

Perencanaan Tata Penguat Bunyi, GKE Imanuel Muara Teweh

Frengky Benediktus Ola¹

Departemen Arsitektur – Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 43 Caturtunggal Kec. Depok Kabupaten Sleman DIY 55281¹
Email: frengky.ola@uajy.ac.id

Received 28 November 2025; Revised 10 December 2025; Accepted for Publication 12 December 2025; Published 30 March 2026

Abstract — Church worship spaces are acoustic spaces that require clear sound transmission to support liturgical functions. In many churches, including GKE Imanuel Muara Teweh, natural acoustic conditions and inappropriate loudspeaker (LS) arrangements result in uneven sound distribution, high reverberation time, and low intelligibility. This study aims to evaluate the existing condition of the LS layout and formulate improvement recommendations based on quantitative analysis and simulation using EASE FOCUS 5 software. The study was conducted through mapping of SPL distribution, stereo balance, SPL range, and SPL differences at mid-frequency, accompanied by community participation methods for the decision-making process. The analysis results show that the existing condition has significant sound unevenness with an SPL range of up to 18 dB and a difference in conversational frequencies >6 dB, thus disrupting comfort and hearing clarity. Three LS layout recommendations were simulated and recommendation 3 provided the best results with the most even sound distribution, an SPL range of only 7 dB, and much better sound balance, especially in the wing area. The results of this study serve as a basis for the church building committee to determine the implementable design by considering the desired acoustic quality and budget availability.

Keywords — sound, loudspeaker, recommendation

Abstrak—Ruang ibadah gereja merupakan ruang akustik yang menuntut kejelasan transmisi suara untuk mendukung fungsi liturgi. Pada banyak gereja, termasuk GKE Imanuel Muara Teweh, kondisi akustik alami dan penataan *loudspeaker* (LS) yang kurang tepat menyebabkan distribusi suara tidak merata, waktu dengung tinggi, serta *intelligibility* yang rendah. Proses perencanaan ini bertujuan mengevaluasi kondisi eksisting tata letak LS dan merumuskan rekomendasi perbaikan berbasis analisis kuantitatif dan simulasi menggunakan perangkat lunak EASE FOCUS 5. Perencanaan dilakukan melalui pemetaan sebaran *SPL*, keseimbangan stereo, rentang *SPL*, serta perbedaan *SPL* pada frekuensi tengah, disertai metode partisipasi masyarakat untuk proses pengambilan keputusan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi eksisting memiliki ketidakmerataan suara signifikan dengan rentang *SPL* hingga 18 dB serta perbedaan frekuensi percakapan >6 dB, sehingga mengganggu kenyamanan dan kejelasan pendengaran. Tiga rekomendasi tata letak LS disimulasikan dan rekomendasi 3 memberikan hasil terbaik dengan sebaran suara paling merata, rentang *SPL* hanya 7 dB, serta keseimbangan suara yang jauh lebih baik khususnya pada area sayap. Hasil studi ini menjadi dasar bagi panitia pembangunan gereja untuk menentukan desain implementatif dengan mempertimbangkan kualitas akustik yang diinginkan dan ketersediaan anggaran.

Kata Kunci—bunyi, loudspeaker, rekomendasi

I. PENDAHULUAN

Ruang ibadah gereja pada dasarnya bukan hanya ruang arsitektural, tetapi ruang akustik — di mana transmisi suara (khotbah, doa, musik, nyanyian) menjadi bagian sentral dari ibadah. Ruang-ruang seperti ini sering memiliki volume besar, langit-langit tinggi, dan permukaan reflektif (misalnya dinding dan lantai keras), sehingga menyebabkan pantulan suara dan waktu dengung yang tinggi. Kondisi ini mempersulit pendengar untuk menangkap suara langsung secara jelas, terutama jika distribusi sumber suara tidak direncanakan dengan baik. [1], [2].

Dalam konteks penggunaan *loudspeaker* untuk penguatan suara (*sound reinforcement*) yang lazim di gereja modern penataan *loudspeaker* (lokasi, arah pancaran, jumlah, sudut distribusi, dsb.) menjadi aspek krusial [3], [4]. Tanpa perencanaan tata letak yang tepat, distribusi suara bisa tidak merata: beberapa area jemaat bisa menerima suara dengan jelas, tetapi area lain malah mengalami “zona mati suara” atau *intelligibility* yang buruk. Mengoptimalkan penempatan pengeras suara sangat penting untuk mencapai reproduksi medan suara yang merata; penempatan yang tidak tepat menyebabkan jangkauan yang tidak merata dan area dengan kualitas suara yang buruk [5]. Dengan demikian, perencanaan tata letak *loudspeaker* di gereja tidak bisa dianggap sepele atau hanya soal menambah jumlah. Harus dilakukan analisis akustik ruang, mempertimbangkan geometri ruang, karakteristik material interior, posisi dan distribusi *loudspeaker*, supaya *direct sound* dapat menjangkau seluruh area jemaat secara merata sehingga seluruh jemaat menerima suara dengan kejelasan yang memadai.

Sekadar menambah *loudspeaker* tidak cukup — penempatan (posisi, arah pancaran, jumlah, ketinggian) perlu direncanakan agar *direct sound* yang cukup menjangkau seluruh area. Jika tidak, akan terjadi distribusi yang timpang: kursi depan mendapat *direct sound* kuat, sedangkan kursi belakang atau samping bisa berada di zona dengan *SPL* rendah dan *intelligibility* buruk. Kondisi seperti ini sudah ditemukan dalam studi ruang konferensi di mana perbedaan *SPL* depan-belakang mencapai >8 dB. [6]. Adaptasi akustik, termasuk sistem penguatan, diperlukan untuk mencapai kejelasan baik untuk ucapan maupun musik di lingkungan gereja yang bergema dan terganggu dengan kebisingan lingkungan [4], [7], [8]. Untuk tujuan ibadah di gereja (khotbah, pujian, musik), kejelasan informasi sangat penting — tidak hanya estetika suara [9], [10]. Oleh karena itu, perencanaan *loudspeaker* dengan memperhatikan *SPL*, *direct sound*, dan *distribusi uniform* bukan sekadar teknis, tapi aspek fundamental untuk mendukung fungsi liturgi.

Artikel ini bertujuan memaparkan proses perencanaan tata letak *loudspeaker* di ruang ibadah Gereja GKE Imanuel,

Muara Teweh, Kalimantan Tengah, dengan fokus pada metodologi: evaluasi kondisi eksisting, identifikasi titik-zona permasalahan (area dengan *intelligibility* buruk), kriteria pemilihan lokasi *loudspeaker* (LS), dan strategi distribusi suara — dengan tujuan memastikan distribusi suara yang merata dan tingkat *speech intelligibility* yang baik di seluruh area jemaat. Kegiatan pengabdian ini bersifat individu dengan dukungan pembiayaan dari GKE Imanuel, Muara Teweh, Kalimantan Tengah.

II. METODE PENGABDIAN

Pengabdian menggunakan metode kuantitatif dengan bantuan simulasi perangkat lunak untuk mengetahui kualitas kondisi eksisting bunyi dalam ruang dengan penataan LS yang ada. Analisis terhadap kondisi eksisting menjadi dasar dalam perencanaan konsep perbaikan penataan LS dalam ruang. Konsep-konsep perbaikan yang diusulkan kemudian diuji menggunakan perangkat lunak untuk melihat derajat perbaikan yang diperoleh. Pada tahap akhir dilakukan studi komparasi antara kondisi eksisting dan rekomendasi perbaikan menggunakan rujukan nilai kualitas yang dituju. Metode partisipasi masyarakat juga digunakan dalam proses pemaparan hasil dan pengambilan keputusan. Metode partisipatif terbukti menghasilkan produk yang lebih sesuai dengan aspirasi jemaat [11].

Studi simulasi menggunakan perangkat lunak EASE FOCUS 5. Analisis data melihat pada variabel-variabel; sebaran bunyi, keseimbangan bunyi (*stereo*), rentang *SPL* (nilai minimum dan maksimum), dan perbedaan *SPL* frekuensi tengah (bunyi percakapan). Nilai rujukan parameter kuantitatif diperoleh melalui studi literatur. Rekomendasi dengan nilai rujukan terbaik diputuskan sebagai solusi terbaik untuk diimplementasikan. Namun keputusan implementasi tetap berada pada pihak pemilik dengan mempertimbangkan segala aspek. Perencana hanya bertindak sebagai pemberi masukan dan pemapar hasil. Partisipasi masyarakat berupa presentasi dan diskusi perencana dan panitia pembangunan, guna mendapat masukan dalam proses perencanaan juga memberikan pertimbangan-pertimbangan kepada pemilik untuk pengambilan keputusan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi terhadap penataan *loudspeaker* (LS) eksisting dan ide revisi peletakan telah dilakukan. Berikut beberapa temuan yang diperoleh:

A. Kondisi Eksisting

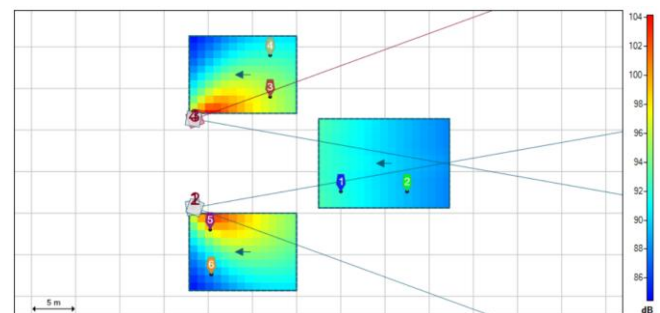
Perkuatan bunyi pada kondisi eksisting mengandalkan 4 unit LS 15" yang diletakan di area mimbar (kiri-kanan), 2 unit diarahkan ke area umat tengah, 2 unit masing-masing untuk sayap kiri-kanan. Perkuatan bunyi juga didukung 2 unit *subwoofer* dan LS 8" sebagai monitor (*Gambar 1*). Hasil simulasi menunjukkan pada kondisi eksisting tingkat sebaran bunyi tidak merata (*Gambar 2*) khususnya pada bagian tepi kiri area sayap dan bagian belakang area umat tengah. Pada area sayap bagian depan juga mengalami tingkat bunyi yang jauh lebih tinggi dari bagian lainnya. Pada distribusi tingkat bunyi (*Gambar 3*) juga menunjukkan rentang bunyi minimum dan maksimum yang lebar, tingkat bunyi

minimum sebesar 85 dB sedangkan maksimum sebesar 103 dB, perbedaannya sebesar 18 dB. Peningkatan tingkat suara sebesar 18 dB kemungkinan besar akan dianggap jauh lebih keras dan kurang nyaman, yang sering kali menyebabkan gangguan, stres, dan penurunan kesejahteraan, terutama pada individu yang sensitif atau pada *SPL* absolut yang lebih tinggi [12],[13].

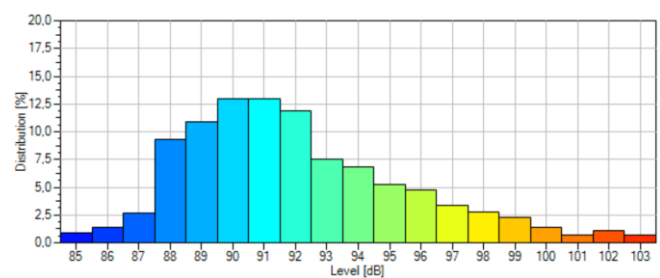
Pengamatan pada titik sampling juga menunjukkan hasil yang tidak nyaman. Perbedaan tingkat bunyi lebih besar dari 6 dB pada frekuensi bunyi percakapan akan mempengaruhi tingkat kejelasan bunyi percakapan yang diterima pendengar [14]. *Gambar 4* menunjukkan tingkat bunyi yang diterima setiap titik sampling pada rentang 63 Hz hingga 16 kHz. Hasil menunjukkan perbedaan yang sangat besar hingga 12 dB pada frekuensi 250 Hz pada titik sampling pengamatan. Pada frekuensi 500 Hz diketahui memiliki perbedaan hingga 8 dB. Hasil diatas menunjukkan adanya permasalahan serius pada peletakan LS kondisi eksisting.



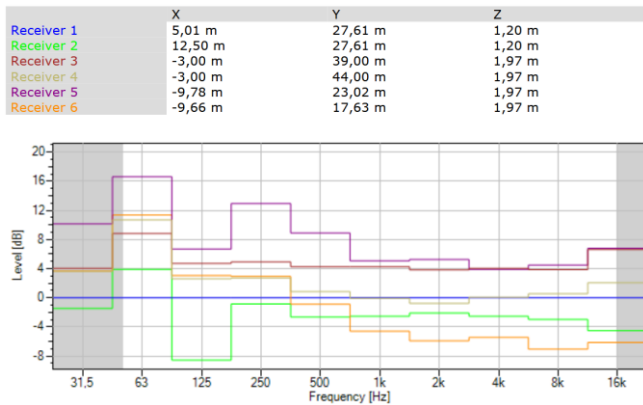
Gambar 1. Peletakan LS Eksisting



Gambar 2. Sebaran Bunyi (*Cutting Plane*) pada Penataan Loudspeaker Eksisting



Gambar 3. Distribusi Tingkatan Bunyi (*SPL*), pada Penataan Loudspeaker Eksisting



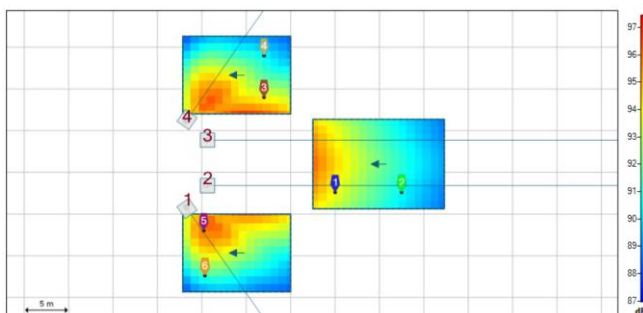
Gambar 4. Komparasi SPL Tiap Frekuensi, Tiap Titik Sampling, pada Penataan Loudspeaker Eksisting

B. Rekomendasi 1 (pengaturan ulang loudspeaker)

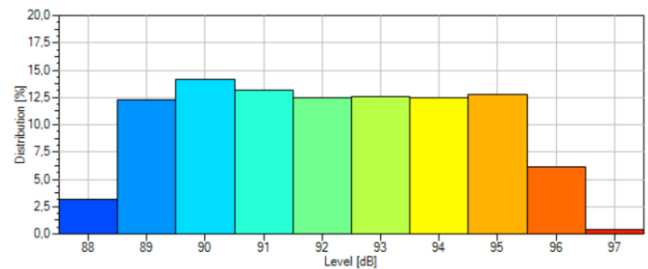
Loudspeaker 15" diletakkan di kolom kiri dan kanan mimbar dengan ketinggian 3.5m. LS menghadap ke sayap kiri dan kanan dengan arah horizontal 55 derajat dan kemiringan vertikal 25 derajat (berlawanan arah). *Gain* diturunkan -4 agar audien terdekat tidak merasa terganggu dengan kuat bunyi yang keluar. LS juga diletakkan di depan mimbar menghadap ke jemaat agar bunyi yang keluar langsung diarahkan ke jemaat di bawah balkon/sisi tengah. Tidak ada pengaturan *gain* (0), agar bunyi dapat terdengar sampai sisi belakang (area pintu masuk utama) (Gambar 8).

Meskipun pada rekomendasi ini tidak diperlukan penambahan pengadaan LS, beberapa kekurangan pada rekomendasi 1 dapat diamati; seperti terlihat pada Gambar 5. *Loudspeaker* yang diletakkan di depan mimbar secara visual akan mengganggu pemandangan jemaat. Bunyi kurang *balance*/tidak seimbang pada sayap. Bunyi akan lebih dominan kuat pada area yang berada dekat dengan LS. Selain itu karena sumber bunyi hanya dari salah satu sisi audien, maka bunyi yang diterima audien pada area sayap tidak seimbang pada kedua telinga. Perbedaan tingkat suara yang diterima oleh telinga kiri dan kanan (perbedaan tingkat *interaural*) mempengaruhi kejelasan pemrosesan informasi di otak dan persepsi pendengaran [15], [16].

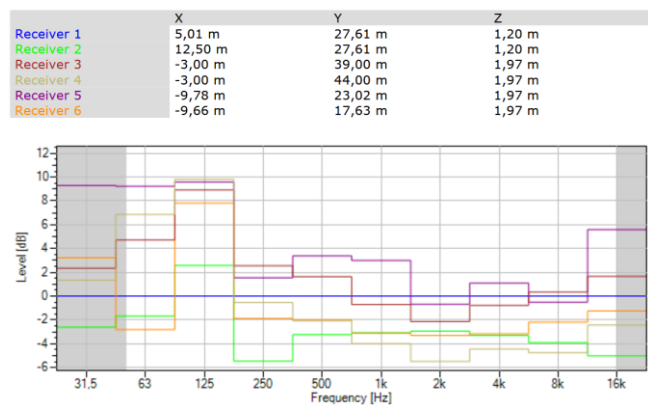
Kendati demikian, rekomendasi 1 menunjukkan perbaikan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Bunyi yang lebih merata, distribusi SPL dengan rentang yang lebih sempit (88 dB hingga 96 dB), dengan perbedaan kurang dari 10 dB menghasilkan sensasi yang lebih nyaman pada telinga pendengar di posisi manapun dalam gereja (Gambar 6). Kejelasan bunyi juga menjadi lebih baik karena perbedaan bunyi pada tiap titik amatan kurang dari 6 dB (Gambar 7).



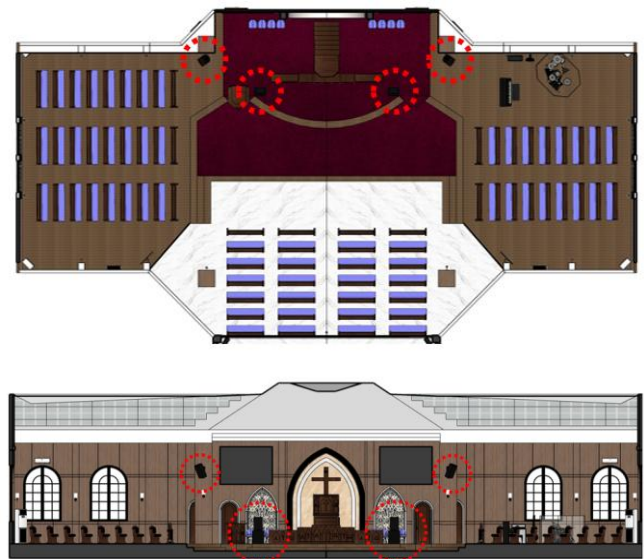
Gambar 5. Sebaran Bunyi (cutting plane) pada Penataan Loudspeaker Rekomendasi 1



Gambar 6. Distribusi Tingkatan Bunyi (SPL), pada Penataan Loudspeaker Rekomendasi 1



Gambar 7. Komparasi SPL Tiap Frekuensi, Tiap Titik Sampling, pada Penataan Loudspeaker Rekomendasi 1



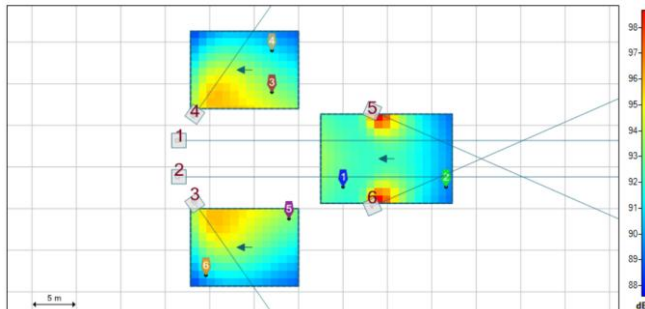
Gambar 8. Visualisasi Peletakan Loudspeaker Rekomendasi 1

C. Rekomendasi 2 (penambahan 2 loudspeaker 8")

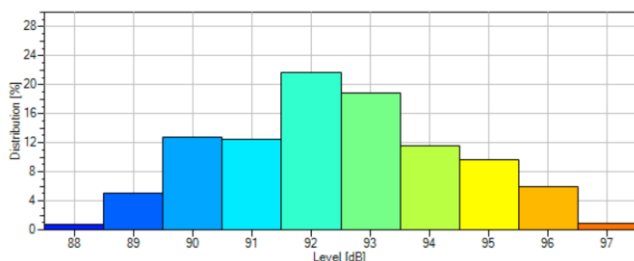
Pada rekomendasi ini dilakukan penambahan LS 8" untuk memperkuat bunyi pada area audien tengah sisi belakang. Keunggulan rekomendasi 2 adalah, peletakan LS lebih rapi, LS untuk area tengah digeser lebih ke belakang sehingga tidak mengganggu pandangan ke mimbar. Pada Gambar 9 terlihat sebaran bunyi lebih merata khususnya untuk audience di belakang (sekitar area pintu masuk utama)

karena penambahan LS 8" pada balkon bawah. (Gambar 11) (Gambar 12). Penambahan LS 8" dilakukan dengan pengurangan *gain* bunyi sebesar -8 dB, ini dilakukan agar tingkat bunyi pada area umat tengah sisi belakang tidak terlalu tinggi.

Hasil simulasi juga menunjukkan kecenderungan yang baik. Sebaran bunyi menjadi lebih baik, dengan distribusi *SPL* dari 89 dB hingga 96 dB (selisih 7 dB) (Gambar 10), sedikit lebih baik dari rekomendasi 1. Perbedaan tingkat bunyi dari tiap titik sampling juga menunjukkan perbaikan dengan selisih *SPL* sebesar maksimum 3 dB pada frekuensi tengah. Lebih baik dari rekomendasi 1.

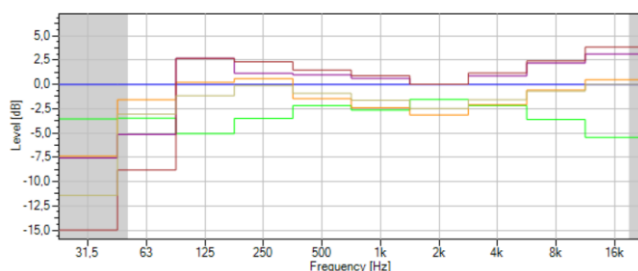


Gambar 9. Sebaran Bunyi (Cutting Plane) Pada Penataan Loudspeaker Rekomendasi 2

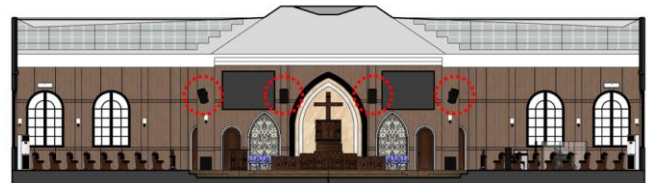
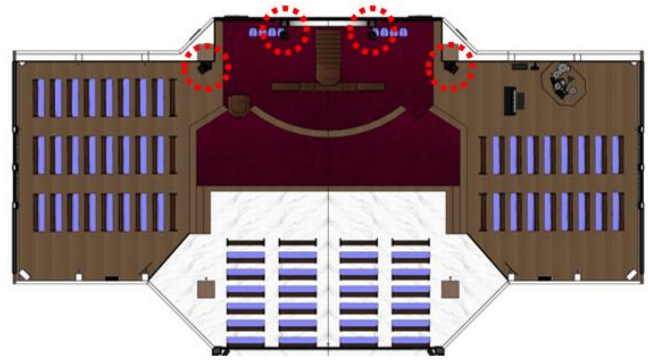


Gambar 10. Distribusi Tingkatan Bunyi (SPL), pada Penataan Loudspeaker Rekomendasi 2

	X	Y	Z
Receiver 1	5,01 m	27,61 m	1,20 m
Receiver 2	16,60 m	27,61 m	1,20 m
Receiver 3	-3,00 m	39,00 m	1,97 m
Receiver 4	-3,00 m	44,00 m	1,97 m
Receiver 5	-1,08 m	23,78 m	1,97 m
Receiver 6	-10,42 m	16,99 m	1,97 m



Gambar 11. Komparasi SPL Tiap Frekuensi, Tiap Titik Sampling, pada Penataan Loudspeaker Rekomendasi 2



Gambar 12. Visualisasi Peletakan Loudspeaker Rekomendasi 2

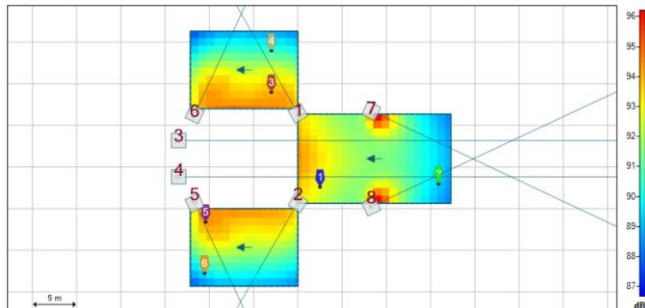
D. Rekomendasi 3 (*speaker eksisting dan penambahan speaker 15inch pada sayap kiri dan kanan, dan 8inch di bawah balkon*)

Rekomendasi 3 merupakan pengembangan dari rekomendasi 2. Pada rekomendasi ini dilakukan penambahan 2-unit LS 15" untuk menyeimbangkan bunyi pada area sayap. Terdapat 3 pasang/6-unit LS 15" yang akan terpasang di gereja, di antaranya; 2 LS pada kolom kiri dan kanan mimbar untuk area sayap, 2 LS pada sisi depan mimbar (di atas *subwoofer*) untuk area tengah, dan penambahan 2-unit LS 15" pada kolom kiri dan kanan seberang mimbar untuk area sayap. Terdapat 2 unit penambahan LS 8" untuk kekuatan bunyi pada area bawah balkon. (Gambar 16)

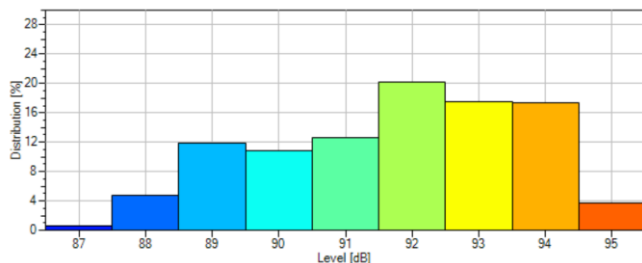
Loudspeaker di kolom kiri dan kanan mimbar dan di belakang mimbar, dengan ketinggian 3.5m. *Loudspeaker* menghadap ke sayap kiri dan kanan dengan arah horizontal 60 derajat dan kemiringan vertikal 25 derajat (berlawanan arah), *Gain* diturunkan -4. *Loudspeaker* belakang mimbar untuk distribusi bunyi ke sisi tengah/bawah balkon dengan kemiringan vertikal 10 derajat, *Gain* diturunkan -2. Dua LS 15" di kolom kiri dan kanan sayap dan di belakang mimbar, dengan ketinggian 5.47m. *Loudspeaker* menghadap ke sayap kiri dan kanan dengan arah horizontal 120 derajat dan kemiringan vertikal 25 derajat (berlawanan arah). *Gain* diturunkan -8. Penambahan LS 15" di kolom kiri dan kanan sayap membuat distribusi suara lebih *balance/seimbang* pada area sayap. (Gambar 16)

Hasil simulasi menunjukkan perbaikan signifikan dibandingkan dengan kondisi eksisting, juga lebih baik dari rekomendasi 1 dan 2. Bunyi menjadi lebih merata di semua area amatan. Bunyi pada area sayap lebih seimbang diterima pendengar karena bunyi yang datang dari kiri dan kanan. (Gambar 13). Rentang *SPL* juga hanya sebesar 7 dB ini memberikan efek kekuatan bunyi yang sama dimana saja pendengar duduk dalam gereja. (Gambar 14). Perbedaan tingkat bunyi pada titik amatan juga menunjukkan

perbedaan *SPL* hanya sebesar maksimum 4 dB. (Gambar 15). Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa rekomendasi 3 memberikan kualitas akustik yang lebih baik dari kondisi eksisting. Meskipun setara dengan rekomendasi 1, namun bunyi yang lebih seimbang pada area sayap memberikan keunggulan pada penataan rekomendasi 3.

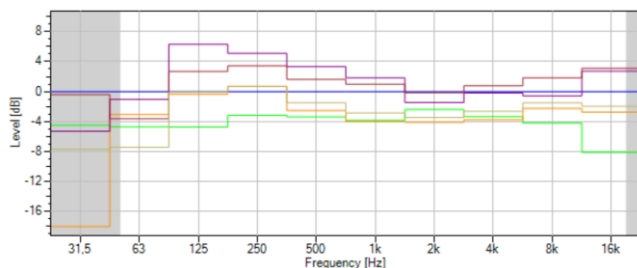


Gambar 13. Sebaran Bunyi (*Cutting Plane*) pada Penataan Loudspeaker Rekomendasi 3

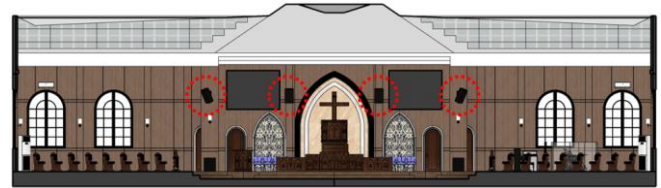
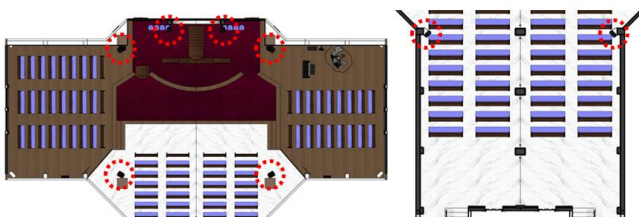


Gambar 14. Distribusi Tingkatan Bunyi (SPL), pada Penataan Loudspeaker Rekomendasi 3

	X	Y	Z
Receiver 1	2,51 m	27,61 m	1,20 m
Receiver 2	15,89 m	27,99 m	1,20 m
Receiver 3	-3,00 m	39,00 m	1,97 m
Receiver 4	-3,00 m	44,00 m	1,97 m
Receiver 5	-10,42 m	23,40 m	1,97 m
Receiver 6	-10,55 m	17,25 m	1,97 m



Gambar 15. Komparasi SPL Tiap Frekuensi, Tiap Titik Sampling, pada Penataan Loudspeaker Rekomendasi 3



Gambar 16. Visualisasi Peletakan Loudspeaker Rekomendasi 3

Tabel 1. Komparasi hasil

Model	Sebaran	Keseimbangan Bunyi	Perbedaan SPL (dB)	Perbedaan SPL frekuensi tengah (dB)
Rujukan	Baik	Baik	Max 10	Max 6
Eksis	Buruk	Buruk	18	12
Rek 1	Cukup	Kurang	8	5
Rek 2	Baik	Kurang	7	3
Rek 3	Baik	Baik	7	4

Seperti yang tertera pada Tabel 1, komparasi hasil studi menunjukan beberapa informasi. Pada model eksisting semua parameter uji menunjukan nilai dibawah rujukan, baik itu kuantitatif (sebaran *SPL* dan perbedaan *SPL* frekuensi tengah) maupun kualitatif (sebaran bunyi dan keseimbangan bunyi). Rekomendasi 1 dan 2 menunjukan perbaikan pada parameter kuantitatif namun belum memberikan hasil yang cukup baik pada parameter kualitatif. Rekomendasi 3 memberikan hasil terbaik tentunya dengan konsekuensi biaya investasi perbaikan yang lebih tinggi dibandingkan dengan rekomendasi lainnya, karena penambahan 2-unit LS 15" dan 2-unit LS 8". Presentasi dan diskusi telah dilakukan di hadapan panitia pembangunan. Panitia akan melakukan perubahan desain tata letak LS dalam ruangan gereja dengan mempertimbangkan capaian kualitas dan kuantitas masing-masing rekomendasi, serta pertimbangan ketersediaan biaya.

IV. KESIMPULAN

Studi terhadap penataan LS ruang ibadah GKE Muara Teweh, Kalimantan Tengah telah dilakukan. Pada kondisi eksisting kualitas bunyi yang diterima oleh audien tidak sesuai dengan standar yang dirujuk. Tiga rekomendasi sebagai perbaikan telah diajukan dengan rekomendasi 3 sebagai rekomendasi terbaik namun membutuhkan biaya investasi tertinggi. Keputusan implementasi akan dipilih oleh panitia pembangunan dengan pertimbangan kualitas audio yang dihasilkan dan pertimbangan ketersediaan biaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada panitia pembangunan dan renovasi GKE Imanuel Muara Teweh, Kalimantan Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Y. Prayoga, "KAJIAN AKUSTIK KUALITAS RUANG IBADAH GEREJA KRISTEN JAWA SARIMULYO," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2017.

- [2] B. A. Siregar, "PENGARUH ELEMEN RUANG TERHADAP KUALITAS AKUSTIK AUDITORIUM Studi Kasus: Auditorium Multifungsi Grha Sabha Pramana Universitas Gadjah Mada," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2016.
- [3] S. Koyama, G. Chardon, and L. Daudet, "Optimizing Source and Sensor Placement for Sound Field Control: An Overview," *IEEE/ACM Trans Audio Speech Lang Process*, vol. 28, pp. 696–714, 2020, doi: 10.1109/TASLP.2020.2964958.
- [4] F. Merli and A. Bevilacqua, "Using a Church as a Temporary Auditorium. Acoustical Design of S. Domenico of Imola," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Nov. 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1655/1/012146.
- [5] H. Gao, X. Feng, and Y. Shen, "Weighted Loudspeaker Placement Method for Sound Field Reproduction," *IEEE/ACM Trans Audio Speech Lang Process*, vol. 30, pp. 1263–1276, 2022, doi: 10.1109/TASLP.2022.3158187.
- [6] S. Suyatno and S. Indrawati, "Karakteristik Akustik Ruang Sidang Jurusan Fisika FMIPA-ITS sebagai Ruang Konferensi," *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 13, no. 1, p. 23, Mar. 2017, doi: 10.12962/j24604682.v13i1.2133.
- [7] B. R. D. Mahimairaj, P. Chandramouli, A. Razali, and N. B. C. Din, "Assessment of Acoustic Conditions in Worship Spaces Adjacent to Urban Noise: A Simulation Case Study of St. Thomas Garrison Church, Chennai," *Journal of Design and Built Environment*, p., 2024, doi: 10.22452/jdbe.vol24no2.2.
- [8] L. Tronchin and A. Bevilacqua, "Evaluation of acoustic similarities in two italian churches honored to S. Dominic," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 20, pp. 1–16, Oct. 2020, doi: 10.3390/app10207043.
- [9] R. S. Puay, B. Lam, A. Mitchell, and J. Chieng, "Soundscape and worship experience of contemporary worship music: A case study in Malaysia," *J Acoust Soc Am*, vol. 157, no. 6, pp. 4397–4410, Jun. 2025, doi: 10.1121/10.0036661.
- [10] B. Boren, "Word and Mystery: The Acoustics of Cultural Transmission During the Protestant Reformation," *Front Psychol*, vol. 12, p., 2021, doi: 10.3389/fpsyg.2021.564542.
- [11] M. Kinanthi *et al.*, "Pendampingan Perencanaan Master Plan Kompleks GKJ Medari menggunakan Media Maket Berbasis Partisipatif," *Jurnal Atma Inovasia (JAI)*, vol. 5, no. 3, p. 2025.
- [12] E. Legris *et al.*, "Relationship between Behavioral and Objective Measures of Sound Intensity in Normal-Hearing Listeners and Hearing-Aid Users: A Pilot Study," *Brain Sci*, vol. 12, no. 3, Mar. 2022, doi: 10.3390/brainsci12030392.
- [13] P. Liang *et al.*, "The effect of music tempo and volume on acoustic perceptions under the noise environment," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 7, Apr. 2021, doi: 10.3390/su13074055.
- [14] Y.-J. Choi, "Acoustical measurements of masks and the effects on the speech intelligibility in university classrooms," *Applied Acoustics*, vol. 180, p. 108145, 2021, doi: 10.1016/j.apacoust.2021.108145.
- [15] A. Brown and D. Tollin, "Effects of interaural decoherence on sensitivity to interaural level differences across frequency," *J Acoust Soc Am*, vol. 149 6, p. 4630, 2021, doi: 10.1121/10.0005123.
- [16] R. Hanaki, D. Morikawa, P. Mokhtari, and S. Okazaki, "Effect of sound image spatial splitting caused by interaural differences on speech intelligibility," *J Acoust Soc Am*, p., 2025, doi: 10.1121/10.0037307.

PENULIS



Frengky Benediktus Ola, Departemen Arsitektur,
Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya
Yogyakarta