

Evaluasi Kenyamanan Audial Ruang Gereja Lanraki Biringkanaya Makassar

Dwi Retno Sulistyowati¹, Asniawaty Kusno², Muhammad Taufik Ishak³

^{1,2,3} Laboratorium Sains dan Teknologi Bangunan, Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Abstrak

Kenyamanan audial merupakan salah satu faktor dalam perencanaan bangunan, khususnya bangunan ibadah seperti gereja. Dalam mencapai kenyamanan audial ruang, arsitek hanya mengacu pada standar yang telah direkomendasikan oleh para ahli tanpa mengetahui pendapat dari pengguna ruang tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dan menyajikan saran desain agar kenyamanan audial pada ruang gereja bisa tercapai. Metode penelitian kuantitatif dengan menganalisis data secara statistik-deskriptif. Alat *Sound Level Meter* digunakan untuk mengetahui distribusi tingkat tekanan bunyi dalam ruang gereja dan bising latar belakang yang dapat mengganggu suasana khidmat gereja. Waktu dengung dihitung dengan rumus Sabine, redesain dilakukan dengan simulasi menggunakan program *Autodesk Ecotect Analysis 2011*, serta kuesioner diolah dengan menggunakan program *IBM SPSS Statistics 25*. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa distribusi tingkat tekanan bunyi telah merata, sedangkan bising latar belakang dan waktu dengung dalam ruang gereja masih melebihi standar. Namun secara keseluruhan, pengguna telah merasa nyaman dengan kondisi audial ruang gereja tersebut. Selanjutnya, jarak dari sumber bunyi dapat mempengaruhi tingkat tekanan bunyi, kebocoran suara dapat mempengaruhi bising latar belakang, serta penggunaan material dan perabot dapat mempengaruhi nilai waktu dengung ruang. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam mendesain gereja selanjutnya atau bangunan sejenisnya.

Kata-kunci : audial gereja, bising latar belakang, *ecotect*, tingkat tekanan bunyi, waktu dengung

Audial Comfort's Evaluation of The Lanraki Biringkanaya Makassar Church Room

Abstract

Audial comfort is one of the factors to design the buildings, especially for the church. To achieve the audial comfort in a room, the architect only refer to the recommended standard by professionals without knowing the opinions of the users of that room. The purpose of this research is to evaluate and give redesign suggestions so that the audial comfort in the church room can be created. Quantitative research method by analyzing data with the statistically-descriptive. Reverberation time was calculated by the Sabine formula, redesign using Autodesk Ecotect Analysis 2011 program, and the questionnaire processed by IBM SPSS Statistics 25 program. The results conclude that the sound pressure level distribution has been spread evenly, while the background noise and the reverberation time in the church room still exceed the standard. But overall, the user has felt comfort with the condition of the audial church room. Next, the distance from the sound source may affect the sound pressure level, the sound leak may affect the background noise, and the using of materials and furniture may affect the value of reverberation time in a room. We hope this research can be a reference to design the next church or similar buildings.

Keywords : audial of the church, background noise, *ecotect*, reverberation time, sound level meter

Kontak Penulis

Dwi Retno Sulistyowati

Lab. Sains dan Teknologi Bangunan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Jl. Berua 2E Kel. Berua, Kec. Biringkanaya, Makassar, Kode pos 90241. Tel : +62-85-342-055562

E-mail : d.retno84@gmail.com

Informasi Artikel

Diterima editor tanggal 14 Juli 2018. Revisi tanggal 31 Juli 2018. Disetujui untuk diterbitkan tanggal 27 September 2018

ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | <https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

Pendahuluan

Gereja adalah salah satu bangunan ibadah yang unik karena gereja mempunyai aktivitas audial yaitu khotbah (*speech*), nyanyian, dan musik. Berbeda dengan auditorium, di gereja suara pemimpin ibadah perlu diberi sentuhan agar lebih berwibawa dan menarik (Doelle, 1990). Karena perjalanan bunyi akan sangat menentukan kualitas dan kuantitas bunyi tersebut, maka pengolahan jalan bunyi sangat penting agar sesuai dengan keinginan penerima bunyi.

Performa kualitas audial yang baik dalam suatu ruangan dipengaruhi oleh faktor-faktor objektif hasil desain interior bidang-bidang penutupnya (lantai, dinding pembatas, dan plafon), dimensi yang dipengaruhi oleh kapasitas pengguna, penggunaan material, dan sistem akustik. Beberapa penelitian tentang audial antara lain: (a) Lisayana (2013) memaparkan tentang analisis bising latar belakang dan waktu dengung yang terjadi pada gereja yang beliau teliti, serta bagaimana cara mengoptimasinya agar mencapai standar kenyamanan melalui bahan-bahan insulasi; (b) Poetiray et al. (2015) memaparkan bahwa gangguan bising dirasakan oleh pengguna gereja berasal dari aktivitas di luar bangunan, bertolak belakang dengan hasil pengukuran bahwa kebisingan di dalam lebih besar dari kebisingan di luar bangunan; (c) Indrani (2007) memaparkan bahwa auditorium yang mempunyai masalah pada tingkat bising latar belakang perlu memperhatikan desain ventilasi, perletakan *Air Conditioner*, sambungan *ducting*, dan bukaan, karena bunyi yang dihasilkan sangat mengganggu terutama di area penonton. Selanjutnya, untuk menghindari distribusi suara yang tidak merata dan waktu dengung yang melebihi kriteria, maka perlu memperhatikan bentuk, dimensi ruang, bahan *finishing*, dan desain perletakkannya pada elemen interior; (d) Iannace (2016) memaparkan bahwa gereja yang ditelitinya memiliki waktu dengung yang berlebihan yaitu 10 detik. Penggunaan bahan keramik yang diaplikasikan pada dinding samping untuk perbaikan akustik dengan komponen frekuensi rendah dan lembaran berlubang mikro transparan yang ditempatkan di bawah langit-langit untuk perbaikan akustik komponen frekuensi menengah dan tinggi; (e) Pangesti et al. (2013) memaparkan analisis data berdasarkan teori desain meliputi sistem penguat bunyi, bising latar belakang, tingkat tekanan bunyi, waktu dengung, penggunaan material dan bentuk.

Hasil penelitian-penelitian tersebut menyimpulkan bahwa desain audial ruang selalu mengandalkan standar tanpa menghiraukan pendapat pengguna. Sedangkan pada penelitian b menunjukkan bahwa pendapat pengguna bisa jadi berbeda dengan hasil pengukuran sehingga perlu dilakukan penelitian secara objektif dan subjektif.

Gereja Lanraki Biringkanaya bertempat di Jalan Lanraki 6, Makassar, Indonesia. Bersebelahan dengan Gereja Kibaid Jemaat Batubara Daya dan Masjid Nurul Iman serta

dalam ruang gereja ini terdapat Tongkonan tepat di atas mimbar. Hal ini menjadikannya keunikan tersendiri untuk diteliti karena potensi kebisingan dari keramaian dan penggunaan materialnya serta adanya keluhan dari beberapa jemaat bahwa tidak dapat mendengar khotbah dengan baik sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi kondisi audial dalam ruang gereja dan saran redesainnya.

Tingkat Tekanan Bunyi (TTB)

Penempatan *loudspeaker* sangat berpengaruh terhadap distribusi bunyi dalam ruang agar tidak mengganggu pendengaran pengguna. Untuk mengetahui bahwa dalam ruang tersebut distribusi bunyinya sudah baik, dapat dilakukan pengukuran tingkat tekanan bunyi. Tingkat tekanan bunyi (*sound pressure level*) adalah perbandingan logaritmis energi suatu sumber bunyi dengan energi sumber bunyi acuan, diukur dalam dB (desibel). Syarat agar pendengar dapat menangkap informasi yang disampaikan meskipun dalam posisi berbeda adalah selisih antara tingkat tekanan bunyi terjauh dan terdekat tidak lebih dari 6 dB. Jika dalam suatu ruangan yang relatif kecil di mana sumber bunyi dengan tingkat suara yang normal telah mampu menjangkau pendengar terjauh, maka hampir dapat dipastikan bahwa distribusi tingkat tekanan bunyi dalam ruangan tersebut telah merata (Indrani, 2007). Telinga akan terasa sakit jika mendengar suara lebih dari 90 dB (Annely, 2014).

Bising Latar Belakang

Kebanyakan ruangan besar mempunyai masalah pada *Background Noise Level* (BNL) atau bising latar belakang melebihi kriteria kebisingan yang disyaratkan sehingga mempengaruhi kinerja akustik ruang (Legoh, 1993). Menurut Parker (1994), "*noise is sound which is unwanted*". Kebisingan yang diizinkan (*noise acceptable*) agar aktivitas dan fungsi pada suatu ruangan tidak terganggu, khususnya di ruang gereja menurut Koenigsberger et al. (1973) adalah 35-40 dB.

Waktu Dengung

Parameter yang sangat berpengaruh dalam desain akustik ruang adalah waktu dengung atau *reverberation time* (Errede 2013, Kahle 2013, Kuttruff 2009, dan Svensson 2008). Waktu dengung adalah waktu yang dibutuhkan suatu energi suara untuk meluruh hingga sebesar sepersatu juta dari energi awalnya, yaitu sebesar 60 dB. Sabine (1993) mendefinisikan waktu dengung yaitu waktu lamanya terjadi dengung di dalam ruangan yang masih dapat didengar. Waktu dengung (*Reverberation Time*) sangat menentukan dalam mengukur tingkat kejelasan *speech*. Ruangan yang memiliki waktu dengung terlalu panjang akan menyebabkan penurunan *speech*

intelligibility (kejelasan pidato), karena suara langsung masih sangat dipengaruhi oleh suara pantulnya. Sedangkan ruangan dengan waktu dengung terlalu pendek akan mengesankan ruangan tersebut “mati” (Indrani, 2007). Menurut Egan (1988), nilai RT optimal untuk kondisi *speech* (pidato/khotbah) pada gereja adalah 0,5 - 1,4 detik dan dalam kondisi *music* (musik) adalah 1,4 - 2,6 detik. Menurut Cowan (2007), nilai RT optimal untuk gereja kontemporer adalah 1,4 – 1,6 detik. Perpotongan dari nilai-nilai tersebut adalah 1,4 sehingga digunakan nilai 1,4 detik untuk menentukan nilai RT yang nyaman pada ruang gereja dan mencapai nilai RT yang maksimal di kedua fungsinya (*speech* dan *music*). Berikut adalah tabel koefisien absorpsi bunyi material (Satwiko, 2008)

Tabel 1. Koefisien absorpsi bunyi material (Satwiko, 2008)

No.	Material	Koefisien absorpsi bunyi				
		125	250	500	1000	2000
1	Bata plester	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
2	Lantai keramik	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
3	Gypsum board	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07
4	Beton + cat	0,09	0,07	0,01	0,01	0,01
5	Kayu tebal 1/4"	0,42	0,21	0,10	0,08	0,06
6	Kaca	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07
7	Kaca berat	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02
8	Kayu (solid)	0,14	0,12	0,08	0,08	0,07
9	Plastik	0,40	0,34	0,25	0,19	0,15
10	Speaker	0,60	0,54	0,45	0,39	0,35
11	Steel	0,40	0,34	0,25	0,19	0,15

Subjektivitas Pendengar

Pada bangunan ibadah butuh akustik yang baik untuk mendapatkan suasana yang khuyuuk (Steemers, 2006). Guna memenuhi syarat kebisingan yang diinginkan maka perlu dilakukan penelitian secara objektif dan subjektif. Subjektivitas kebisingan bergantung pada hal-hal seperti lingkungan dan keadaan, sosial budaya, kegemaran atau hobi (Mediastika, 2008). Menurut Poetiray et al. (2015), intensitas kehadiran mempengaruhi subjektivitas pendengar karena berkaitan dengan adaptasi terhadap kondisi lingkungan. Semakin sering atau lama subjek berada dalam kondisi tertentu, maka subjek akan beradaptasi dengan kondisi lingkungan tersebut. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi subjektivitas pendengaran manusia adalah usia, jenis kelamin, jenis pekerjaan, posisi pendengar, dan sebagainya.

Berkurangnya kemampuan mendengar seiring dengan bertambahnya usia disebut presbikusis (Ballenger, 1997). Gangguan pendengaran akibat bising pada laki-laki tiga kali lebih tinggi dibanding perempuan (Nelson et al., 2005). Selain itu, menurut Poetiray et al. (2015), posisi duduk menentukan performa akustik. Posisi pendengar terhadap sumber bunyi mempengaruhi kejelasan dalam menerima pesan. Mengenai jenis pekerjaan dijelaskan

dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja No.13/MEN/X/2011 dan Kepmenkes No. 405/Menkes/SK/XI/2002 bahwa akan berpengaruh dalam jangka waktu yang lama dan jika ditekuni secara terus-menerus.

Metode Pengumpulan Data

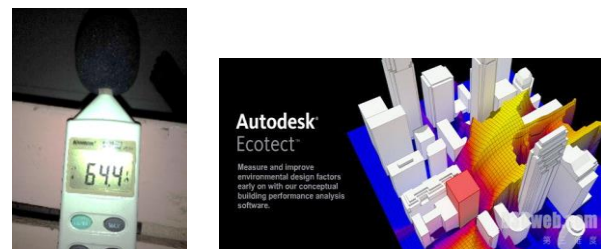
Penelitian ini menggunakan metode pengukuran, perhitungan, dan kuesioner. Pengukuran dilakukan dengan alat *Sound Level Meter* (SLM) untuk mengetahui tingkat tekanan bunyi pada suatu titik yang direkam dengan efek suara tembakan (agar sumber bunyi yang terukur stabil), serta untuk mengetahui tingkat bising latar belakang pada kondisi sunyi (saat tidak ada orang dan kendaraan berlalu-lalang) dan kondisi ramai (saat banyak orang dan kendaraan berlalu-lalang serta hujan). Hal ini dimaksudkan agar kebisingan yang terukur maksimal.

Penelitian dilakukan pada ruang utama Gereja Lanraki Biringkanaya Makassar (gambar 2). Luas gereja tersebut adalah 29 m x 16,10 m dan berkapasitas 400 orang. Titik pengukuran terbagi menjadi 16 titik di lantai dasar dan 9 titik di lantai atas (balkon) berdasarkan posisi duduk jemaat dalam ruang gereja tersebut. Khusus *background noise*, ditentukan 17 titik ukur tambahan pada lokasi dekat bukaan dengan jarak 1 meter dari bukaan (pintu, jendela, kaca patri).

Waktu dengung dihitung manual dengan rumus Sabine. Kuesioner tertutup dibagikan sesuai dengan titik pengukuran dengan sampel 5 responden per titik ukur. Adapun isi dari kuesioner mencakup usia, jenis kelamin responden, dan jenis pekerjaan sebagaimana faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi subjektivitas pendengar.

Metode Analisis Data

Analisis datanya menggunakan metode kuantitatif-deskriptif sehingga data hasil kuesioner digunakan untuk menjelaskan keterkaitannya dengan data hasil pengukuran (Sugiyono, 2010). Setelah itu, saran perbaikan desain disimulasikan dengan menggunakan program *Autodesk Ecotect Analysis 2011*.



Gambar 1. Instrumen penelitian *Sound Level Meter* (SLM) dan program aplikasi *Autodesk Ecotect Analysis 2011*

Hasil dan Pembahasan

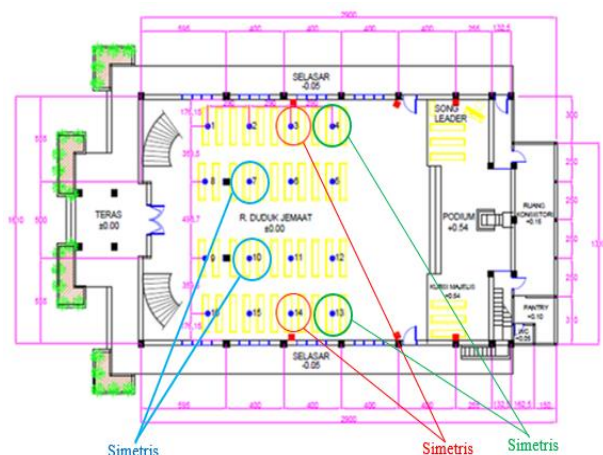


Gambar 2. Interior ruang Gereja Lanraki Biringkanaya Makassar

Ruang ibadah sebagai objek penelitian berisi 3 mimbar, 65 kursi/bangku jemaat, kursi pemusik, *loudspeaker*, dan musik *keyboard*. Di belakang mimbar utama terdapat Tongkonan Toraja yang melekat pada dinding altar (podium). Balkonnya berbentuk bertangga-tangga seperti pada tribun dan bagian bawahnya tidak memiliki peredam bunyi. Gereja ini memiliki dinding dan langit-langit yang tinggi sehingga volume ruangnya besar. Elemen pembentuk ruang seperti dinding, plafon, dan lantai berbentuk rata (tidak ada bentuk lengkungan).

Analisis Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi (TTB)

Bentuk dari gereja tersebut adalah simetris sehingga seharusnya nilai TTB yang terukur pada titik ukur 3 dan titik ukur 14 adalah sama karena jarak ke *loudspeaker*, jarak ke dinding, dan jarak ke podium adalah sama (lihat gambar 3 di bawah ini). Begitu pula pada titik ukur 4 dan 13, titik ukur 6 dan 12, titik ukur 17 dan 23, dan seterusnya. Berikut adalah gambaran kesimetrisan titik ukur tersebut.



Gambar 3. Kesimetrisan titik ukur

SLM yang digunakan hanya dua buah sehingga pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan satu buah SLM tepat berdekatan dengan sumber suara (*loudspeaker*) dan satunya lagi diletakkan di titik ukur. Hal ini dilakukan agar perekaman bersamaan waktunya. Walaupun di tiap titik ukur tidak dapat diukur bersamaan, namun cara ini dianggap lebih efisien karena hasil data pengukuran

nantinya bisa disesuaikan dengan menyamakannya sesuai dengan tingkat tekanan bunyi yang terukur pada *loudspeaker*. Misalnya pada speaker 1 terukur 50 dB, pada saat bersamaan di titik ukur 1 terukur 40 dB. Sementara pada speaker 2 terukur 45 dB, pada saat bersamaan di titik ukur 2 terukur 30 dB. Maka untuk menyamakannya dengan data pertama adalah dengan menjumlahkan selisih hasil ukur tingkat tekanan bunyi antar speaker tadi, yaitu menambahkan 5 dB sehingga pada titik ukur 2 tingkat tekanan bunyinya adalah 35 dB jika dianggap sumber suaranya 50 dB.

Setelah mengukur di tiap *loudspeaker* untuk mengecek *loudspeaker* mana yang mendominasi suara yang ditangkap oleh pendengar pada tiap titik ukur, ternyata hanya 1 *loudspeaker* yang tidak dapat dijadikan patokan dalam pengukuran karena TTB yang terukur hanya mencapai 83,4 dB sedangkan hasil pengukuran TTB di titik pengukuran terdekatnya melebihi 90 dB. Hal ini berarti *loudspeaker* tersebut tidak mendominasi suara yang ditangkap oleh pendengar di titik ukur terdekatnya melainkan suara yang ditangkap berasal dari *loudspeaker* lainnya yang agak dekat dengan titik ukur tersebut. Pengukuran dengan efek suara tembakan ini hanya dilakukan pada *loudspeaker* yang mendekati titik ukur (mendominasi) selain satu *loudspeaker* tersebut yang tidak mendominasi. Berikut adalah hasil ukur TTB dengan efek suara tembakan beserta hasil perhitungan penyamaan sumber suaranya.

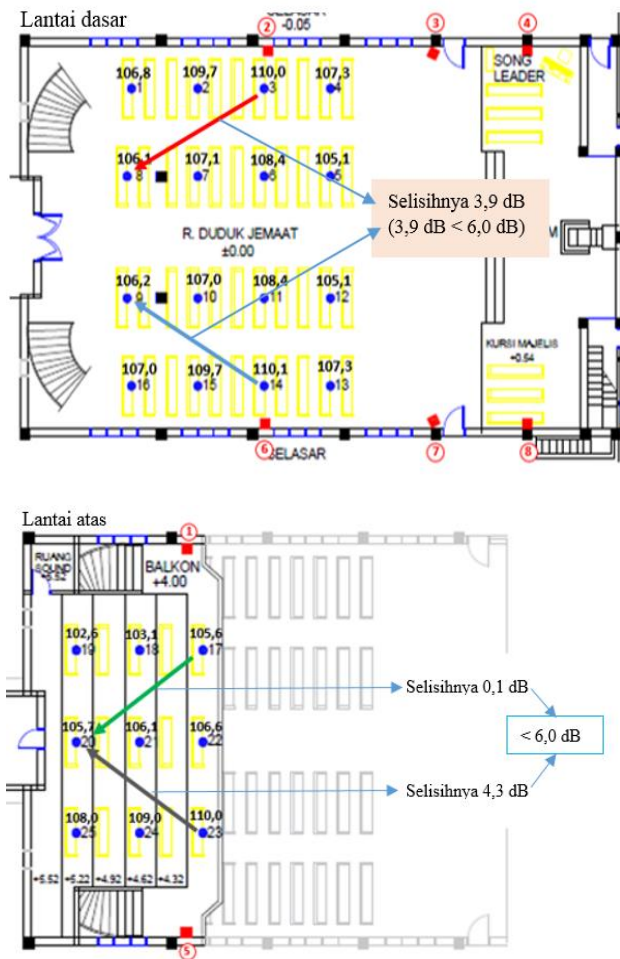
Tabel 2. Hasil ukur TTB dengan efek suara tembakan

Titik ukur	Speaker	Jarak S ke TU (m)	TTB speaker (dB)	+ / -	TTB di titik ukur (dB)	
					Sebelum	Setelah penjumlahan
1	2	7,08	120,2	0,0	106,8	106,8
2	2	4,89	118,9	1,3	108,4	109,7
3	2	3,83	118,8	1,4	108,6	110,0
4	3	4,74	121,2	-1,0	108,3	107,3
5	3	6,77	121,6	-1,4	106,5	105,1
6	2	6,23	118,6	1,6	106,8	108,4
7	2	6,93	118,8	1,4	105,7	107,1
8	2	8,75	118,2	2,0	104,1	106,1
9	6	8,75	116,5	3,7	102,5	106,2
10	6	6,93	116,4	3,8	103,2	107,0
11	6	6,23	115,9	4,3	104,1	108,4
12	7	6,77	121,8	-1,6	106,7	105,1
13	7	4,74	121,1	-0,9	108,2	107,3
14	6	3,83	117,1	3,1	107,0	110,1
15	6	4,89	115,8	4,4	105,3	109,7
16	6	7,08	116,4	3,8	103,2	107,0
17	5	11,45	110,3	9,9	95,7	105,6
18	5	11,57	112,4	7,8	95,3	103,1
19	5	12,30	112,4	7,8	94,8	102,6
20	5	9,19	111,7	8,5	97,2	105,7
21	5	8,20	112,5	7,7	98,4	106,1
22	5	7,99	113,1	7,1	99,5	106,6
23	5	4,56	110,8	9,4	100,6	110,0
24	5	4,92	111,3	8,9	100,1	109,0
25	5	6,46	112,0	8,2	99,8	108,0

Dari tabel 2 tersebut dapat dengan mudah dibandingkan antara titik ukur satu dengan lainnya karena dianggap sumber suaranya sudah sama yaitu 120,2 dB. Masih ada sedikit perbedaan disebabkan oleh perbedaan waktu sehingga alat yang digunakan mungkin bergeser oleh

getaran. Selain itu, walau pengukuran dilakukan pada speaker yang mendominasi, tidak menutup kemungkinan speaker lainnya juga ikut mengeluarkan bunyi sehingga dapat mempengaruhi nilai desibel pengukuran di titik ukur.

Untuk mengetahui apakah distribusi TTB dalam ruang tersebut sudah merata atau belum, maka ditentukan jarak terjauh dan terdekat dari sumber suara sebagaimana yang telah dinyatakan oleh Indrani (2007). Berikut gambar 4 adalah penggambaran titik terjauh dan terdekat dari speaker dan hasil pengukurannya.



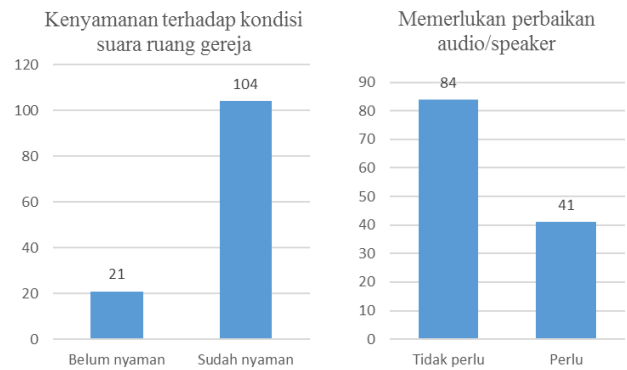
Gambar 4. Perbandingan TTB di titik terjauh dan terdekat dari sumber suara (*loudspeaker*)

Perbandingan tersebut memperlihatkan bahwa distribusi TTB di lantai dasar dan balkon gereja tersebut sudah merata karena selisih antara TTB terjauh dan terdekat dari sumber suara dalam ruang gereja tersebut kurang dari 6 dB.

Gambar 4 juga menunjukkan bahwa pada titik ukur 3 yang berjarak 3,83 m nilainya 110 dB, titik ukur 2 yang berjarak 4,89 m nilainya 109,7 dB, dan titik ukur 1 yang berjarak 7,08 m nilainya 106,8 dB. Begitu pula pada titik ukur 14, 11, 10 berturut-turut mengalami pengurangan TTB. Semakin jauh jaraknya dari sumber suara (speaker),

maka semakin menurun nilai tingkat tekanan bunyinya. Hal ini berarti bahwa jarak mempengaruhi TTB.

Respon pendengar terhadap kondisi audial dalam ruang Gereja Lanraki Biringkanaya dapat menjadi data perbandingan terhadap kondisi audial yang telah dibahas sebelumnya secara matematis sehingga digunakan kuesioner. Berikut gambar 5 perbandingan kenyamanan yang dirasakan responden terhadap kondisi suara dan kebutuhan perbaikan audio/speaker ruang gereja tersebut.



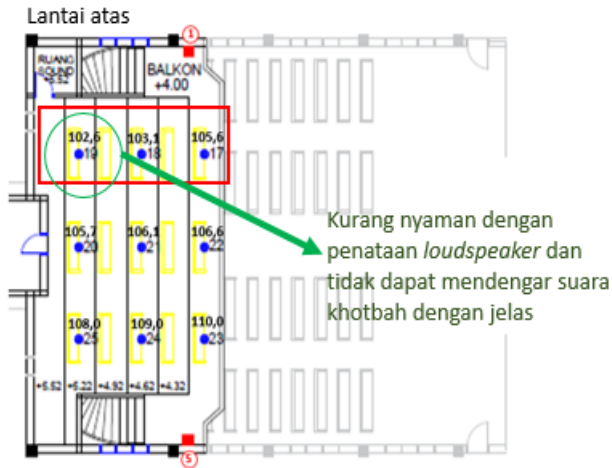
Gambar 5. Grafik perbandingan tanggapan responden terhadap kenyamanan kondisi suara dan kebutuhan perbaikan audio/speaker ruang gereja

Grafik menunjukkan bahwa responden yang sudah merasa nyaman dengan kondisi suara ruang gereja adalah sebanyak 104 dari 125 responden atau sebanyak 84%. Sedangkan yang merasa belum nyaman hanya sejumlah 21 dari 125 responden atau 17%. Hal ini berarti secara keseluruhan jemaat sudah merasa nyaman dengan kondisi audial ruang gereja. Saat ditanyakan tentang apakah diperlukan perbaikan audio/speaker, sebanyak 84 dari 125 responden atau 67% yang menjawab tidak perlu. Berikut kasus yang muncul berkaitan dengan distribusi TTB dalam gereja tersebut.



Gambar 6. Pada titik 3, ada responden yang meminta agar dilakukan penataan akustik yang disesuaikan dengan semua umur

Pada gambar 6, responden di titik 3 berusia 80 tahun, laki-laki, dan sudah pensiun. Di titik ukur 3 tingkat tekanan bunyinya paling tinggi (mencapai 110 dB) padahal 90 dB saja, dapat merusak pendengaran. Sedangkan orang yang lanjut usia mengalami presbikusis yaitu penurunan daya dengar di usia tua dan adanya kecenderungan gangguan pendengaran pada laki-laki tiga kali lebih tinggi dibanding perempuan sehingga wajar jika responden tersebut mengeluh.

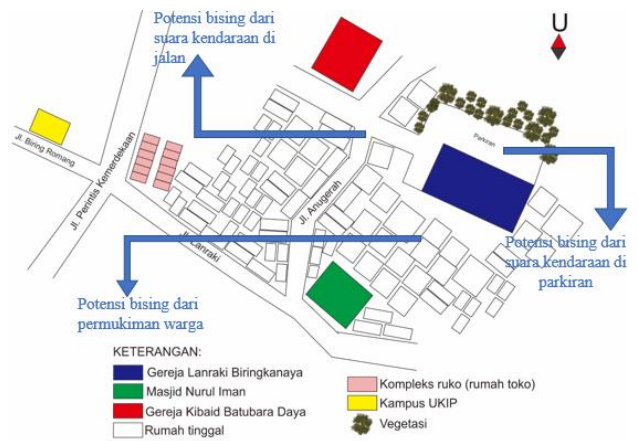


Gambar 7. Pada titik 19, responden tidak dapat mendengar khotbah dengan jelas

Gambar 7 menunjukkan bahwa titik ukur 17, 18, dan 19 menghasilkan pengukuran nilai TTB yang lebih rendah dibanding pada titik ukur 20 sampai 25. Namun hanya responden di titik ukur 19 yang merasa kurang nyaman. Titik ukur 19 berada di paling belakang lantai atas (balkon) dan TTB yang terukur di titik ukur 19 memang paling rendah yaitu 102,6 dB. Namun ketidakjelasan khotbah di titik ini tidak mungkin diakibatkan oleh rendahnya TTB karena 60 dB saja (setara dengan percakapan biasa) sudah bisa didengar oleh manusia normal. Sesuai dengan tanggapan responden, ketidakjelasan khotbah yang didengar pada titik ini dipengaruhi oleh adanya kebisingan dari luar dan suara khotbah (*speech*) yang menggema.

Bising Latar Belakang (BNL)

Pada saat ibadah, terkadang kondisi di sekitar Gereja Lanraki Biringkanaya sangat ramai oleh anak-anak yang bermain karena tidak mengikuti ibadah, kendaraan yang melintas, dan aktivitas orang-orang yang berada di bangunan ibadah lainnya. Gereja ini tidak menggunakan bahan peredam suara sehingga memungkinkan terjadinya kebocoran suara melalui celah kecil pada elemen pembentuk ruang seperti dinding dan plafon serta adanya celah muai pada jendela, pintu, dan pemasangan kaca patri.

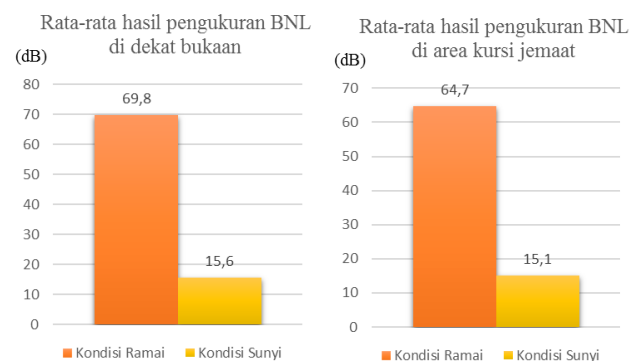


Gambar 8. Tata letak Gereja Lanraki Biringkanaya beserta analisis kondisinya



Gambar 9. Celah muai pada pintu, jendela, dan pemasangan kaca patri menjadi potensi kebocoran suara

Berikut gambar 10 adalah hasil pengukuran *Background Noise Level* (BNL) di dekat bukaan ruang gereja dan di posisi duduk jemaat pada kondisi ramai dan kondisi sunyi.

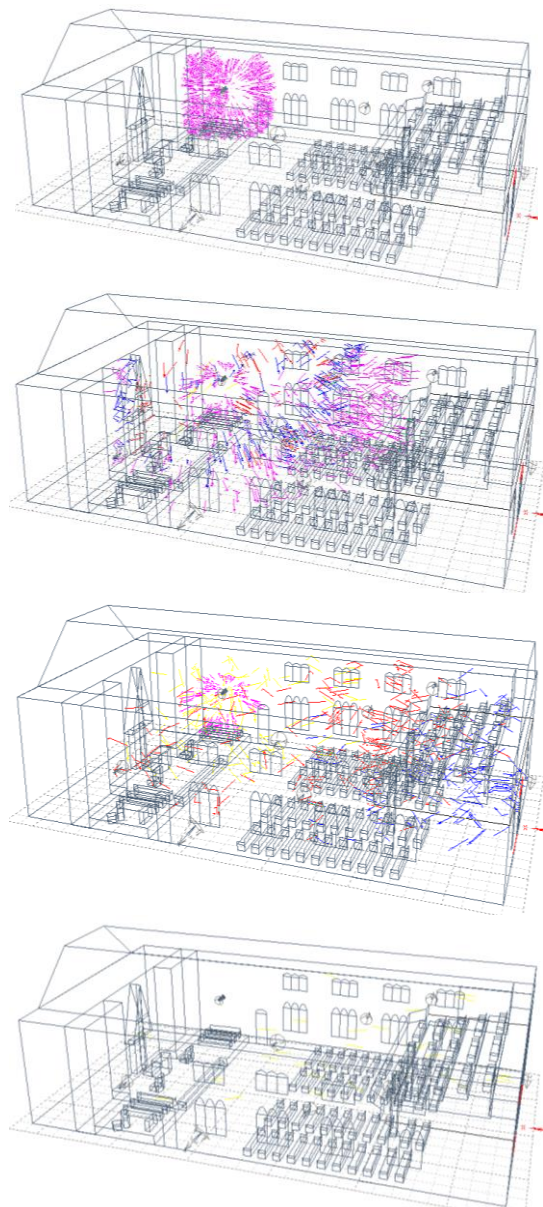


Gambar 10. Grafik perbandingan BNL pada kondisi ramai dan kondisi sunyi

Grafik tersebut menunjukkan bahwa rata-rata BNL dalam ruangan gereja di dekat bukaan pada kondisi ramai adalah 69,8 dB, sedangkan di area kursi jemaat adalah 64,7 dB. Kebisingan yang diizinkan (*noise acceptable*) untuk ruangan fungsi auditorium terkhusus gereja adalah 35 dB – 40 dB. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi ramai, gangguan suara melebihi standar kenyamanan.

Rata-rata BNL dalam ruangan gereja di dekat bukaan pada kondisi sunyi adalah 15,6 dB, sedangkan di area kursi jemaat adalah 15,1 dB. Meskipun pengukuran dilakukan saat kondisi sunyi, namun tidak menutup kemungkinan masih adanya suara yang bersumber dari mekanikal-elektrikal gereja tersebut, seperti penggunaan *Air Conditioner*. Suara di dalam ruangan tidak melebihi standar kenyamanan, namun adanya suara dari luar berpotensi menyebabkan gangguan suara bagi pengguna. Hal ini terlihat pada pengukuran BNL di dekat bukaan, selisih angka 69,8 dB dan 15,6 dB sangat jauh yaitu 54,2 dB. Demikian pula pada pengukuran di area kursi jemaat, selisih angka 64,7 dB dan 15,1 dB sangat jauh yaitu 49,6 dB. Selisih yang terlalu jauh memperlihatkan bahwa kebisingan tersebut terjadi karena adanya kebocoran suara sehingga suara dari luar bisa masuk ke dalam ruang.

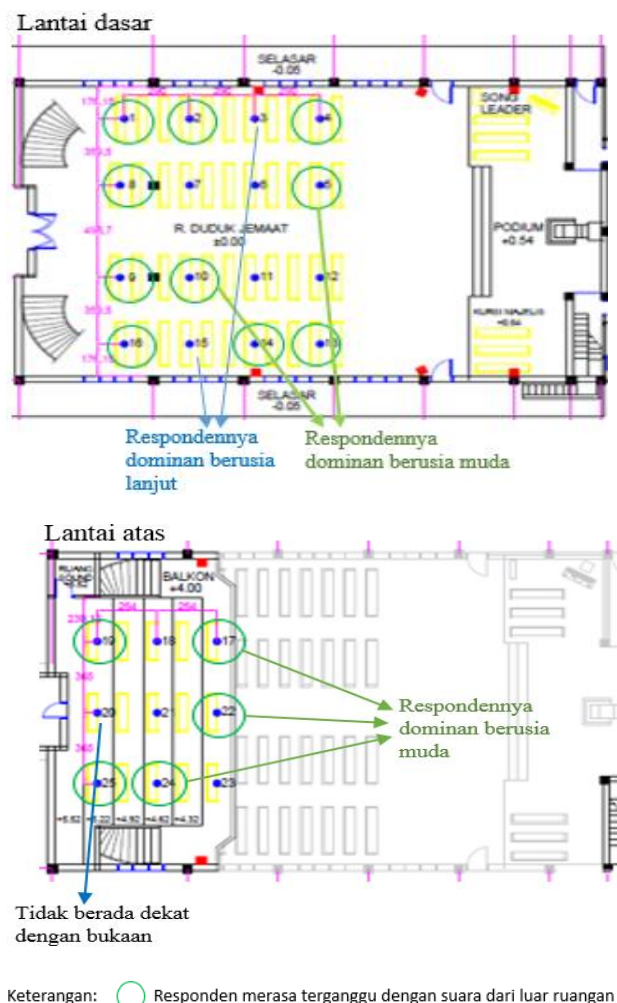
Potensi kebisingan dari luar dapat berasal dari suara kendaraan di jalan, area parkir, hujan, dan permukiman. Berikut hasil simulasi dengan menggunakan aplikasi *Autodesk Ecotect Analysis 2011* untuk menjelaskannya.



Gambar 11. Simulasi perjalanan bunyi yang memantul ke permukaan secara berurut pada 20 ms, 40 ms, 100 ms, dan 300 ms menggunakan program aplikasi *Ecotect*

Gambar 11 tersebut menunjukkan perjalanan bunyi yang bersumber dari *loudspeaker*, terus berjalan sampai memantul ke permukaan dinding, jendela, pintu, dan kaca patri pada 40 ms. Hasil pemantulannya terus berjalan sampai bunyi itu memantul permukaan lagi dengan titik yang berbeda. Hal ini terjadi berulang kali sampai hasil pemantulan bunyi itu hilang pada 300 ms.

Perlu diketahui bahwa celah kecil pada dinding dan plafon dapat terbentuk karena kurang sempurnanya campuran bahan dan cara pemasangan sehingga kerapatan yang terbentuk juga kurang. Pada pemasangan jendela, pintu, dan kaca patri, celah-celah memang dibuat untuk ruang pemuain, sedangkan pada gambar simulasi berikut tidak terdapat celah pada dinding dan plafon maupun celah muai. Jadi hasil simulasi ini menunjukkan bahwa apabila tidak terdapat celah-celah pada dinding, jendela, pintu, dan pemasangan kaca patri, maka kebocoran suara tidak akan terjadi. Maka untuk menginsulasi kebocoran suara agar mengurangi bising latar belakang, dapat dilakukan dengan menutupi celah pada dinding, plafon, jendela, pintu, pemasangan kaca patri, ataupun celah lainnya pada gereja tersebut.



Gambar 12. Titik ukur yang merasa terganggu dengan suara dari luar ruangan berdasarkan hasil kuesioner

Tidak hanya di bagian pinggir saja yang mengalami gangguan suara dari luar ruangan, bagian dalam yang tidak berdekatan dengan dinding juga mengalami gangguan. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran BNL bahwa setiap titik ukur hasilnya melebihi standar. Pada titik ukur 5, 10, 17, 22, dan 24 merasa terganggu dengan suara dari luar karena respondennya dominan masih berusia muda sehingga pendengarannya masih sangat peka. Pada titik ukur 3 dan 15 tidak merasa terganggu dengan suara dari luar karena respondennya dominan berusia lebih lanjut sehingga pendengarannya mulai kurang peka. Pada titik ukur 20, responden tidak merasa terganggu dengan suara dari luar walaupun respondennya dominan berusia muda karena di sekitar titik ukur 20 tidak terdapat jendela yang dapat menjadi potensi kebisingan dan di belakang titik ukur tersebut masih terdapat ruangan sehingga menghalau kebisingan dari luar.

Waktu Dengung (*Reverberation Time/RT*)

Berikut adalah perhitungan manual waktu dengung ruang gereja tersebut dengan menggunakan rumus Sabine (1993):

$$RT = \frac{0,161 \cdot V}{A} \quad A = \sum S \cdot \alpha$$

Dimana,

RT = waktu dengung (detik)

V = volume (m³)

A = jumlah total penyerapan (m² sabins)

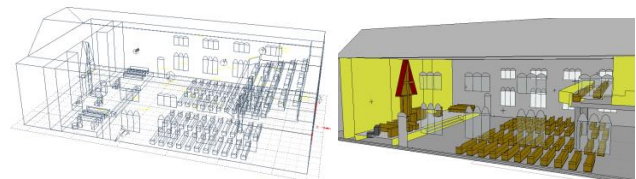
S = luas bidang bahan (m²)

A = koefisien absorpsi bahan

Tabel 3. Hasil perhitungan manual waktu dengung pada ruang Gereja Lanraki Biringkanaya

No.	Objek	Material	Total luas (m ²)	Koef.	A
1	Dinding	Bata plester	658,95	0,02	13,18
2	Lantai	Keramik 60x60 cm motif serat kayu	510,40	0,01	5,10
		Keramik 60x60 cm warna merah darah	23,82	0,01	0,24
3	Plafon	Gypsum board	2173,16	0,05	108,66
4	Kolom	Beton + cat	10,08	0,01	0,10
5	Pintu utama	Kayu + politur	6,85	0,08	0,55
6	Pintu samping	Kayu + politur	5,14	0,08	0,41
7	Pintu kaca	Kaca bening	7,56	0,04	0,30
8	Jendela	Rangka kayu	28,80	0,10	2,88
		Kaca keruh	31,20	0,18	5,62
9	Kaca patri	Rangka kayu	25,92	0,10	2,59
		Kaca ukiran	13,20	0,04	0,53
10	Mimbar	Kayu (solid)	14,15	0,08	1,13
11	Meja MC	Kayu (solid)	1,68	0,08	0,13
12	Kursi jemaat	Kayu (solid)	384,12	0,08	30,73
13	Kursi majelis	Kayu (solid)	17,46	0,08	1,40
14	Kursi penyanyi	Kayu (solid)	17,46	0,08	1,40
15	Kursi pemusik	Plastik	0,80	0,25	0,20
16	Speaker	Speaker	25,60	0,45	11,52
17	Alat musik	Plastik + steel	2,56	0,25	0,64
Total A					187,31
Volume					2417,32
Reverberation Time (RT)					2,08

Berikut gambar 13 dan tabel 4 adalah gambar model dan hasil simulasi nilai RT menggunakan aplikasi *Ecotect*.



Gambar 13. Model simulasi dan visualisasi interior ruang gereja

Tabel 4. Hasil simulasi waktu dengung dengan menggunakan program *Ecotect* (Volume ruang 2.417,32 m³, seating 400, occupancy 90%)

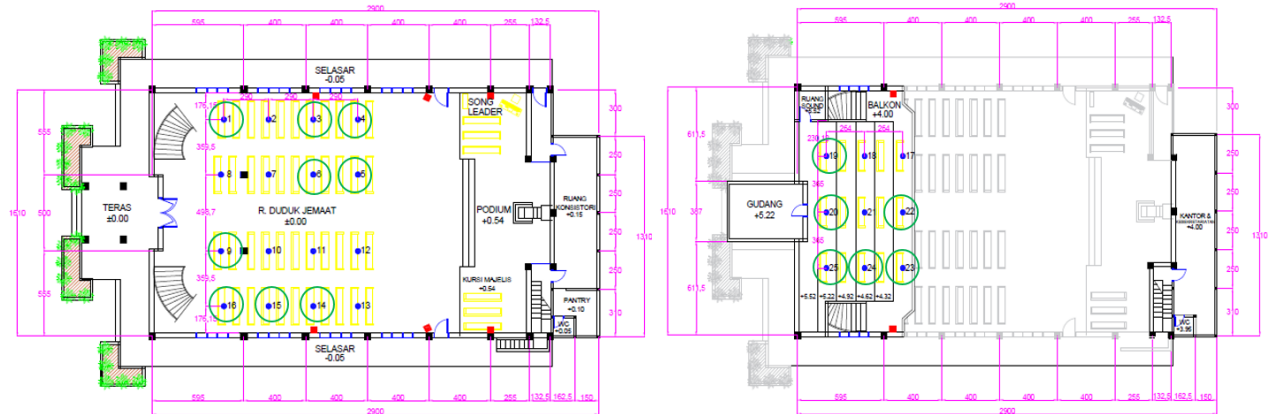
No.	Objek	Material	Koefisien absorpsi bunyi					
			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz
1	Dinding	Brick plaster	0,10	0,07	0,03	0,12	0,02	0,02
2	Lantai	Concrete slab tiles	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
3	Plafon	Gypsum plaster board	0,33	0,28	0,10	0,05	0,03	0,07
4	Kolom	Concrete block plaster	0,12	0,09	0,07	0,01	0,01	0,01
5	Pintu utama	Glass standard	0,51	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07
6	Pintu samping	Solid core pine timber	0,17	0,14	0,12	0,08	0,08	0,07
7	Jendela	Single glazed - timber frame	0,17	0,14	0,09	0,02	0,00	0,00
8	Kaca patri	Single glazed - timber frame	0,17	0,14	0,09	0,02	0,00	0,00
9	Mimbar	Solid timber	0,17	0,10	0,07	0,07	0,08	0,05
10	Meja MC	Solid timber	0,17	0,10	0,07	0,07	0,08	0,05
11	Kursi	Solid timber	0,17	0,10	0,07	0,07	0,08	0,05
12	Kursi pemusik	Plastic	0,43	0,40	0,34	0,25	0,19	0,15
13	Speaker	Speaker	0,56	0,60	0,54	0,45	0,39	0,35
14	Alat musik	Plastic	0,43	0,40	0,34	0,25	0,19	0,15
Total absorpsi			169,426	154,352	102,192	86,455	53,913	59,003
Reverberation Time (RT)			1,87	2,01	1,92	2,04	2,43	2,06

Hasil perhitungan nilai RT dengan perhitungan manual dan komputerisasi mempunyai selisih tidak terlalu jauh yaitu pada perhitungan manual diperoleh 2,08 detik dan pada komputerisasi diperoleh 2,04 detik. Jadi, kedua perhitungan nilai RT ini sudah sesuai dengan keadaan di lapangan. Nilai RT optimal untuk kondisi *speech* pada gereja adalah 0,5 -1,4 detik dan dalam kondisi *music* adalah 1,4 – 2,6 detik. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi musik dalam gereja tersebut sudah memenuhi standar, sedangkan kondisi *speech* (pidato) masih perlu diperbaiki.

Kuesioner yang diberikan kepada pengguna gereja berisi tentang adanya gangguan khotbah (*speech*) yang menggema. Hal ini dapat dikaitkan dengan tingginya nilai RT pada ruang gereja tersebut. Penggambarannya ada pada gambar 14 yang menunjukkan tanggapan responden mengenai gangguan khotbah (*speech*) yang menggema adalah hampir di setiap bagian pinggir dari ruangan gereja tersebut mengalami gangguan gema. Hal ini dapat terjadi karena pemantulan bunyi yang dapat diakibatkan oleh bentuk ruang maupun material permukaan elemen pembentuk ruang gereja tersebut. Hal ini juga sejalan dengan perhitungan nilai RT dalam ruang tersebut yang melebihi standar kondisi *speech* sehingga ketika pengkhotbah berbicara untuk selanjutnya, bunyi yang diterima oleh pendengar belum selesai meluruh sehingga kata-kata dari pengkhotbah terdengar tercampur dan mengakibatkan ketidakjelasan khotbah (*speech*).

Walau responden tersebut menyatakan sudah merasa

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa insulasi waktu dengung



Gambar 14. Posisi responden yang merasa terganggu terhadap khotbah/speech yang menggema (lingkaran hijau)

nyaman dengan kondisi suara dalam ruang gereja tersebut, namun ternyata responden memberi tanggapan jika melihat dari faktor-faktor tertentu. Hal ini terjadi karena adanya subjektivitas pengguna sebagai pendengar sehingga dapat menoleransi ketidaknyamanan yang dirasakannya.

Insulasi nilai RT dapat dilakukan dengan mengubah atau menambahkan material yang koefisien absorpsinya kecil dengan material yang koefisien absorpsinya besar. Simulasi dengan menggunakan program *Ecotect* dilakukan dengan tujuan menemukan solusi desain yang optimal dan sesuai dengan standar RT gereja. Berbagai alternatif disarankan agar nantinya dapat dipilih alternatif terbaik sebagai solusi optimasinya dan dapat diaplikasikan pada gereja tersebut, yakni desain akustik yang *adaptable* dan fleksibel. Variabel yang ditambahkan atau diubah adalah material, dimensi elemen pembentuk ruang, dan perabotnya. Berikut rekapitulasi hasil simulasi dari beberapa alternatif desain ruang gereja tersebut.

Tabel 5. Rekapitulasi alternatif desain ulang untuk mencapai nilai waktu dengung (RT) yang optimal

Variabel	Alternatif redesain	RT (detik)
Material	1. Penambahan karpet setebal 15 mm pada lantai dasar	1,43
	2. Penambahan karpet setebal 15 mm pada lantai dasar dan pengubahan pintu kayu menjadi pintu kaca geser	1,43
	3. Penambahan kayu lapis 3/8 inci pada seluruh dinding bagian dalam ruang	1,42
	4. Penambahan material <i>rockwool</i> setebal 5 mm pada plafon	1,42
Dimensi elemen pembentuk ruang	1. Penambahan ketebalan dinding 1,5 kali menjadi 27,5 cm	1,39
Perabot	1. Penambahan jumlah kursi, 60 buah	1,39
	2. Penambahan pelapis pada kursi	1,43
Kombinasi	1. Penambahan karpet 15 mm pada lantai dasar dan kayu lapis 6 mm pada sebagian dinding podium dan dinding belakang jemaat	1,40
	2. Penambahan <i>rockwool</i> 5 mm pada plafon dan kayu lapis 5 mm pada	1,40
	3. Penambahan karpet 15 mm pada lantai dasar dan kursi sebanyak 6 buah	1,40

dalam ruang gereja tersebut untuk mencapai nilai 1,4 detik (tidak lebih dan tidak kurang, perhatikan tulisan yang dipertebal) dapat dilakukan dengan cara kombinasi seperti penambahan karpet pada lantai dasar dan kayu lapis pada sebagian dinding podium dan dinding belakang jemaat, penambahan *rockwool* pada plafon dan kayu lapis pada sebagian dinding podium, atau penambahan karpet pada lantai dasar dan kursi sebanyak 6 buah. Hal ini memperlihatkan kombinasi penggunaan material, dimensi elemen pembentuk ruang, dan penggunaan perabot dalam suatu ruang mempengaruhi nilai waktu dengung (RT) ruang tersebut.

Kesimpulan

Mengenai kondisi akustik ruang Gereja Lanraki Biringkanaya, distribusi tingkat tekanan bunyi dalam ruang gereja ini sudah merata, sedangkan bising latar belakang (*background noise*) dan waktu dengung (*reverberation time*) pada ruang gereja ini belum memenuhi standar kenyamanan. Mengenai tanggapan pengguna terhadap kenyamanan audial dalam gereja ini, secara keseluruhan pengguna sudah merasa nyaman. Namun ketika dilihat dari faktor bising latar belakang dan waktu dengung pengguna masih mengeluhkan adanya gangguan suara dari luar dan gangguan khotbah (*speech*) yang menggema.

Desain ulang dalam mewujudkan konsep desain fisik yang baik dalam ruang Gereja Lanraki Biringkanaya sehingga tercapai kenyamanan audial dapat dilakukan dengan menginsulasi bising latar belakang yaitu dengan menutupi celah pada dinding, plafon, jendela, pintu, pemasangan kaca patri, ataupun celah lainnya pada gereja tersebut. Insulasi waktu dengung dapat dilakukan dengan kombinasi penggunaan material, dimensi elemen pembentuk ruang, dan penggunaan perabot pada ruang gereja tersebut.

Jarak dapat mempengaruhi tingkat tekanan bunyi. Pada gereja ini, semakin jauh jaraknya dari sumber bunyi,

maka semakin rendah tingkat tekanan bunyinya. Posisi pendengar yang berbeda dalam suatu ruangan mempengaruhi subjektivitas pendengaran manusia.

Saran

Ketika ingin membangun gereja dan bangunan yang berfungsi sejenisnya, sebaiknya mempertimbangkan berbagai aspek kenyamanan audial dan potensi gangguan yang mungkin terjadi. Penggunaan bahan pemantul dan penyerap bunyi harus seimbang pada ruang yang membutuhkan audial yang baik. Koefisien absorpsi material dapat disesuaikan dengan keadaan di pasaran agar dapat dimasukkan ke aplikasi *Ecotect* sehingga hasil simulasinya lebih mendekati kebenaran redesain. Penelitian selanjutnya dapat memasukkan variabel dan parameter yang belum dimasukkan dalam penelitian ini seperti kerapatan udara akibat perbedaan kelembaban udara, kerapatan udara akibat perbedaan ketinggian, perbedaan frekuensi, *early decay time*, dan *clarity*.

Daftar Pustaka

- Ballenger, John Jacob (1997). *Penyakit Telinga, Hidung, Tenggorok, Kepala, dan Leher Jilid 2 Edisi 13*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Cowan, J. (2007). *Building Acoustics*. In: *Springer Handbook of Acoustics*, ed. T. D. Rossing. New York: Springer, (p. 387-425).
- Doelle, Leslie L. (1990). *Akustik Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Egan, M. D. (1988). *Concepts in Architectural Acoustics*. New York: McGraw-Hill.
- Errede, S. (2013). *Acoustical Physics of Music*. University of Illinois: Department of Physics.
- Indrani, H. C. (2007). *Analisis Kinerja Akustik Ruang Auditorium Universitas Kristen Petra Surabaya*. Dimensi Interior, (p. 109-121).
- Iannace, G., 2016. *Acoustic Correction of Monumental Churches With Ceramic Material: The Case of The Cathedral of Benevento (Italy)*. Journal of Low Frequency Noise, Vibration, and Active Control (p. 230-239).
- Kahle, E., 2013. *Room Acoustical Quality of Concert Halls: Perceptual Factors and Acoustic Criteria - Return From Experience*. Toronto, Canada.
- Keputusan Menteri Kesehatan, 2002. RI, Paten No. No.405/Menkes/SK/XI/2002.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja, Paten No. 13/MEN/X/2011.
- Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew & Szokolay (1973). *Manual of Tropical Housing and Building*. Bombay: Orient Longman.
- Kuttruff, H. (2009). *Room Acoustics*. London: Spon Press.
- Legoh, F. (1993). *Acoustic Design and Scale Model Testing a Multi Purpose Auditorium*. U.K: The University of Salford.
- Lisayana & Indrani, Hedy C., 2013. *Studi Sistem Akustik pada Gereja Katolik Santa Maria Tak Bercela Surabaya*. 3Jurnal INTRA. Universitas Kristen Petra.
- Mediastika, E. C. (2008). *Akustika Bangunan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mills, E. D. (1976). *Planning*. London: Newness-Butterworth.
- Nelson, D. I. (2005). *The Global Burden of Occupational Noise-Induced Hearing Loss*. American Journal of Industrial.
- Pangesti, D. S., Thojib, J. & Martiningrum, I., 2013. *Redesain Interior Gedung Seni Pertunjukan Cak Durasim Surabaya Berdasarkan Akustik Ruangan*. Jurnal INTRA. Universitas Brawijaya.
- Parker, S. P. (1994). *McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms*. USA: McGraw-Hill.
- Poetiray, M. S. G., Ekasiwi, S. N. N. & Arifianto, D. (2015). *Pengukuran Kebisingan Bangunan Gereja Terbuka Studi Kasus: Gereja Puh Sarang, Kediri*. ECO-Architecture Conference. Wonosobo.
- Sabine, W. C. (1993). *Design for Good Acoustics. Collected Papers on Acoustics*. Los Altos, U.S: Trade Cloth Peninsula Publishing.
- Steemers, K. & Steane, M. Ann (2006). *Environmental Diversity in Architecture*. London: Spon Press.
- Sugiyono (2010). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Svensson, C. & Nilsson, E. (2008). *Optimum Room Acoustic Comfort TM (RACTM) Can Be Achieved By Using A Selection of Appropriate Acoustic Descriptors*. Euronois.
- Annely (2014). "Batasan Normal Tingkat Kebisingan", <https://anne3ly.wordpress.com/2014/04/03/batasan-normal-tingkat-kebisingan/> (Diakses pada 11 April 2018 pukul 20.47).