

SKRIPSI

**STRATEGI PENINGKATAN PERFORMA AKUSTIK PADA
MASJID IKHTIAR KAMPUS UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh:

**AHMAD ALTAMIS AFHAM
D0512 01 033**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

“Strategi Peningkatan Performa Akustik pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin”

Disusun dan diajukan oleh

Ahmad Altamis Afham
D051201033

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 31 Juli 2024

UNIVERSITAS HASANUDDIN
Menyetujui

Pembimbing I



Dr. Eng. Hj. Asniawaty, ST., MT
NIP. 19710925 199903 2 001

Pembimbing II



Ir. Muhammad Taufik Ishak, MT
NIP. 19600119 198903 1 002

Mengetahui



Dr. Ir. H. Edward Syarif, ST., MT.
NIP. 19690612 199802 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Ahmad Altamis Afham

NIM : D051201033

Program Studi : Arsitektur

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Strategi Peningkatan Performa Akustik pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 12 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Ahmad Altamis Afham

ABSTRAK

AHMAD ALTAMIS AFHAM. *Strategi Peningkatan Performa Akustik pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin* (dibimbing oleh Asniawaty dan Taufik Ishak)

Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin merupakan tempat ibadah yang penting bagi umat Islam, namun masjid ini memiliki masalah akustik, seperti suara penceramah atau imam yang terdengar bergema dan tidak jelas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab dan menerapkan solusi dalam meningkatkan performa akustik, sehingga meningkatkan kualitas suara dan pengalaman jamaah selama beribadah. Penelitian ini menggunakan metode analisis pengukuran lapangan dan simulasi menggunakan *software* Rhinoceros 7 dan I-Simpa. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah koefisien absorpsi, luas material, dan penempatan pengeras suara, sedangkan variabel terikat adalah performa akustik yang diukur melalui parameter waktu dengung, distribusi tingkat tekanan bunyi, dan *clarity* (C50). Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu dengung berkisar antara 3.97 – 4.15 detik, yang tidak memenuhi standar pada 1.2 – 1.8 detik. Hal ini disebabkan oleh penggunaan material reflektif pada hampir seluruh elemen interior, yang mengakibatkan pantulan suara berlebihan. Distribusi tingkat tekanan bunyi dengan peletakan sumber suara yang tepat menunjukkan bahwa tingkat tekanan bunyi sudah merata di seluruh ruang, dengan selisih tertinggi hanya 2.4 dB. Namun, nilai *clarity* (C50) belum memenuhi nilai rekomendasi pada titik T3 hingga T10, diakibatkan oleh bentuk plafon yang miring dan reflektif, yang mengakibatkan penyebaran suara tidak merata, pantulan berlebihan, dan penumpukan suara yang mengurangi kejelasan suara. Simulasi dilakukan dengan melapisi material penyerap suara pada beberapa bagian dinding dengan rockwool dan mengganti plafon dengan 17% *perforated gypsum board* berhasil menurunkan nilai waktu dengung menjadi 1.34 – 1.64 detik dengan distribusi tingkat tekanan bunyi yang merata. Namun, nilai *clarity* (C50) pada titik T9 dan T10 masih belum memenuhi. Dengan menambah sistem pengeras suara pada lantai 3 telah memenuhi nilai *clarity* (C50) pada titik tersebut.

Kata Kunci: masjid, akustik, waktu dengung, tingkat tekanan bunyi, *clarity*

ABSTRACT

AHMAD ALTAMIS AFHAM. *Acoustic Performance Improvement Strategy at Ikhtiar Mosque, Hasanuddin University Campus (supervised by Asniawaty and Taufik Ishak)*

Ikhtiar Mosque at Hasanuddin University is an important place of worship for Muslims, but the mosque has acoustic problems, such as the voice of the preacher or imam sounding echoed and unclear. This study aims to identify the causes and implement solutions to improve acoustic performance, thereby improving sound quality and the experience of worshippers during worship. This research uses field measurement analysis and simulation methods using Rhinoceros 7 and I-Simpa software. The independent variables in this study are the absorption coefficient, material area, and loudspeaker placement, while the dependent variable is acoustic performance measured through the parameters of reverberation time, sound pressure level distribution, and clarity (C50). The results showed that the reverberation time ranged from 3.97 - 4.15 seconds, which did not meet the standard at 1.2 - 1.8 seconds. This is due to the use of reflective materials on almost all interior elements, which results in excessive sound reflection. The sound pressure level distribution with proper sound source placement shows that the sound pressure level is evenly distributed throughout the room, with the highest difference being only 2.4 dB. However, the clarity value (C50) has not met the recommended value at points T3 to T10, due to the sloping and reflective shape of the ceiling, which results in uneven sound distribution, excessive reflection, and sound accumulation that reduces sound clarity. Simulations conducted by coating sound-absorbing materials on some parts of the walls with rockwool and replacing the ceiling with 17% perforated gypsum board succeeded in reducing the reverberation time value to 1.34 - 1.64 seconds with an even distribution of sound pressure levels. However, the clarity value (C50) at points T9 and T10 is still not fulfilled. Adding a loudspeaker system on the 3rd floor has fulfilled the clarity (C50) value at that point.

Keywords: mosque, acoustic, reverberation time, sound pressure level, clarity

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
KATA PENGANTAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Bunyi / Suara.....	5
2.2 Akustik	11
2.3 Masjid.....	16
2.4 Simulasi dalam Penelitian	18
2.5 Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Lokasi Penelitian.....	23
3.2 Waktu Penelitian	24
3.3 Instrumen Penelitian	24
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	25
3.5 Metode Pengukuran Data	26
3.6 Metode Analisis Data	27
3.7 Variabel Penelitian	30
3.8 Kerangka Alur Penelitian.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian	32
4.2 Hasil Pengukuran Lapangan	35
4.3 Hasil Analisis dan Rekomendasi Perbaikan.....	38
4.4 Visualisasi Hasil Desain.....	52
BAB V KESIMPULAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Batas-batas bunyi yang dapat didengar oleh manusia, Sumber: (Sutanto, 2015).....	5
Gambar 2. Cakupan frekuensi dari pembicaraan manusia dan bunyi musik, Sumber: (Sutanto, 2015)	5
Gambar 3. <i>Sound level meter analog</i> (kiri) dan <i>sound level meter digital</i> (kanan), Sumber: (https://generaltools.com).....	6
Gambar 4. Peristiwa terjadinya refleksi, absorpsi, dan transmisi, Sumber: (Sutanto, 2015).....	7
Gambar 5. Pola refleksi: a. Specular (langsung), b. Spread (menyebar), c. Diffuse (baur), d. Compound (kombinasi), Sumber: (Sutanto, 2015).....	7
Gambar 6. Refleksi suara yang terjadi pada bidang datar, Sumber: (Sutanto, 2015).....	8
Gambar 7. Refleksi suara yang terjadi pada bidang miring, Sumber: (Sutanto, 2015).....	8
Gambar 8. Pemantulan suara langsung pada permukaan datar, Sumber: (Sutanto, 2015).....	8
Gambar 9. Pemantulan suara langsung pada permukaan cekung, Sumber: (Sutanto, 2015).....	9
Gambar 10. Pemantulan suara langsung pada permukaan cembung, Sumber: (Sutanto, 2015).....	9
Gambar 11. Ilustrasi terjadinya refraksi suara, Sumber: (Sutanto, 2015).....	10
Gambar 12. Ilustrasi terjadinya difusi suara, Sumber: (Sutanto, 2015).....	10
Gambar 13. Ilustrasi terjadinya difraksi suara, Sumber: (Sutanto, 2015).....	11
Gambar 14. Suara terpantul dari dinding belakang yang menciptakan gema, Sumber: (Sutanto, 2015)	14
Gambar 15. Pemantulan berkepanjangan dapat terjadi akibat timbulnya perbedaan waktu penerima suara, Sumber: (Sutanto, 2015).....	14
Gambar 16. Pemusatan bunyi akibat permukaan berbentuk cekung, Sumber: (Sutanto, 2015).....	15
Gambar 17. Kolom-kolom yang berpotensi menciptakan bayangan bunyi, Sumber: (Sutanto, 2015)	15
Gambar 18. Koefisien serap suara pada beberapa bahan, Sumber: (Doelle, 1985).....	16
Gambar 19. Simulasi akustik menggunakan I-Simpa, Sumber: (https://i-simpa-wiki.readthedocs.io/)	20
Gambar 20. Lokasi Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin, Sumber: (Google Earth).....	23
Gambar 21. Eksterior dan interior Masjid Kampus Universitas Hasanuddin.....	24
Gambar 22. Instrumen penelitian, diurutkan dari kiri meteran laser, <i>sound level meter</i> , <i>tripod microphone</i> , dan balon.....	24
Gambar 23. Letak titik pengukuran pada lantai 2 dan 3	27
Gambar 24. Pengaturan jenis permukaan.....	28
Gambar 25. Pengaturan properti material permukaan	28
Gambar 26. Pengaturan sumber suara.....	29

Gambar 27. Pengaturan penerima permukaan	29
Gambar 28. Pengaturan penerima suara.....	29
Gambar 29. Diagram kerangka alur penelitian	31
Gambar 30. Denah lantai 1, lantai 2, lantai 3, dan atap	33
Gambar 31. Tampak depan, samping kanan, dan samping kiri	33
Gambar 32. Speaker TOA F-1300WT yang digunakan pada ruang salat Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin	35
Gambar 33. Letak speaker pada denah	35
Gambar 34. Grafik data RT pengukuran langsung	36
Gambar 35. Grafik data RT simulasi I-Simpa	36
Gambar 36. Grafik data selisih SPL kondisi eksisting.....	37
Gambar 37. Grafik data C50 hasil pengukuran simulasi eksisting.....	37
Gambar 38. Model simulasi alternatif 1 pada simulasi I-Simpa.....	40
Gambar 39. Grafik data hasil simulasi RT alternatif 1	40
Gambar 40. Grafik data hasil simulasi selisih SPL alternatif 1	41
Gambar 41. Grafik data hasil simulasi C50 frekuensi 500 Hz alternatif 1	42
Gambar 42. Model simulasi alternatif 2 pada simulasi I-Simpa.....	43
Gambar 43. Grafik data hasil simulasi RT alternatif 2	43
Gambar 44. Grafik data hasil simulasi selisih SPL alternatif 2	43
Gambar 45. Grafik data hasil simulasi C50 frekuensi 500 Hz alternatif 2	44
Gambar 46. Model simulasi alternatif 3 pada simulasi I-Simpa.....	45
Gambar 47. Grafik data hasil simulasi RT alternatif 3	45
Gambar 48. Grafik data hasil simulasi selisih SPL alternatif 3	46
Gambar 49. Grafik data hasil simulasi C50 frekuensi 500 Hz alternatif 3	46
Gambar 50. Model simulasi alternatif 4 pada simulasi I-Simpa.....	47
Gambar 51. Grafik data hasil simulasi RT alternatif 4	47
Gambar 52. Grafik data hasil simulasi selisih SPL alternatif 4	48
Gambar 53. Grafik data hasil simulasi C50 frekuensi 500 Hz alternatif 4	48
Gambar 54. Grafik data hasil simulasi RT pada setiap alternatif	49
Gambar 55. Grafik data hasil simulasi selisih SPL pada setiap alternatif	50
Gambar 56. Grafik data hasil simulasi C50 frekuensi 500 Hz pada setiap alternatif	50
Gambar 57. Letak penambahan penguat suara pada lantai 3	51
Gambar 58. Grafik data hasil simulasi C50 alternatif 4 setelah penambahan penguat suara	51
Gambar 59. Grafik data hasil simulasi SPL alternatif 4 setelah penambahan penguat suara	52
Gambar 60. Isometri, tampak dan potongan rockwool 2 inci.....	53
Gambar 61. Isometri, tampak dan potongan plafon.....	53
Gambar 62. Visualisasi hasil desain.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar tingkat bunyi dan waktu dengung yang dianjurkan	18
Tabel 2. Penelitian terdahulu.....	20
Tabel 3. Daftar ruang pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin	32
Tabel 4. Jenis material dan koefisien serap bunyi pada ruang salat Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin.....	34
Tabel 5. Luas dan koefisien serap material pada setiap alternatif.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi pada saat observasi lapangan.....	59
Lampiran 2. Dokumentasi pada saat pengukuran langsung.....	60
Lampiran 3. Data hasil pengukuran dan simulasi kondisi eksisting.....	61
Lampiran 4. Data hasil simulasi alternatif 1	62
Lampiran 5. Data hasil simulasi alternatif 2	64
Lampiran 6. Data hasil simulasi alternatif 3	65
Lampiran 7. Data hasil simulasi alternatif 4	67

KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang telah melimpahkan berkah-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan penyusunan Skripsi Penelitian ini. Skripsi Penelitian ini berjudul " Strategi Peningkatan Performa Akustik pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin " disusun sebagai salah satu langkah untuk menyelesaikan pendidikan di Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyusunan Skripsi Penelitian ini tak lepas dari dukungan berbagai pihak, sehingga penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua yang telah membantu dan mendukung baik secara langsung maupun tidak langsung dalam perjalanan penyusunan karya tulis ini. Penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Keluarga, khususnya orangtua, yang selalu memberikan dukungan dan doa selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Ibu Dr. Eng. Hj. Asniawaty, ST., MT., dan Bapak Ir. Muhammad Taufik Ishak, MT. selaku Dosen Pembimbing Skripsi, atas bimbingan, arahan, dan ilmu yang diberikan dalam proses penyusunan proposal ini.
3. Teman-teman yang telah memberikan semangat dan dukungan selama proses penulisan proposal ini.
4. Semua individu yang turut membantu namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga sadar bahwa Skripsi Penelitian ini tidak sempurna dan pasti memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis dengan tulus mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak guna perbaikan lebih lanjut. Semoga Skripsi Penelitian ini bermanfaat bagi penelitian selanjutnya dan masyarakat luas.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masjid adalah tempat di mana orang Muslim melakukan ibadah secara massal dan individual, serta melakukan hal-hal lain yang terkait dengan budaya Islam (Wiryoprawiro, 1986). Masjid juga sering menjadi tempat berkumpulnya jamaah untuk belajar tentang ajaran Islam dan membahas bagaimana menerapkan nilai-nilai keagamaan dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai tempat spiritual, masjid juga menjadi tempat berbagai kegiatan sosial dan kebudayaan untuk mempererat hubungan antara umat Muslim.

Masjid sebagai tempat ibadah umat Islam sangat penting untuk menciptakan lingkungan yang nyaman bagi pengguna sehingga jamaah dapat beribadah dengan lebih khusyuk. Kualitas akustik atau suara di dalam masjid adalah salah satu komponen yang dapat memengaruhi tingkat kenyamanan ini. Hal ini sangat penting karena dapat memengaruhi cara pesan keagamaan disampaikan dan diterima oleh jamaah. Oleh karena itu, mengetahui masalah akustik dan solusinya pada masjid dapat membantu meningkatkan pengalaman ibadah jamaah di dalam masjid (Dewi & Syamsiyah, 2019).

Masjid yang fungsi utamanya untuk kegiatan percakapan (*speech*) seperti salat berjamaah, ceramah, diskusi, mengaji, dan lain sebagainya sangat perlu diperhatikan aspek akustiknya. Seperti pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin yang menjadi fokus dalam penelitian ini memiliki masalah akustik yang memengaruhi kualitas ibadah dan pengalaman jamaah. Berdasarkan pengalaman jamaah, kejelasan suara penceramah atau imam terdengar bergema dan tidak jelas sehingga suara tersebut sulit dipahami oleh jamaah.

Untuk mengatasi masalah akustik di Masjid Ikhtiar terdapat berbagai solusi rekomendasi yang dapat digunakan. Diharapkan bahwa solusi ini akan meningkatkan performa akustik. Dengan solusi perbaikan ini, diharapkan jamaah dapat lebih mudah mendengar selama ceramah dan salat berjamaah, meningkatkan konsentrasi, dan meningkatkan pengalaman ibadah di masjid.

Dalam hal ini, peneliti akan menyelidiki masalah akustik, penyebab, dan solusi untuk meningkatkan performa akustik pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan dalam perancangan masjid di masa depan dengan memprioritaskan aspek akustik pada tahap desain. Hal ini akan membantu meningkatkan lingkungan akustik untuk ibadah dan kenyamanan jamaah. Diharapkan para arsitek atau perancang masjid dapat mempertimbangkan aspek akustik saat mendesain masjid agar kualitas suara pada masjid dapat berfungsi dengan lebih baik sebagai tempat ibadah dan memenuhi kebutuhan jamaah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana penyebab masalah performa akustik pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin?
2. Bagaimana solusi untuk meningkatkan performa akustik pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin?

1.3 Batasan Masalah

Selama proses penelitian ini, terdapat batasan - batasan untuk memastikan bahwa subjek yang dibahas sesuai dan tidak melenceng. Batasan - batasan tersebut antara lain:

1. Objek yang digunakan untuk penelitian adalah ruang salat pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin.
2. Performa akustik dinilai menggunakan parameter waktu dengung (RT), *clarity* (C50) dan distribusi tingkat tekanan bunyi (SPL).
3. Solusi-solusi desain yang diusulkan terfokus pada pengolahan elemen interior masjid, seperti penempatan material penyerap dengan koefisien serap yang sesuai, perubahan geometri, serta penambahan sistem penguat suara. Penelitian ini tidak akan membahas perubahan di luar ruang salat atau struktural pada bangunan masjid.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui dan menganalisis penyebab masalah performa akustik pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin.
2. Untuk mengidentifikasi dan memberikan solusi yang dapat meningkatkan performa akustik pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini akan memberikan wawasan mengenai kondisi akustik di dalam masjid tersebut. Solusi-solusi yang diusulkan diharapkan dapat tercapai untuk direalisasikan dalam meningkatkan performa akustik pada Masjid Ikhtiar Kampus Universitas Hasanuddin.
2. Penelitian ini dapat menjadi panduan kepada arsitek dalam merancang masjid-masjid atau bangunan ibadah lainnya di masa depan. Mereka dapat memanfaatkan temuan dan rekomendasi penelitian ini untuk memahami pentingnya aspek akustik dalam desain bangunan tempat ibadah serta menerapkan solusi yang ditawarkan pada penelitian ini dalam proyek-proyek mereka.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu bagian awal, bagian isi, dan bagian akhir. Bagian awal mencakup halaman judul, halaman pengesahan, halaman pernyataan, kata pengantar, halaman abstrak, serta daftar isi, tabel, dan gambar. Bagian isi terdiri dari beberapa bab yang masing-masing menguraikan tentang:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, sistematika penulisan dan kerangka pikir.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang kajian teori dan studi literatur yang berkaitan dengan akustik dan masjid.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini penulis menjelaskan tentang metodologi penelitian yang digunakan selama penelitian.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini memaparkan uraian data hasil penelitian serta pembahasannya.

BAB V : PENUTUP

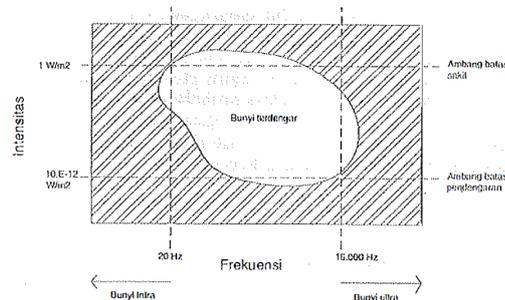
Pada bab ini merupakan bab terakhir yang berisi kesimpulan dan saran.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

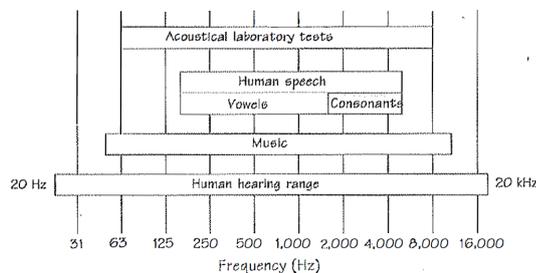
2.1 Bunyi / Suara

2.1.1 Bunyi / Suara

Bunyi atau suara adalah gelombang longitudinal hasil dari getaran yang merambat melalui medium, seperti udara, benda padat, atau zat cair. Manusia dapat mendengar suara ketika gelombang bunyi mencapai gendang telinga mereka. Kecepatan bunyi bervariasi tergantung pada jenis mediumnya, misalnya 344 meter/detik di udara, 1.410 meter/detik di air, dan 4.900 meter/detik di logam. Suara yang dapat didengar oleh manusia umumnya berasal dari benda-benda yang bergetar. Rentang frekuensi suara yang dapat didengar oleh telinga manusia berada antara 20 Hz hingga 20.000 Hz, dengan kepekaan terbaik pada 3.000 – 4.000 Hz. Namun, kepekaan ini dapat bervariasi sesuai dengan usia dan jenis kelamin, dengan remaja mungkin masih bisa mendengar hingga 20.000 Hz, sementara pria dan wanita lanjut usia memiliki rentang frekuensi yang lebih rendah (Sutanto, 2015).



Gambar 1. Batas-batas bunyi yang dapat didengar oleh manusia,
Sumber: (Sutanto, 2015)



Gambar 2. Cakupan frekuensi dari pembicaraan manusia dan bunyi musik, Sumber: (Sutanto, 2015)

2.1.2 Satuan Tingkat (Level) Kekerasan Suara dan Alat Ukurnya

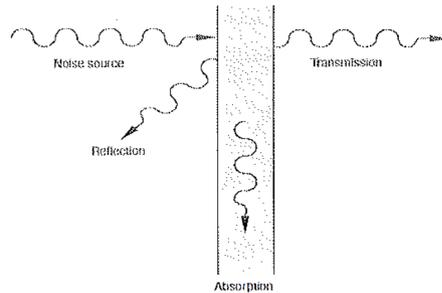
Satuan tingkat kekerasan suara adalah desibel (dB). Kekerasan suara dapat diukur menggunakan alat yang disebut *sound level meter* atau *decibel meter*. Saat ini, alat ukur yang paling umum digunakan adalah *sound level meter digital* yang lebih akurat daripada jenis alat ukur yang lama, yaitu *sound level meter analog*. Alat ukur yang lebih modern memiliki kemampuan untuk melakukan berbagai jenis pengukuran yang lebih kompleks, serta dapat merekam dan memproses data frekuensi bunyi yang diukur.



Gambar 3. *Sound level meter analog* (kiri) dan *sound level meter digital* (kanan), Sumber: (<https://generaltools.com>)

2.1.3 Kelakuan Suara/Bunyi

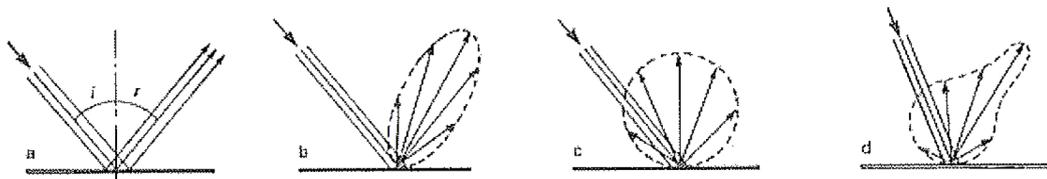
Menurut Sutanto (2015), dalam konteks umum, peristiwa yang terjadi ketika suara jatuh pada permukaan sebuah benda adalah refleksi, absorpsi, dan transmisi. Ketiga peristiwa ini dapat terjadi secara sendiri atau secara bersamaan, dan seringkali gabungan antara dua atau tiga peristiwa ini terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Dalam realitanya, sangat jarang ada benda yang mampu secara sempurna merefleksikan, menyerap, atau mentransmisikan suara secara sempurna. Benda yang dapat merefleksikan suara dengan sempurna masih mungkin untuk mengabsorpsi sedikit suara, dan permukaan yang mampu menyerap suara dengan sempurna juga masih mungkin untuk merefleksikan atau mentransmisikan sejumlah kecil suara. Ketiga peristiwa ini adalah fenomena umum dalam lingkungan akustik ruang, yang dapat dimanfaatkan atau dihindari sesuai dengan kebutuhan dalam menciptakan kualitas akustik yang diinginkan dalam suatu ruangan (Sutanto, 2015).



Gambar 4. Peristiwa terjadinya refleksi, absorpsi, dan transmisi,
Sumber: (Sutanto, 2015)

1. Refleksi

Refleksi suara adalah fenomena di mana suara yang berasal dari sumber tertentu menyentuh suatu permukaan dan kemudian dipantulkan kembali ke arah yang berlawanan dari sumber suara tersebut. Pola pemantulan suara dapat bervariasi tergantung pada jenis permukaan, karakteristik, dan bahan dari objek yang memantulkan suara tersebut (Sutanto, 2015).

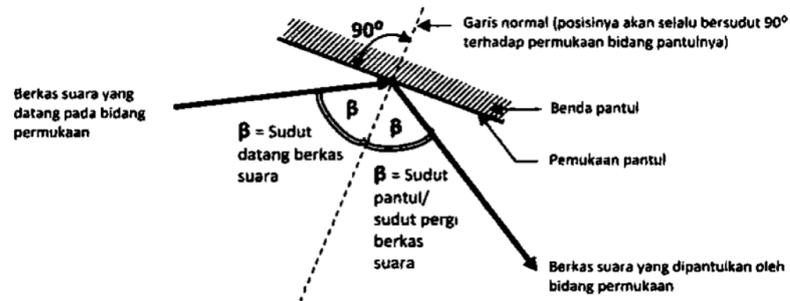


Gambar 5. Pola refleksi: a. Specular (langsung), b. Spread (menyebarkan), c. Diffuse (baur), d. Compound (kombinasi), Sumber: (Sutanto, 2015)

Pola refleksi yang terjadi pada gambar 6 disebut sebagai pemantulan langsung, yang terjadi pada permukaan yang licin dan rata. Dalam konteks ini, Hukum *Snellius* menyatakan bahwa sudut datang suara yang dipantulkan ke arah berlawanan akan memiliki sudut pantul yang sama. Penting untuk dicatat bahwa pemantulan ini bisa terjadi bahkan jika permukaan yang memantulkan suara tidak sepenuhnya datar, tetapi mungkin memiliki kemiringan (Sutanto, 2015).



Gambar 6. Refleksi suara yang terjadi pada bidang datar, Sumber: (Sutanto, 2015)

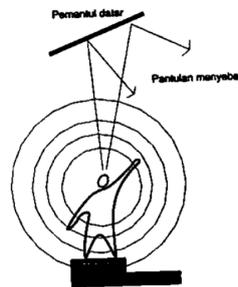


Gambar 7. Refleksi suara yang terjadi pada bidang miring, Sumber: (Sutanto, 2015)

Pantulan suara dari sumber bunyi dapat menghasilkan berbagai pola yang beragam tergantung pada bentuk permukaannya. Permukaan tersebut dapat memiliki bentuk datar, cekung, atau cembung (Sutanto, 2015).

a. Permukaan Datar

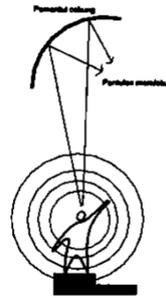
Permukaan datar sering digunakan untuk mengarahkan pantulan suara dari sumber bunyi ke pendengarnya.



Gambar 8. Pemantulan suara langsung pada permukaan datar, Sumber: (Sutanto, 2015)

b. Permukaan Melengkung/Cekung

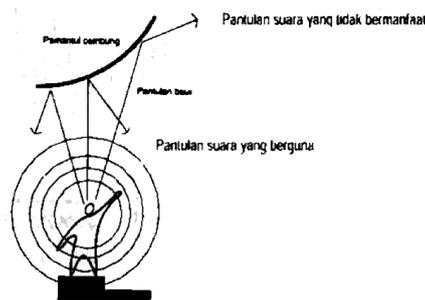
Refleksi langsung pada permukaan yang cekung akan mengarahkan bunyi ke satu titik, yang umumnya tidak diinginkan dalam lingkungan akustik karena dapat menciptakan ketidaksempurnaan akustik.



Gambar 9. Pemantulan suara langsung pada permukaan cekung,
Sumber: (Sutanto, 2015)

c. Permukaan Cembung

Pada permukaan yang melengkung keluar atau cembung, terjadi pola refleksi yang menyebar atau menjauh dari sumber bunyi. Terkadang, bentuk permukaan seperti ini digunakan dalam desain interior ruang akustik untuk keuntungan tertentu dalam hal akustik. Namun, pemantulan suara dari permukaan ini tidak selalu optimal karena dapat menjauhkan suara dari pendengar yang dimaksudkan.



Gambar 10. Pemantulan suara langsung pada permukaan cembung,
Sumber: (Sutanto, 2015)

2. Absorpsi

Absorpsi suara terjadi ketika suara diserap oleh permukaan suatu objek. Tingkat absorpsi suara ini bergantung pada kepadatan material objek tersebut. Material yang memiliki porositas tinggi atau tidak padat akan memiliki tingkat absorpsi yang lebih besar, sedangkan material yang padat akan memiliki tingkat absorpsi yang lebih rendah (Sutanto, 2015).

3. Transmisi

Transmisi suara terjadi ketika suara dari sumber yang datang menembus objek tersebut dan bergerak ke arah yang berlawanan dengan arah datangnya suara. Biasanya, fenomena transmisi suara terjadi pada objek yang tidak padat atau

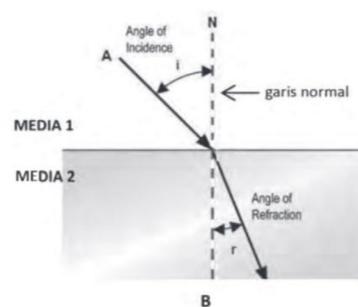
memiliki lubang. Meskipun pada benda padat juga dapat terjadi transmisi suara, nilainya lebih rendah dan bergantung pada ketebalan objek tersebut. Dalam konteks pengaturan akustik ruangan, peristiwa transmisi ini biasanya dihindari karena dapat mengurangi kualitas akustik ruangan (Sutanto, 2015).

2.1.4 Perilaku Suara pada Ruang Tertutup

Pada ruang tertutup, perilaku suara dapat menghasilkan peristiwa yang beragam. Selain absorpsi, refleksi, dan transmisi suara yang telah dijelaskan, ruang tertutup juga dapat mengalami peristiwa lainnya, antara lain:

1. Refraksi

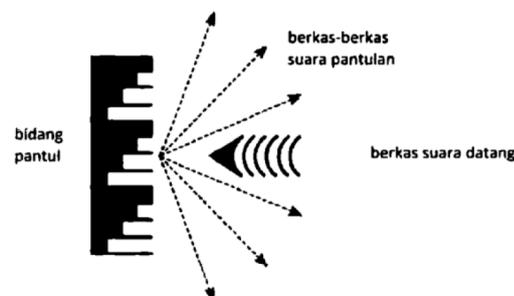
Refraksi adalah fenomena di mana suara mengalami pembelokan atau penyimpangan saat melewati permukaan yang memisahkan dua jenis zat yang berbeda. Penyimpangan suara dapat mengarah menjauh atau mendekati garis normal, tergantung pada perbedaan jenis bahan perantaranya.



Gambar 11. Ilustrasi terjadinya refraksi suara, Sumber: (Sutanto, 2015)

2. Difusi

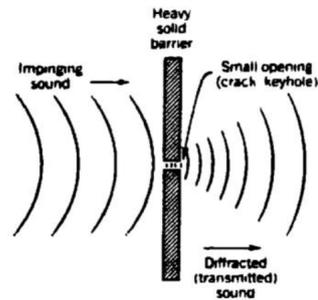
Difusi adalah fenomena di mana suara menyebar ke segala arah setelah melewati permukaan dan kemudian terpecah menjadi berbagai sumber suara dengan intensitas yang lebih rendah.



Gambar 12. Ilustrasi terjadinya difusi suara, Sumber: (Sutanto, 2015)

3. Difraksi

Difraksi adalah fenomena di mana arah suara berubah ketika melewati lubang atau celah-celah pada permukaan yang menerima suara tersebut.



Gambar 13. Ilustrasi terjadinya difraksi suara, Sumber: (Sutanto, 2015)

4. Reverberasi

Reverberasi adalah durasi waktu di mana intensitas suara dari sumber suara dalam suatu ruang mengalami penurunan, dan ini disebabkan oleh karakteristik desain atau material yang digunakan sebagai penutup permukaan ruangan tersebut.

5. Distorsi

Distorsi adalah fenomena di mana suara mengalami penyimpangan dari nada aslinya ketika terdengar dalam suatu ruang tertentu.

2.2 Akustik

2.2.1 Akustik Ruang

Kata "akustik" memiliki akar kata dari bahasa Yunani, yaitu "akoustikos," yang bermakna "dari atau untuk pendengaran, siap untuk didengar." Akustik merupakan ilmu yang mempelajari bunyi atau suara dan semua peristiwa yang dihasilkannya terhadap mereka yang mendengarnya. Dengan perencanaan dan desain yang tepat, suatu ruangan dapat memiliki akustik yang menyenangkan, dengan kemampuan menghilangkan suara-suara yang tidak diinginkan atau kebisingan. Akustik bertujuan untuk menciptakan kualitas suara yang baik, jelas, tanpa resonansi berlebihan, dan bebas dari masalah akustik. Untuk mencapai kondisi tersebut, perlu memperhatikan perancangan akustik ruangan, pemilihan material, dan konstruksi yang digunakan (Sutanto, 2015).

2.2.2 Parameter Akustik

Dalam merancang ruang akustik, parameter akustik ruangan merupakan salah satu dari beberapa faktor kunci yang harus diperhitungkan. Dalam mengevaluasi ruang, parameter akustik ruang yang perlu diukur berdasarkan ISO 3382-1 adalah persebaran tingkat tekanan bunyi (SPL), waktu dengung (RT), dan *clarity*. Salah satu aspek penting dalam parameter akustik ruangan yang harus diperhatikan adalah waktu dengung (*reverberation time*) (Kusuma et al., 2021).

1. Waktu Dengung (*Reverberation Time*)

Waktu dengung (*reverberation time* - RT) adalah parameter penting dalam akustika ruangan yang digunakan sebagai acuan awal dalam merancang akustik ruang sesuai dengan fungsinya. RT mengukur berapa lama suara akan bertahan dalam ruang sebelum meredam, dihitung melalui waktu peluruhan energi suara di dalam ruangan dengan dua konsep, yakni energi tunak dan energi impulse. RT berdasarkan energi tunak memberikan gambaran kasar tentang waktu dengung ruangan secara keseluruhan, dengan mempertimbangkan volume, luas permukaan, dan karakteristik absorpsi permukaan ruangan. Sementara RT berbasis energi impulse memungkinkan pengukuran yang lebih detail di setiap titik ruangan bersama dengan parameter akustik lainnya. RT umumnya dipengaruhi oleh jumlah energi pantulan dalam ruangan yang berkaitan dengan karakteristik permukaan yang menyusun ruangan tersebut (Budi S et al., 2010).

Menurut Mediastika (2005), untuk menentukan nilai waktu dengung dapat digunakan rumus sabine sebagai berikut:

$$RT = \frac{1}{6} \frac{V}{\Sigma \alpha A}$$

Keterangan: V: Volume ruangan (m³)

α : Koefisien serapan bunyi dari bahan pelapis dinding

A: Luas bidang bahan pelapis dinding (m²)

2. Kejelasan Bunyi (*Clarity*)

Kejelasan bunyi atau *clarity* diukur dalam satuan dB yang merujuk pada perbedaan antara suara asli dan suara yang dipantulkan dalam 80 milidetik pertama (C80) (Everst & Pohlmann, 2009). C50 lebih digunakan pada pengukuran kualitas pidato (*speech*), sedangkan C80 digunakan dalam penilaian kualitas ruang untuk

fungsi musikal (Kuttruff, 2009). Kejelasan bunyi memiliki kaitan erat dengan nilai waktu dengung (RT). Waktu dengung yang pendek memberikan kejelasan yang baik, waktu dengung yang panjang menghasilkan masking atau bunyi yang kabur/tidak jelas (Baron, 2010). Menurut *Renkus Heinz*, nilai batas untuk clarity C50 untuk fungsi speech adalah -5 dB.

3. Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (*Sound Pressure Level*)

Dalam desain masjid, tujuan utama adalah mencapai tingkat kejelasan suara yang tinggi sehingga pendengar di berbagai posisi dalam masjid dapat menerima tekanan bunyi yang seragam. Suara yang dikeluarkan oleh penceramah atau imam harus tersebar merata di seluruh ruang, sehingga pendengar dari berbagai posisi memiliki pemahaman yang sama terhadap informasi yang disampaikan. Untuk memastikan hal ini, perbedaan tingkat tekanan bunyi antara posisi terjauh dan terdekat tidak boleh melebihi 6 dB (Setiawan, 2017). Dalam ruangan yang relatif kecil, di mana sumber suara dengan tingkat suara normal dapat mencapai pendengar terjauh, distribusi tekanan bunyi harus merata untuk memastikan pemahaman yang optimal (Neubauer, 2000).

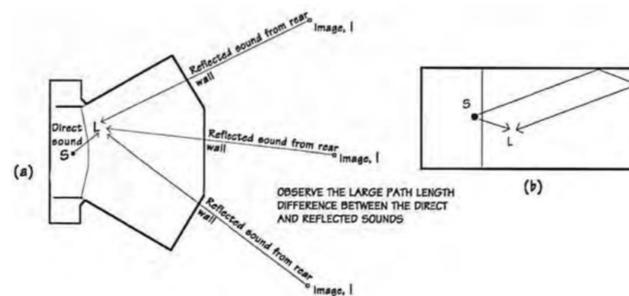
2.2.3 Cacat Akustik dalam Ruang

Potensi terjadinya cacat-cacat akustik dalam ruangan harus diatasi, karena dapat mengganggu kondisi akustiknya. Beberapa masalah akustik yang mungkin timbul dalam ruangan meliputi gema atau pantulan berulang, pemantulan suara dengan waktu yang lama, gaung, pemusatan bunyi, distorsi, bayangan bunyi, dan resonansi ruang. Beberapa contoh cacat akustik yang sering dihadapi adalah gema atau pantulan berulang, pemantulan suara yang berlangsung lama, bayangan suara, dan pemusatan suara (Priandi, 2012). Cacat-cacat ini perlu diatasi untuk menjaga kualitas akustik ruangan yang baik. Menurut Sutanto (2015), berbagai jenis cacat akustik sering ditemui dalam berbagai jenis ruangan antara lain:

1. Gema

Gema adalah salah satu jenis cacat akustik yang dianggap paling serius. Ini terjadi ketika suara terpantul dan mengulang kembali karena adanya perbedaan waktu antara suara asli dan suara yang dipantulkan. Gema biasanya muncul ketika

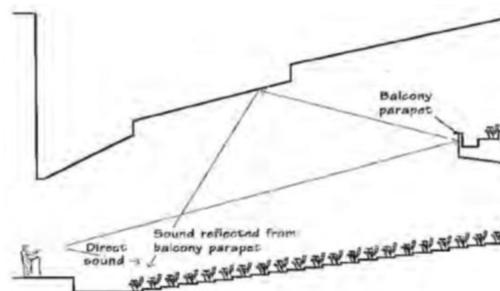
dinding bagian belakang ruangan menggunakan bahan yang memiliki kemampuan refleksi suara.



Gambar 14. Suara terpantul dari dinding belakang yang menciptakan gema, Sumber: (Sutanto, 2015)

2. Pemantulan yang Berkepanjangan (*Long-Delayed Reflection*)

Pemantulan yang berkepanjangan, dikenal sebagai *long-delayed reflection* adalah jenis cacat akustik yang memiliki karakteristik mirip dengan gema. Perbedaannya terletak pada penundaan waktu yang lebih singkat antara suara asli dan suara yang dipantulkan. Dalam kasus ini, suara pantulan menciptakan efek seperti gema tetapi dengan jeda waktu yang lebih pendek. Hal ini dapat mengganggu kualitas akustik dalam suatu ruangan dengan cara yang serupa seperti gema.



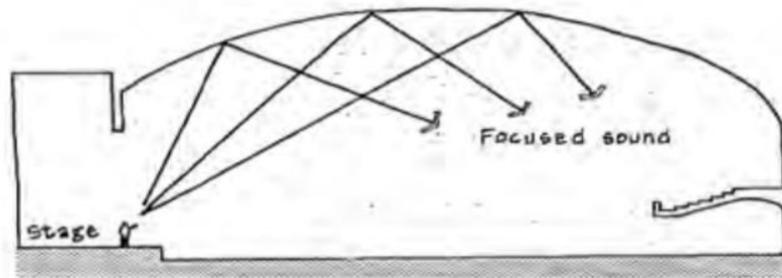
Gambar 15. Pemantulan berkepanjangan dapat terjadi akibat timbulnya perbedaan waktu penerima suara, Sumber: (Sutanto, 2015)

3. Gaung

Gaung adalah fenomena akustik yang terdiri dari serangkaian gema kecil yang berurutan dengan cepat. Ini disebabkan oleh pemantulan bunyi pada permukaan yang sejajar, dan dalam beberapa situasi, mungkin terjadi pada dinding yang tidak sejajar. Fenomena gaung ini dapat mengganggu pendengaran dan mengurangi kualitas akustik suatu ruangan, terutama ketika berulang kali terjadi dengan cepat.

4. Pemusatan Bunyi (*Focused Sound*)

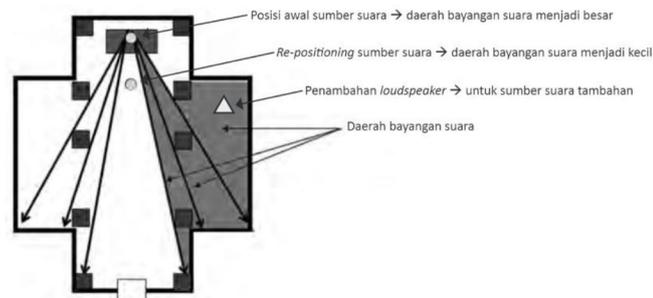
Pemusatan bunyi adalah fenomena yang disebabkan oleh pantulan suara dari permukaan-permukaan yang berbentuk cekung ke dalam. Dampaknya adalah adanya konsentrasi suara pada beberapa area tertentu, mengakibatkan distribusi suara menjadi tidak merata di seluruh ruangan.



Gambar 16. Pemusatan bunyi akibat permukaan berbentuk cekung,
Sumber: (Sutanto, 2015)

5. Bayangan Bunyi

Bayangan bunyi terjadi akibat adanya objek besar, baik secara horizontal maupun vertikal dalam sebuah ruangan yang menyebabkan bunyi terhalang ke arah penerima. Objek besar ini dapat mengganggu distribusi suara yang merata, seperti misalnya kolom-kolom atau balok struktural di dalam ruang interior atau elemen dekoratif yang bisa memberikan dampak negatif pada akustik ruangan.



Gambar 17. Kolom-kolom yang berpotensi menciptakan bayangan bunyi, Sumber: (Sutanto, 2015)

2.2.4 Koefisien Penyerap Suara

Koefisien penyerapan suara ditentukan sebagai nilai α (*alpha*) dapat mengukur seberapa baik bahan dapat menyerap energi suara. Nilai α berkisar dari 0 hingga 1, di mana $\alpha = 0$ artinya bahan tidak menyerap suara, sedangkan $\alpha = 1$ artinya bahan menyerap seluruh suara. Bahan berpori lebih baik dalam menyerap

suara karena pori-porinya memungkinkan gelombang suara masuk dan mengubahnya menjadi energi kalor. Semakin besar nilai α , semakin baik bahan tersebut dalam meredam suara (Pradana, 2017).

Dalam praktiknya, biasanya ditemukan daftar nilai koefisien penyerapan bunyi pada wakil frekuensi standar yang meliputi bagian paling penting dari jangkauan frekuensi audio, yaitu pada 125, 250, 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz atau 128, 256, 512, 1024, 2048, dan 4096 Hz. Dalam kepustakaan akustik arsitektur dari informasi yang diberikan oleh pembuat bahan akustik, koefisien penyerapan bunyi dicirikan oleh koefisien reduksi bising, yang merupakan rata-rata dari koefisien penyerapan bunyi yakni pada frekuensi 250, 500, 1000, dan 2000 Hz. Frekuensi ini dapat membandingkan penyerapan bunyi bahan-bahan akustik secara menyeluruh jika digunakan dengan tujuan mereduksi bising (Doelle, 1985).

Bahan	Frekuensi, Hz					Sumber	
	125	250	500	1000	2000		
Acoustical plaster, rata-rata	0,07	0,17	0,50	0,60	0,85	8	
Acoustic steel deck, 32 in (81 mm) O.C. per unit	0,59	0,64	0,71	0,65	0,47	7	
Acoustone space tile, 32 in (81 cm) O.C. per unit	0,22	0,81	1,88	2,28	2,14	7	
Udara, per volume 1.000 ft kubik, kelebihan-an relatif 50%			0,9	2,9	7,4	6	
per volume 100 m kubik, kelebihan-relatif 50%			0,3	0,9	2,4	6	
Asbestom, dalam tempat duduk empuk, per luas lantai	0,59	0,57	0,90	0,94	0,92	2	
Tempat duduk empuk, kocong, per luas lantai	0,19	0,37	0,56	0,67	0,61	0,59	2
Tempat duduk bertutup kulit, kocong, per luas lantai	0,15	0,25	0,36	0,40	0,37	0,31	8
Bangka kayu, kocong, per luas lantai	0,37	0,44	0,67	0,70	0,60	0,72	8
Pernah, dengan tempat duduk dan alat musik, per orang	4,0	8,5	13,6	14,0	13,0	12,0	3
Pada, seluas, tidak dibedakan, tidak dicat	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	1
Kapuk, berat pada beton	0,02	0,06	0,14	0,37	0,60	0,65	1
Berat, pada 40 in (1,03 kg per m ²) baik	0,08	0,24	0,57	0,69	0,71	0,78	1
atau karpet lunak	0,36	0,64	0,81	0,29	0,39	0,25	1
Balok beton, tidak dicat	0,10	0,05	0,05	0,07	0,09	0,08	1
Dicat	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	2
Beton, yang dituang, tanpa dicat	0,07	0,31	0,49	0,75	0,70	0,60	1
Salu, seluas normal, 14 in (0,68 kg per m ²), digantung sampai setengah luas	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	1
laminasi, vinyl, karet, atau lantai gabus pada beton	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	1
Pada sub lantai	0,02	0,04	0,05	0,05	0,10	0,05	3
Kayu	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	1
Dempul kayu, dengan ruang udara di bawahnya	0,40	0,50	0,50	0,17	0,15	0,10	2
Tempat perantara, 32 in (81 cm) O.C. per unit	0,18	0,74	2,10	2,20	2,08	1,75	4
Gelas, polat berat	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	1
Jerdalu biasa	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04	1
Optimum board 18 in (13 mm), pada tiang 2 x 4 in (10 x 100 mm), 16 in (41 cm) O.C.	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09	1
Panel, gypsum atau lime, permukaan halus, pada beton	0,019	0,019	0,02	0,03	0,04	0,05	1
Gelas, tidak berat	0,12	0,09	0,07	0,05	0,05	0,04	2
Pada papan	0,14	0,10	0,06	0,04	0,04	0,03	1
Gelas Jepang, di atas ruang udara, atau pada tiang							
Pada tiang							
Pada papan, di atas ruang udara, atau pada tiang	0,30	0,15	0,10	0,05	0,04	0,05	3
Panel, 1/4 in (6 mm) di atas 2 in (50 mm) ruang udara, 1 in (25 mm) lebar belakang	0,60	0,30	0,10	0,09	0,09	0,09	5
Panel, 1/4 in (6 mm) di atas 2 in (50 mm) ruang udara, 1 in (25 mm) lebar belakang	0,74	0,37	0,45	0,35	0,36	0,34	4
Panel, 1/4 in (6 mm) di atas ruang udara 2 sampai 4 in (50 mm) di atas ruang udara 2 sampai 4 in (50 mm) di atas ruang udara	0,30	0,25	0,20	0,17	0,14	0,10	2

Gambar 18. Koefisien serap suara pada beberapa bahan, Sumber: (Doelle, 1985)

2.3 Masjid

2.3.1 Pengertian dan Fungsi Masjid

Masjid adalah sebuah bangunan suci dalam agama Islam, yang digunakan oleh umat Muslim untuk melaksanakan berbagai ibadah secara individu maupun kolektif (Wiryoprawiro, 1986). Selain menjadi tempat ibadah, masjid juga berfungsi sebagai pusat kegiatan keagamaan dan kebudayaan Islam. Di sinilah umat Muslim berkumpul untuk belajar, berdiskusi, dan mengamalkan ajaran Islam dalam

kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, penting bagi masjid untuk menciptakan lingkungan yang memberikan kenyamanan terbaik bagi para pengguna agar mereka dapat lebih khusyuk dalam menjalankan ibadah dan merasa lebih dekat dengan Allah.

Salah satu aspek yang tidak boleh diabaikan dalam menciptakan lingkungan yang nyaman di dalam masjid adalah akustik atau kualitas bunyi dan suara. Kejelasan serta kualitas suara dalam masjid memiliki peran penting karena dapat memengaruhi cara pesan keagamaan disampaikan dan diterima oleh jamaah. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang masalah akustik menjadi kunci dalam meningkatkan pengalaman ibadah jamaah di dalam masjid. Dengan memperhatikan aspek akustik yang baik, masjid dapat menjadi tempat ibadah yang lebih khusyuk bagi umat Muslim dalam berinteraksi dengan ajaran agama Islam (Dewi & Syamsiyah, 2019).

2.3.2 Karakteristik Akustik pada Masjid

Dalam masjid-masjid di Indonesia, masalah akustik seringkali terkait dengan desain masjid itu sendiri. Fakta bahwa masjid-masjid di Indonesia kebanyakan dibangun tanpa mempertimbangkan aspek akustik. Sebaliknya, desainnya lebih bergantung pada kondisi lokal, seperti iklim dan ketersediaan bahan serta teknologi yang ada (Soegijanto, 2002). Oleh karena itu, dalam merancang aspek akustik di tempat ibadah, penting untuk mempertimbangkan kebutuhan akustik yang berbeda di setiap bagian ruang. Menurut Sutanto (2015), beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merancang akustik tempat ibadah antara lain:

1. Posisi altar / mimbar ditempatkan pada posisi yang tinggi dan dekat dengan dinding dengan material refleksi agar tingkat kekerasan bunyi menjadi bertambah.
2. Untuk meningkatkan kejelasan suara dari imam di ruangan yang sangat dengung, penggunaan pengeras suara dengan sistem terpusat yang terarah ke area umat akan sangat membantu.
3. Untuk mengatasi habisnya suara akibat penyerapan berlebihan yaitu dengan menghindari pemakaian karpet dan bahan penyerap suara di tempat sumber suara dilokasikan.

Untuk mengatasi masalah cacat akustik di dalam ruangan masjid, ada beberapa langkah yang dapat diambil. Misalnya, jika masalahnya adalah distribusi tingkat tekanan suara yang tidak merata, maka penguat suara harus ditempatkan sesuai dengan arah penyebaran suara. Selain itu, jika terjadi dengung yang berlebihan, maka pemasangan bahan penyerap suara pada semua sisi permukaan ruangan dapat membantu mengurangi dengung tersebut. Oleh karena itu, langkah pertama dalam mengevaluasi masalah akustik di ruang masjid adalah melakukan pengukuran kualitas akustik di berbagai titik untuk memahami secara lebih baik kondisi akustik yang ada (Gumelar et al., 2018).

2.3.3 Standar Kenyamanan Akustik pada Masjid

Standar kenyamanan akustik pada masjid sebagaimana diatur dalam SNI 03-6386-2000 untuk gedung tempat ibadah dengan sistem tata suara, mengindikasikan bahwa tingkat bunyi yang dianggap baik adalah 35 dBA, dengan batas maksimal yakni 40 dBA. Selain itu, waktu dengung yang dianjurkan mengacu pada kurva 5 yang berkisar antara 1.2 hingga 1.8 detik.

Tabel 1. Standar tingkat bunyi dan waktu dengung yang dianjurkan

Jenis Hunian	Tingkat Bunyi yang Dianjurkan		Waktu Dengung yang Dianjurkan (detik)
	Baik (dBa)	Maksimum (dBa)	
Gedung Tempat Ibadah			
s.d. 250 Orang	30	35	Kurva 5
lebih dari 250 orang	25	30	Kurva 5
dengan sistem tata suara	35	40	Kurva 5

(Sumber: SNI 03-6386-2000)

2.4 Simulasi dalam Penelitian

Dalam penelitian ini, simulasi memiliki peran yang sangat penting dalam menganalisis serta meningkatkan performa akustik di dalam bangunan. Simulasi digunakan untuk memberikan solusi dari rekomendasi perbaikan yang dilakukan seperti penambahan material atau perubahan desain. Melalui simulasi, peneliti

dapat memperkirakan dampak dari langkah-langkah perbaikan yang diusulkan terhadap performa akustik, sebelum merealisasikannya secara langsung. Salah satu perangkat lunak yang digunakan dalam simulasi ini adalah Rhinoceros 7 dan I-Simpa.

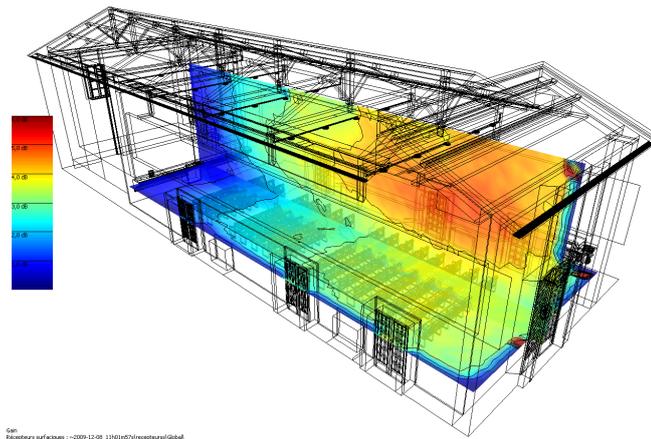
2.4.1 Rhinoceros 7

Rhinoceros atau dikenal sebagai Rhino, adalah perangkat lunak desain 3D yang dapat membuat, mengedit, menganalisis, mendokumentasikan, menganimasikan, dan menerjemahkan kurva, permukaan, dan benda nurb 3D tanpa batasan tingkat kompleksitas, derajat, atau ukuran. Selain itu, Rhino mendukung mesh poligon dan *control point*. Dengan keakuratan dan fleksibilitasnya, desainer dapat mengembangkan ide mereka tanpa menghabiskan banyak waktu untuk mempelajari perangkat lunak CAD.

Rhino digunakan untuk membuat model 3D yang representatif sesuai model, ukuran, objek, dan material pada objek yang dianalisis. Model 3D ini kemudian dapat diimpor ke aplikasi simulasi seperti I-Simpa yang dapat menghitung dan menganalisis performa akustik seperti waktu dengung, distribusi tingkat tekanan bunyi, dan *clarity*. Dengan demikian, Rhino berfungsi sebagai alat awal untuk mengembangkan model desain yang kemudian dapat digunakan dalam analisis akustik melalui I-Simpa.

2.4.2 I-Simpa

I-Simpa adalah perangkat lunak sumber terbuka yang dirancang untuk pemodelan penyebaran suara dalam domain 3D secara kompleks. I-Simpa merupakan alat yang ideal untuk para ahli misalnya, ahli akustik, pengajar dan mahasiswa, serta peneliti yang bekerja pada proyek yang berkaitan dengan akustik ruangan, akustik perkotaan, ruang industri, atau pengajaran dan pembelajaran akustik (I-Simpa, n.d.). Peneliti dapat menggunakan simulasi I-Simpa untuk membuat model simulasi akustik yang realistis dalam lingkungan tiga dimensi. Model 3D yang diimpor memungkinkan peneliti untuk mempelajari berbagai aspek akustik dan membantu merencanakan solusi untuk meningkatkan kualitas akustik.



Gambar 19. Simulasi akustik menggunakan I-Simpa, Sumber: (<https://i-simpa-wiki.readthedocs.io/>)

2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah tabel penelitian terdahulu pada objek dengan fungsi masjid mengenai akustik terkait waktu dengung, distribusi tingkat tekanan bunyi, dan *clarity* yang telah diteliti.

Tabel 2. Penelitian terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Isi Penelitian
1	(Setiyowati, 2010)	<i>Strategies to Increase the Acoustical Quality of the Mosques without Reinforcement System</i>	Semua strategi untuk meningkatkan kualitas akustik bertujuan untuk mengatasi nilai RT yang tinggi dan distribusi suara yang buruk di masjid yang seharusnya tidak menggunakan sistem penguatan suara. Penelitian ini menggunakan metode simulasi dan pengukuran lapangan. Solusi yang diusulkan meliputi penambahan reflektor suara untuk mengarahkan suara dari imam ke seluruh jamaah serta penambahan area penyerapan suara di lantai dan dinding untuk mengurangi waktu dengung.

2	(Yani, 2021)	Penilaian Kualitas Akustik Masjid Raudhaturrahmah Padang Tiji dengan Menggunakan Simulasi Ecotect	Masalah akustik pada Masjid Raudhaturrahmah Padang Tiji disebabkan oleh waktu dengung yang tidak memadai dan tingginya tingkat kebisingan latar karena lokasi yang dekat dengan jalan raya dan permukaan dinding yang memantulkan suara. Penelitian ini menggunakan metode simulasi menggunakan <i>software</i> Ecotect. Solusi yang diusulkan adalah mengubah plafon menjadi datar dan menambahkan material penyerap suara pada dinding untuk mengurangi pantulan suara dan kebisingan latar.
3	(Dewi & Syamsiyah, 2019)	Kualitas Akustik Ruang Utama Masjid Siti Aisyah Surakarta	Penelitian ini mengidentifikasi bahwa meskipun elemen ruang masjid yang keras dan licin memberikan kenyamanan akustik, tingkat tekanan bunyi (SPL) melebihi standar yang ditetapkan. Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif dan spasial. Berdasarkan hasil pengukuran SPL yang melebihi standar, perlu menambahkan ornamen penyerap bunyi pada dinding dan menambahkan barrier baik berupa vegetasi, pagar penghalang dan lainnya guna mengurangi bunyi yang berasal dari luar bangunan.
4	(Kamal et al., 2021)	Waktu Dengung Ruang Ibadah Masjid Besar Al- Abrar Makassar	Pada Masjid Besar Al-Abrar Makassar masih belum memenuhi standar kenyamanan waktu dengung, yakni pada lantai 1 dengan nilai 5.41 detik dan

lantai 2 adalah 4.05 detik. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif. Solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menambah material penyerap suara pada bagian dinding dan plafon untuk mencapai waktu dengung agar sesuai dengan standar.
