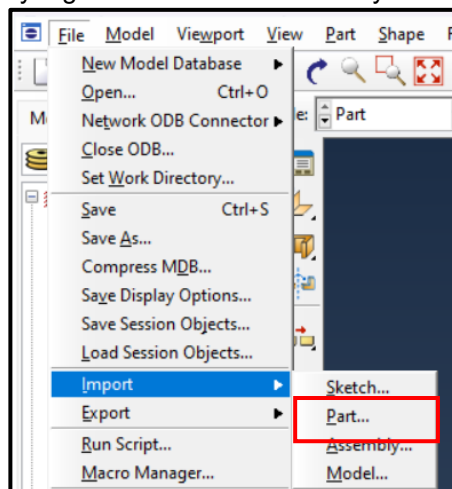
Gambar 18. Menu *Export*

2.9.2 Simulasi *FLOOR* Menggunakan Software *Abaqus*

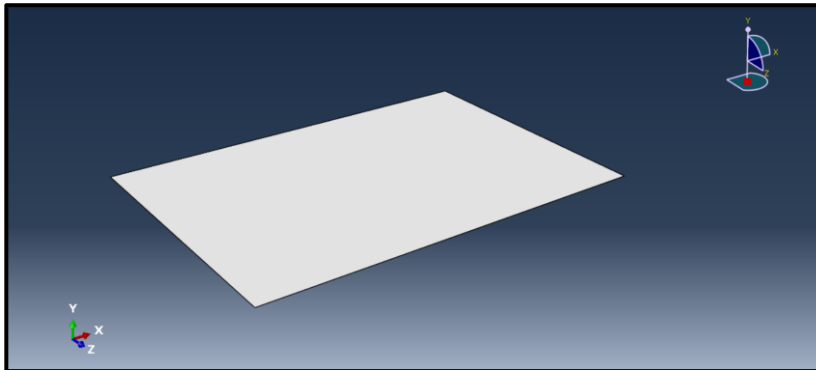
Dengan menggunakan aplikasi simulasi *Abaqus* CAE, terdapat beberapa *adjustment* dalam proses pengambilan data yaitu:

a. *Import*

Mengimpor model yang telah didesain sebelumnya di fusion 360



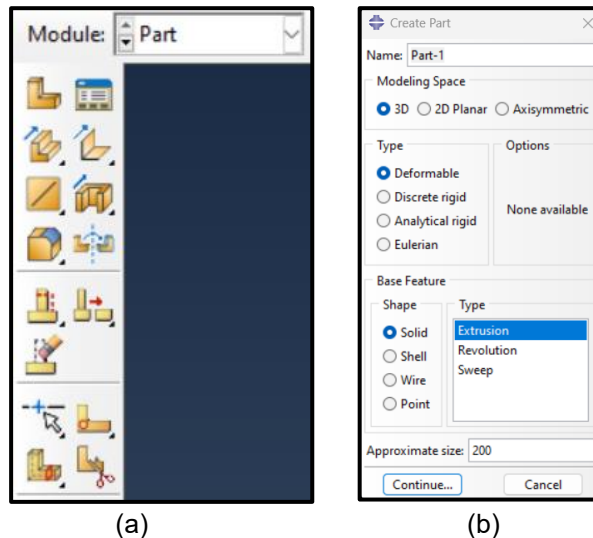
Gambar 19. Menu *Import*



Gambar 20. Floor Part

b. Part

Modul *part* untuk membuat, mengedit, dan mengelola bagian dalam model saat ini. Lalu, pilih “*create part*”. Pemodelan *float pada create part* dikategorikan sebagai 3D *deformable*.



Gambar 21. (a) Create Part, (b) Floort Model Part

c. Penentuan material

Pada percobaan ini menggunakan material aluminium. Material yang ditentukan pada simulasi metode elemen hingga ini kemudian dikonfigurasi pada part yang telah dibuat sebelumnya sesuai dengan spesifikasi.

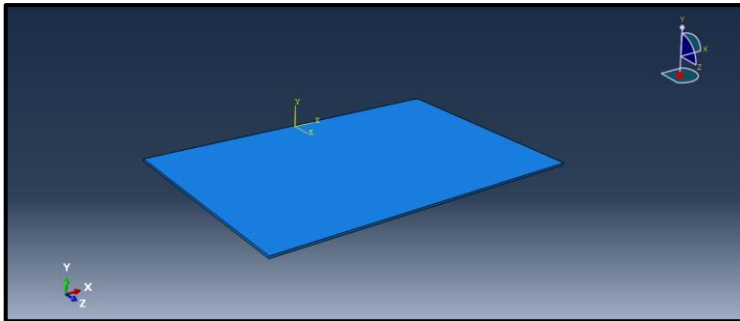
Adapun tahapan pada *Abaqus* CAE yaitu:

1. *General* → *density* → *mass density*, massa jenis disesuaikan dengan karakteristik model.
2. *Other* → *Acoustic Medium* → *Bulk Modulus* → dikonfigurasi dari karakteristik model.

d. *Assembly*

Tahapan pada *Abaqus* CAE untuk *proses assembly* ini dilakukan sebagai berikut:

Module: assembly →  klik dua kali pada *opsi Instances* → Pilih semua *part* yang telah dibuat → Gabung seluruh *part* dengan *Translate Instance*.

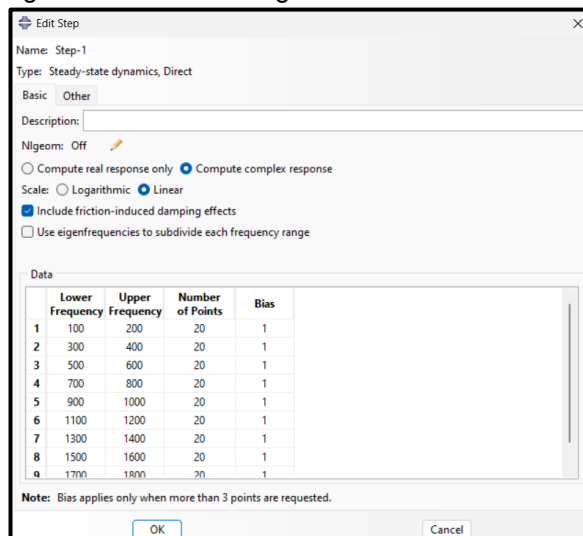


Gambar 22. *Part-part* yang sudah di gabungkan

e. *Step*

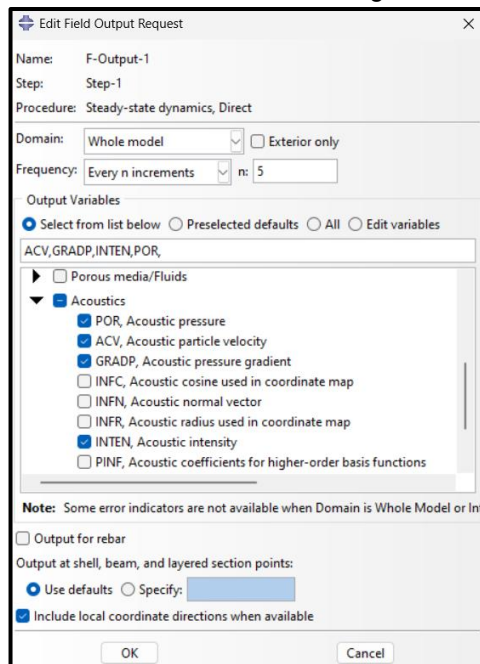
Tahapan selanjutnya yang dilakukan pada *Abaqus* CAE yaitu menentukan step dan output yang akan diperoleh dari hasil simulasi dengan melakukan beberapa hal berikut:

- 1) *Module: Step* →  →  *Create Step* → *Steady-State Dynamics, Direct* → Konfigurasikan sesuai dengan Gambar 23.



Gambar 23. Menu step

2) Module: Step →  → Create Field → Konfigurasi sesuai dengan 24.

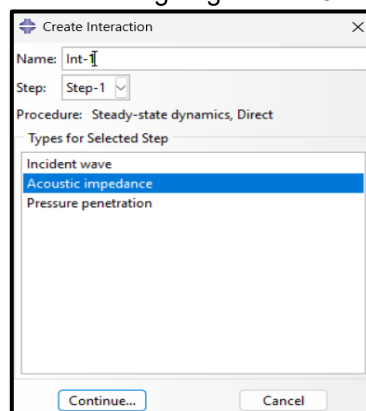


Gambar 24. Menu *Field Output*

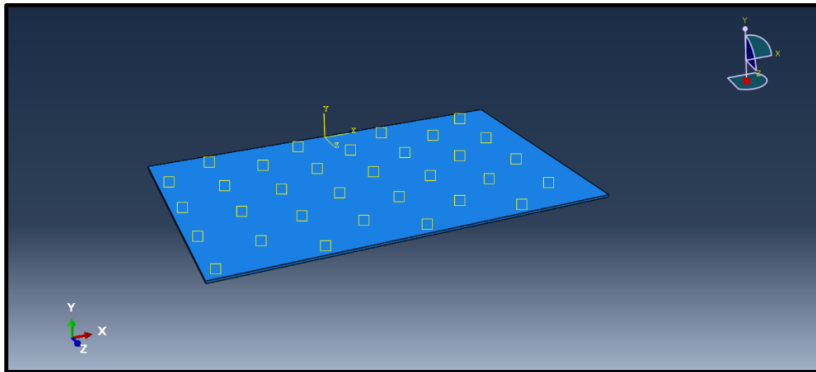
f. *Interaction*

Pada tahap ini kita akan membuat Interaksi *Impedance* untuk permukaan *Floor* bagian atas dan membuat interaksi *Type Tie* antar *Part* dengan langkah sebagai berikut:

1) Module: Interaction →  → Type, *Acoustic Impedance*.
Konfigurasi sesuai dengan gambar 25

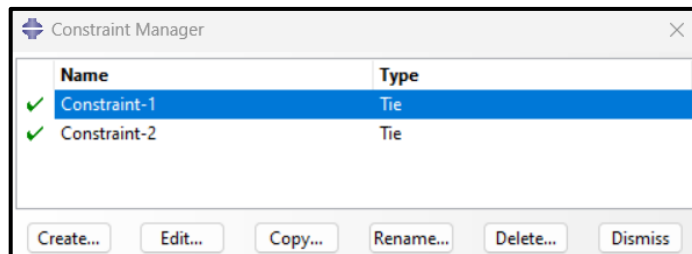


Gambar 25. *Create Interaction*

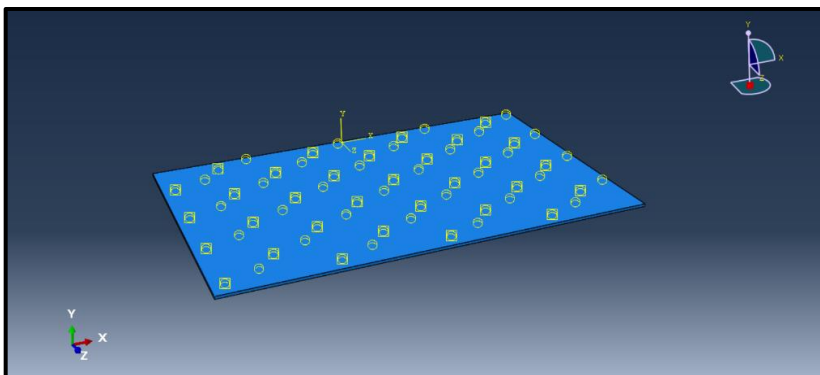


Gambar 26. *Interaction Acoustic Impedance*

2) Module: Interaction →  → Type, Tie. Konfigurasi sesuai gambar 28.



Gambar 27. *Create Interaction, Type Tie*

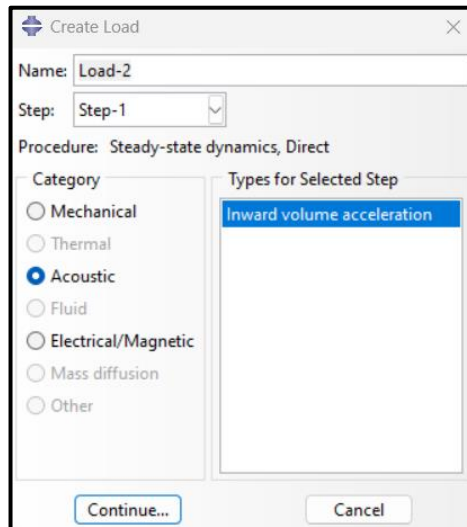


Gambar 28. *Tie interaction*

g. *Load*

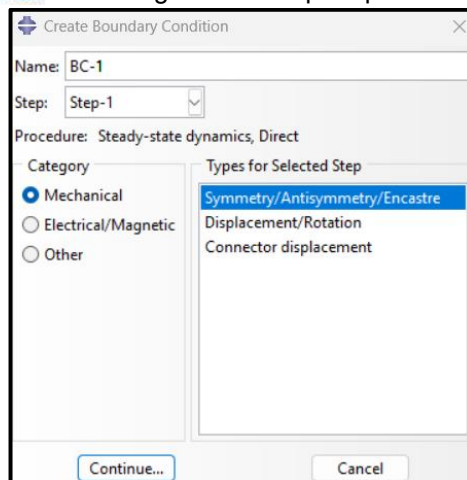
Pada tahap ini kita akan memberikan beberapa beban yang akan digunakan pada part dengan langkah berikut:

Module: Load -  → Konfigurasi seperti pada Gambar 29.

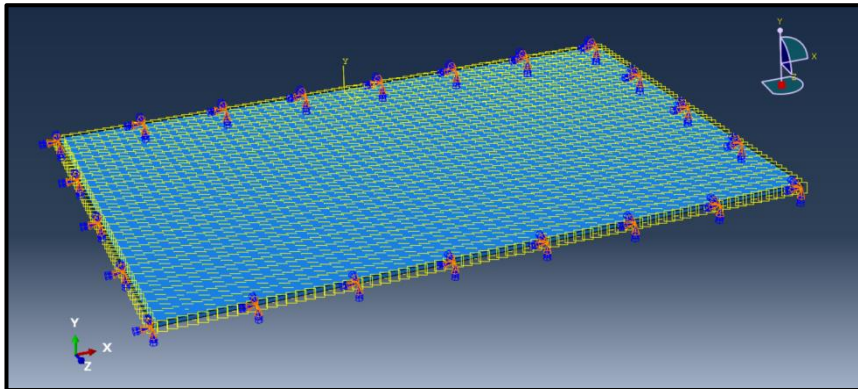


Gambar 29. Menu Create Load

Module: Load →  → Konfigurasi seperti pada Gambar 31.



Gambar 30. Menu Create Boundary Condition



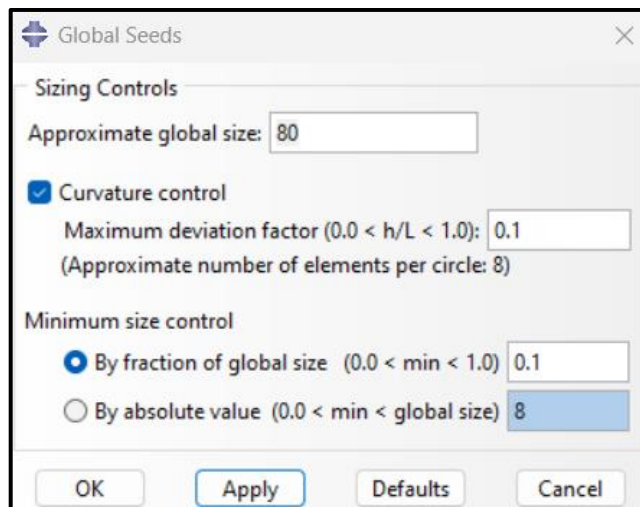
Gambar 31. *Floor Load dan Boundary Condition*

h. *Meshing*

Tahapan selanjutnya yang perlu dilakukan yaitu membuat *mesh* atau biasa juga dikenal dengan istilah *meshing* pada semua part dalam simulasi.

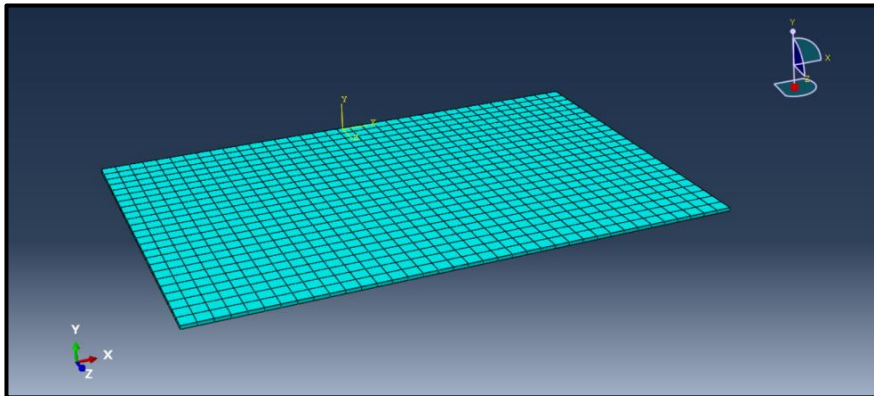
Pada tahap ini *part* akan dibuatkan *mesh* untuk mendiskritisasi geometri menjadi representasi elemen hingga dengan beberapa tahap sebagai berikut:

Module: Mesh →  → *Approximate global size: 80*.



Gambar 32. *Floor global seeds*

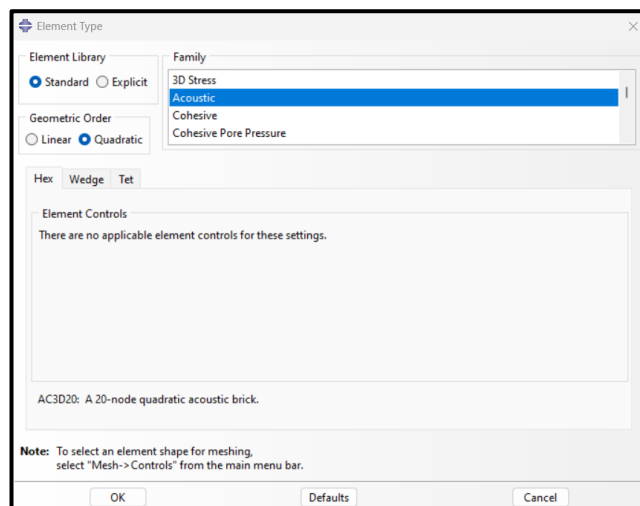
Module: Mesh —  → Ok.



Gambar 33. Floor Mesh

i. *Element Type*

Element yang akan yang akan diterapkan yaitu *Acoustic* dan *Geometric Order type Quadratic* yang akan dipasangkan pada semua part yang ada.

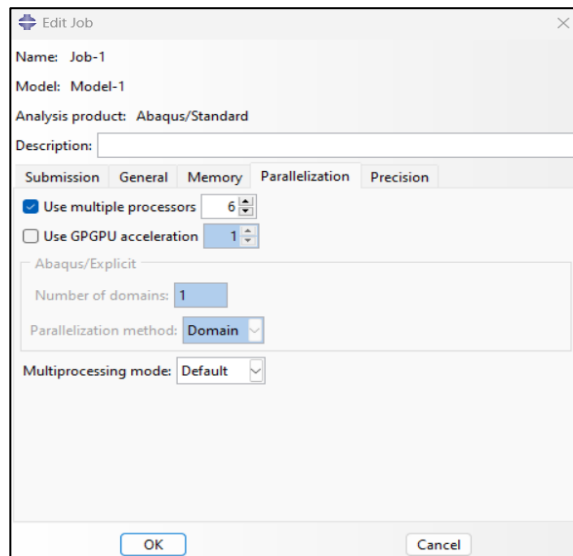


Gambar 34. Element Type

j. *Job*

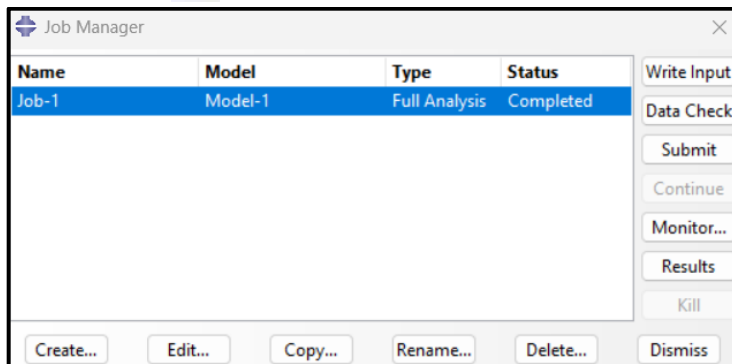
Tahapan selanjutnya yang dilakukan pada *Abaqus* CAE yaitu menentukan output yang akan diperoleh dari hasil simulasi dengan melakukan beberapa hal berikut:

- 1) *Module: Job* →  → *Parallelization* → *Use multiple processors: 6* → Ok.



Gambar 35. Job parallelization

2) *Module: Job* →  → Pilih *job* yang ingin dijalankan → *Submit* → *Result*.



Gambar 36. Job manager

