

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Data Lapangan

Penelitian ini dilaksanakan pada tiga objek ruang ibadah dengan karakteristik dimensi dan volume yang berbeda, yaitu Ruang Chapel (luas kecil 94 m²), Ruang Gereja (luas sedang 312 m²), dan Ruang Aula (luas besar 2.160 m²). Pengukuran tingkat tekanan suara (*Sound Pressure Level/SPL*) dilakukan menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) pada dua kondisi, yaitu saat sistem tata suara dalam keadaan mati (background noise/menit ke-1) dan saat sistem aktif memutar sinyal kontrol pink noise (SPL aktif/menit ke-2). Data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata, minimum, dan maksimum dari setiap variasi penempatan speaker (depan, tengah, belakang), orientasi (1, 2, 3), serta jarak ukur yang disesuaikan dengan dimensi masing-masing ruangan.

4.2 Analisis Perilaku Akustik Melalui Simulasi EASE Focus

Simulasi menggunakan perangkat lunak *EASE Focus* dilakukan untuk memetakan perilaku akustik ruangan secara visual-spasial. Berdasarkan pemetaan kontur warna yang dihasilkan, diperoleh temuan sebagai berikut:

Pola Distribusi dan Pemerataan SPL

- Pada grafik simulasi, area tepat di depan *loudspeaker* ditandai dengan gradasi warna merah tua hingga jingga, yang mengindikasikan capaian SPL tertinggi (85 - 95 dB). Seiring bertambahnya jarak menuju zona belakang, gradasi warna berubah menjadi kuning, hijau, hingga biru tua pada sudut-sudut terjauh. Berdasarkan standar akustik ruang ibadah, suatu ruangan dikategorikan memiliki distribusi suara yang baik apabila selisih SPL antara area terdepan dan terbelakang tidak melebihi 6 dB.

- Ruang Chapel: Sebaran warna cenderung homogen (didominasi jingga dan kuning) dengan deviasi SPL relatif kecil (3 dB), yang menunjukkan bahwa dimensi ruang yang kecil efektif meminimalisir pelemahan energi suara secara drastis.
- Ruang Gereja dan Aula: Terjadi degradasi warna signifikan dari merah di zona depan menjadi hijau kebiruan di zona belakang, yang mengonfirmasi adanya pelemahan energi akibat *Inverse Square Law* apabila tidak didukung optimasi sudut tembak yang tepat.

membentuk pola kerucut terfokus. Karena kejelasan ucapan (*speech intelligibility*)

Identifikasi Area Titik Buta (Blind Spot)

- Pada simulasi potongan melintang (*Side View*), teridentifikasi zona di sudut belakang Aula dan Gereja yang menunjukkan warna biru pekat (SPL di bawah 70 dB). Area ini merupakan shadow zone atau blind spot yang disebabkan oleh pancaran direktivitas speaker yang tidak menjangkau sudut terjauh, sehingga memerlukan penambahan delay speaker untuk meratakan suara.

Respon Frekuensi Terhadap Redaman Suara

- Frekuensi Rendah (125-250 Hz): Bersifat *omnidirectional* (menyebar ke segala arah), berpotensi memicu penumpukan energi low-end dan gaung jika material dinding dominan reflektif.
- Frekuensi Tinggi (1-4 kHz): Bersifat sangat terarah (*directional*), sangat bertumpu pada spektrum ini, visualisasi kontur jingga-merah pada frekuensi ini harus dipastikan tepat mengenai area telinga jemaat.

4.3 Komparasi Data Eksperimen Lapangan dengan Prediksi Simulasi EASE

Focus

Untuk memvalidasi akurasi hasil, dilakukan komparasi antara nilai rata-rata SPL hasil pengukuran lapangan dengan prediksi simulasi. Secara umum, grafik tren penurunan SPL terhadap variasi jarak menunjukkan pola linear yang konsisten, di mana nilai desibel terbukti menurun seiring bertambahnya jarak dari sumber suara. Namun, terdapat deviasi rata-rata berkisar 2 - 4 dB antara data lapangan dan simulasi. Munculnya deviasi ini dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal yang bersifat dinamis, seperti fluktuasi kebisingan latar (*background noise*) saat pengambilan data, serta perbedaan koefisien penyerapan material riil di dalam ruangan (jenis kayu, tekstur dinding, keberadaan karpet, kaca, dan kapasitas audiens) yang memberikan efek redaman atau refleksi berbeda dengan kondisi ideal standar pada simulasi komputer.

4.4 Analisis Distribusi SPL pada Ruang Chapel (Luas Kecil)

Berdasarkan seluruh data pengukuran pada Ruang Chapel, terlihat bahwa tingkat tekanan suara (SPL) berada pada rentang yang sangat tinggi, yaitu antara 78 dB hingga 96,3 dB pada kondisi steady-state (menit ke-2). Fenomena paling signifikan adalah kecenderungan SPL justru meningkat di zona belakang, dengan puncak maksimum tertinggi tercatat pada skenario speaker belakang Orientasi 3 sebesar 96,3 dB. Hal ini sangat kontras dengan prinsip Inverse Square Law yang menyatakan bahwa tekanan suara seharusnya menurun seiring bertambahnya jarak dari sumber [2]. Data ini membuktikan bahwa pada ruang bervolume kecil, medan suara reverberasi (*reverberant field*) mendominasi dibandingkan suara langsung (*direct sound*), karena gelombang suara memantul bolak-balik dari dinding, lantai, dan langit-langit yang berjarak rapat sebelum energinya mereda [3].

Jika dibandingkan antarzonasi, rata-rata SPL di zona depan (78,05 -79,97 dB) dan zona tengah (77,08–79,62 dB) relatif lebih rendah dibandingkan zona belakang (79,15–84,3 dB). Kenaikan SPL di area belakang mengindikasikan adanya efek penumpukan energi akustik (*acoustic accumulation*) yang diperkuat oleh pantulan dari dinding belakang yang reflektif. Kondisi ini berbeda dengan temuan pada

Ruang Aula yang justru mengalami penurunan drastis di zona belakang akibat disipasi energi ke volume luas. Pada Chapel, volume yang sempit tidak menyediakan ruang yang cukup bagi energi suara untuk terdisipasi, sehingga terjadi saturasi akustik yang menyebabkan seluruh ruangan terisi oleh tekanan suara berlebih, bahkan hingga melampaui ambang batas kenyamanan 85 dB berdasarkan Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 [6].

Dari aspek fluktuasi temporal, nilai minimum dan maksimum pada setiap orientasi menunjukkan rentang yang cukup lebar, yang mengindikasikan adanya terlalu lebar, menandakan bahwa posisi di tengah ruangan mampu menciptakan interferensi gelombang berdiri (*standing wave*) dan comb filtering akibat pantulan dari berbagai permukaan keras. Fluktuasi ini mencerminkan bahwa sistem tiga loudspeaker yang terpasang menghasilkan pola gelombang yang tidak sepenuhnya koheren di area belakang, sehingga menimbulkan ketidakstabilan persepsi pendengaran bagi jemaat dan memperpanjang waktu dengung (RT60) yang mengancam kejelasan suara (*speech intelligibility*) akibat efek masking dari gema yang tertunda [8].

Apabila ditinjau dari variasi orientasi dan jarak, Orientasi 3 (jarak 7,5 m) secara konsisten mencatat rata-rata dan maksimum tertinggi di seluruh zona, terutama pada skenario speaker belakang dengan puncak 95,2 -96,3 dB. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan sudut tembak pada orientasi tersebut justru mengarahkan energi suara ke sudut-sudut ruang yang memicu pantulan maksimum, bukan ke area audiens secara efektif [12]. Sebaliknya, skenario speaker tengah menunjukkan rata-rata SPL yang paling terkendali (78-79 dB) dengan rentang fluktuasi yang tidak medan suara yang lebih seimbang antara suara langsung dan suara pantul [4].

Secara keseluruhan, data Chapel memperkuat kesimpulan bahwa ruang bervolume kecil memerlukan intervensi teknis yang bersifat reduktif, bukan aditif. Solusi optimal bukanlah menambah daya atau jumlah speaker, melainkan mengurangi daya output amplifier, mengurangi jumlah speaker aktif (dari 3 menjadi 1 atau 2), serta menambahkan material peredam akustik pada dinding belakang dan langit-langit untuk menekan pantulan berlebih. Selain itu, penyesuaian sudut

tembak (*tilt angle*) speaker agar lebih mengarah vertikal ke bawah ke arah jemaat (berdasarkan pola Side View DBR10) juga diperlukan agar energi suara tidak terbuang ke permukaan reflektif.

4.5 Analisis Distribusi SPL pada Ruang Aula (Luas Besar)

Berbeda dengan Chapel, Ruang Aula dengan volume yang jauh lebih besar menunjukkan perilaku distribusi SPL yang lebih bervariasi dan sangat dipengaruhi oleh posisi sumber suara. Secara umum, rata-rata SPL pada kondisi steady-state untuk seluruh skenario berkisar antara 73,17 dB hingga 79,78 dB—angka ini relatif lebih rendah dan lebih terkendali dibandingkan Chapel (84–85 dB). Hal ini membuktikan bahwa volume ruang yang lebih besar menyediakan kapasitas disipasi energi yang lebih baik, sehingga energi suara tidak terperangkap secara berlebihan [2][3]. Namun demikian, lonjakan puncak (maksimum) yang tercatat pada beberapa titik masih mencapai 86,5–89,9 dB, yang mengindikasikan bahwa risiko pelanggaran terhadap ambang batas kenyamanan 85 dB tetap ada, terutama pada konfigurasi dan zona tertentu [6].

Jika ditinjau berdasarkan skenario penempatan speaker, speaker depan menunjukkan rata-rata SPL yang relatif stabil dan merata di seluruh jarak ukur (75,28 dB pada 10 m, 74,27 dB pada 20 m, dan 74,90 dB pada 30 m). Pola ini mendekati prinsip Inverse Square Law di mana terjadi penurunan kecil seiring jarak [2]. Sementara itu, speaker tengah juga menunjukkan rata-rata yang relatif konsisten (73,17–74,83 dB) dengan puncak maksimum 86,5 dB pada Orientasi 2 (jarak 20 m), yang menandakan bahwa posisi speaker di tengah cukup efektif untuk menjangkau seluruh area tanpa menimbulkan penumpukan energi yang terlalu parah di salah satu zona [4].

Namun, fenomena paling signifikan terlihat pada skenario speaker belakang, di mana rata-rata SPL justru meningkat seiring bertambahnya jarak ukur, yaitu dari 75,63 dB (10 m) menjadi 78,23 dB (20 m) dan mencapai 79,78 dB (30 m), dengan puncak maksimum tertinggi mencapai 89,9 dB pada Orientasi 3. Pola peningkatan

ini secara tegas menyimpang dari Inverse Square Law dan mengonfirmasi bahwa penempatan speaker di zona belakang pada ruang besar sekalipun tetap memicu efek penumpukan energi di area dinding belakang, di mana gelombang pantul dari permukaan keras berinterferensi konstruktif dan memperkuat tekanan suara, sekaligus memperpanjang waktu dengung (RT60) yang mengancam kejelasan informasi [3][8]. Meskipun angkanya tidak separah Chapel (96 dB), puncak 89,9 dB ini tetap melampaui ambang batas dan berpotensi mengganggu kenyamanan jemaat di deretan belakang.

Dari aspek variasi orientasi dan jarak, Orientasi 3 (jarak 30 m) pada ketiga skenario secara konsisten mencatat nilai maksimum yang paling tinggi, terutama pada speaker belakang yang mencapai 89,9 dB. Hal ini mengindikasikan bahwa sudut tembak pada orientasi tersebut belum optimal, kemungkinan besar mengarahkan energi suara ke sudut ruang yang memicu pantulan maksimum alih-alih terfokus ke area audiens [12]. Selain itu, nilai minimum yang terekam cukup rendah (misalnya 65 dB pada speaker depan Orientasi 2) menunjukkan bahwa meskipun volume ruang besar, masih terdapat titik lemah (blind spot) akibat pola interferensi gelombang berdiri.

Secara keseluruhan, data Aula membuktikan bahwa strategi penempatan speaker di zona tengah memberikan keseimbangan distribusi SPL yang paling optimal, dengan rata-rata yang terkendali dan rentang fluktuasi yang tidak terlalu lebar, sehingga mampu menjangkau seluruh zona secara merata tanpa menimbulkan tekanan suara berlebih di area belakang. Sementara itu, penempatan speaker di zona belakang sangat tidak disarankan karena justru memicu peningkatan SPL di area yang seharusnya menjadi ujung ruangan.

4.6 Analisis Distribusi SPL pada Ruang Gereja (Luas Sedang)

Ruang Gereja dengan luas sedang (312 m²) menunjukkan perilaku akustik yang berada di antara Chapel (saturasi ekstrem) dan Aula (disipasi tinggi). Secara umum, rata-rata SPL pada kondisi steady-state untuk seluruh skenario berada dalam

rentang 76,37–80,53 dB, yang tergolong lebih moderat dibandingkan Chapel (84–85 dB) namun sedikit lebih tinggi dari Aula (73–78 dB). Angka ini mengindikasikan bahwa volume ruang sedang menyediakan kapasitas disipasi yang cukup, namun tetap memiliki risiko penumpukan energi akibat pantulan dari dinding dan langit-langit yang jaraknya tidak terlalu jauh [2][3]. Yang menjadi sorotan utama adalah lonjakan nilai maksimum yang sangat tinggi, di mana hampir seluruh skenario mencatat puncak SPL di atas 85 dB bahkan mencapai 92,1 dB pada speaker belakang Orientasi 2 yang secara tegas melampaui ambang batas kenyamanan berdasarkan Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 [6].

Jika ditinjau berdasarkan skenario penempatan, speaker depan menunjukkan rata-rata SPL yang relatif stabil di seluruh jarak (79,67 dB pada 4 m, 79,50 dB pada 8 m, dan 80,35 dB pada 12 m). Namun, nilai maksimum justru meningkat seiring jarak, dari 88,3 dB (4 m) menjadi 90,5 dB (12 m). Fenomena ini menyimpang dari prinsip Inverse Square Law [2] dan mengonfirmasi bahwa di area belakang Gereja, medan suara pantul (reverberant field) mulai mendominasi dibandingkan suara langsung, sehingga energi suara justru bertambah akibat akumulasi pantulan dari dinding belakang yang reflektif [3][4].

Sementara itu, speaker tengah menunjukkan performa yang paling stabil dan terkendali, dengan rata-rata terendah pada Orientasi 3 (76,37 dB) dan puncak maksimum yang relatif moderat (85,6 - 88,1 dB) dibandingkan skenario lainnya. Stabilitas ini menandakan bahwa posisi speaker di tengah ruangan mampu menciptakan keseimbangan optimal antara jangkauan ke depan dan belakang, sekaligus meminimalkan interferensi destruktif di titik-titik ukur [4].

Fenomena paling signifikan teramati pada skenario speaker belakang, di mana rata-rata SPL tercatat paling tinggi (79,23 - 80,53 dB) dengan puncak maksimum ekstrem mencapai 92,1 dB pada Orientasi 2 (jarak 8 m). Data ini membuktikan bahwa penempatan speaker di zona belakang pada ruang Gereja justru sangat kontraproduktif, karena energi suara tidak terdispersi ke area luas melainkan terperangkap dan berinteraksi dengan dinding belakang serta sudut ruang, memicu interferensi konstruktif yang memperkuat tekanan suara secara berlebihan [8].

Kondisi ini tidak hanya mengancam kejelasan suara akibat reverberasi yang berkepanjangan, tetapi juga menimbulkan ketidaknyamanan audial yang parah bagi jemaat di seluruh area, terutama di deretan belakang yang seharusnya menjadi target utama penempatan speaker tersebut [12].

Dari aspek variasi orientasi dan jarak, Orientasi 3 (jarak 12 m) pada skenario speaker depan dan belakang secara konsisten mencatat puncak maksimum yang tinggi (90,5 dB dan 91,1 dB), yang mengindikasikan bahwa sudut tembak pada orientasi tersebut kurang tepat. Kemungkinan besar, arah speaker pada orientasi tersebut membentuk sudut pantul yang menyebabkan gelombang suara berinterferensi konstruktif di titik-titik ukur tertentu, terutama di zona yang lebih dalam [12]. Selain itu, nilai minimum yang cukup rendah pada beberapa titik (misalnya 73,7 dB pada speaker depan Orientasi 2) menunjukkan bahwa meskipun rata-rata SPL relatif merata, masih terdapat titik lemah (blind spot) akibat pola gelombang berdiri yang perlu diidentifikasi dan diatasi melalui pemetaan akustik yang lebih detail.

Secara keseluruhan, data Gereja memberikan kesimpulan penting bahwa untuk ruang dengan luas sedang, strategi penempatan speaker di zona tengah adalah yang paling optimal karena menghasilkan rata-rata SPL paling rendah dan stabil, serta puncak maksimum yang masih berada pada kisaran yang dapat ditoleransi. Sementara itu, penempatan di zona belakang sangat tidak disarankan karena memicu lonjakan ekstrem hingga 92,1 dB.

4.7 Analisis Pola Dispersi Vertikal Berdasarkan Side View DBR10

Visualisasi Side View dari loudspeaker DBR10 yang disajikan dalam tiga panel (A, B, C) memberikan pemahaman penting mengenai pengaruh sudut tembak terhadap efektivitas distribusi suara di setiap ruangan. Pola dispersi vertikal ini sangat krusial karena menentukan seberapa jauh dan ke mana arah energi suara dipancarkan, serta seberapa besar interaksi dengan permukaan reflektif di dalam ruangan.

Panel A menunjukkan sudut tembak yang curam mengarah ke bawah. Orientasi ini paling efektif untuk ruang dengan plafon rendah seperti Chapel, karena memfokuskan energi suara langsung ke area jemaat dan meminimalkan pantulan ke langit-langit. Namun, jangkauan horizontalnya terbatas, sehingga kurang cocok untuk ruang dengan kedalaman besar seperti Aula [2][3][12].

Panel B menunjukkan sudut dispersi yang lebih lebar, yang memungkinkan cakupan area yang lebih luas secara vertikal dan horizontal. Orientasi ini berguna untuk mengisi area tengah ruangan secara merata, namun pada ruang sempit seperti zona depan, tengah, dan belakang untuk menciptakan cakupan vertikal yang saling Chapel, panel B justru memperkuat pantulan ke dinding samping yang berjarak dekat, menciptakan interferensi gelombang berdiri dan fluktuasi tekanan suara yang ekstrem [3].

Panel C menunjukkan pola yang paling landai, di mana energi suara diarahkan lebih horizontal ke arah belakang ruangan. Orientasi ini secara teoritis paling ideal untuk menjangkau zona belakang Gereja dan Aula yang berjarak jauh dari sumber. Namun, pada praktiknya, sudut tembak yang terlalu landai di ruang dengan plafon sedang justru berisiko mengarahkan energi suara langsung ke dinding belakang yang reflektif, sehingga memicu penumpukan energi dan memperpanjang waktu dengung (RT60) [8]. Hal ini terbukti dari data Gereja dan Aula di mana skenario speaker belakang dengan orientasi tertentu mencatat puncak maksimum yang melampaui ambang batas 85 dB [6].

Berdasarkan analisis ini, rekomendasi teknis yang dapat diberikan adalah mengadopsi orientasi kombinasi (A, B, dan C) pada unit speaker yang berbeda di melengkapi. Pada ruang dengan plafon rendah seperti Chapel, orientasi A harus diutamakan; pada ruang dengan kedalaman besar seperti Aula, kombinasi A dan C diperlukan; sedangkan pada ruang dengan volume sedang seperti Gereja, kombinasi A dan C dengan daya yang proporsional menjadi solusi paling optimal [12].

4.8 Analisis Pengaruh Dimensi Ruang Terhadap Efektivitas Daya Speaker

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan perhitungan teoritis pada tiga ruangan ibadah dengan volume berbeda (Chapel 941,2 m³, Aula 2.160 m³, dan Gereja 312 m³), terbukti bahwa daya 100 Watt TIDAK berbanding lurus (linier) dengan luas atau volume ruangan. Hubungan keduanya bersifat logaritmik dan kompleks karena dipengaruhi oleh tiga faktor fundamental: skala logaritmik pendengaran manusia ($SPL = SPL_W + 10 \cdot \log P$), Hukum Kuadrat Terbalik yang menyatakan penurunan 6 dB setiap pelipatgandaan jarak, serta dominasi suara SPL hingga 94–96 dBA yang mengganggu kenyamanan, namun kurang untuk Aula pantulan dalam ruang tertutup yang dinyatakan dalam persamaan $SPL_{total} = PWL + 10 \cdot \log(Q/4\pi r^2 + 4/R)$. Perhitungan teoritis menunjukkan bahwa ruangan dengan volume terkecil (Gereja) justru menghasilkan SPL tertinggi (101,73 dB), sedangkan ruangan dengan volume terbesar (Aula) menghasilkan SPL terendah (95,22 dB) untuk daya yang sama, membuktikan bahwa volume ruangan berpengaruh negatif terhadap SPL yang dihasilkan.

Validasi dengan data lapangan menunjukkan selisih 15–21 dB antara perhitungan teoritis dan pengukuran aktual akibat losses sistem, degradasi komponen, dan koefisien serap material yang lebih tinggi, namun pola hubungan antar ruangan tetap konsisten. Penurunan SPL aktual (0,38–0,68 dB) jauh lebih kecil dari penurunan teoritis berdasarkan Inverse Square Law (9,54 dB), membuktikan bahwa suara pantulan sangat dominan dan mengkompensasi penurunan suara langsung akibat jarak. Berdasarkan analisis kebutuhan daya, daya 100W berlebih untuk Chapel dan Gereja (cukup 30–50W) karena menyebabkan (butuh 150–200W) karena SPL di area belakang hanya mencapai 74,12 dBA di bawah target 75 dB. Dengan demikian, penggunaan daya yang sesuai dengan karakteristik ruangan, optimalisasi penempatan speaker tengah ($Q \approx 4$), serta penghapusan speaker belakang yang menyebabkan akumulasi SPL berlebih dan interferensi destruktif, akan meningkatkan efisiensi sistem dan menjamin kenyamanan akustik jemaat sesuai standar Kepmen LH No. 48 Tahun 1996.

4.9 Analisis Distribusi SPL pada Ruang Chapel (Luas kecil)

Tabel 4.1 Data Ruangan Chapel SPEAKER DEPAN

ORIENTASI 1	5m	ORIENTASI 2	2.5m	ORIENTASI 3	7.5m
1 Menit	54.5	1 Menit	54.3	1 Menit	53.8
2 Menit	78	2 Menit	81.3	2 Menit	82
2 Menit	86.7	2 Menit	91	2 Menit	89.4
2 Menit	85.6	2 Menit	83.4	2 Menit	85.3
2 Menit	81	2 Menit	85.9	2 Menit	85.4
2 Menit	82.5	2 Menit	83.9	2 Menit	80.4
Nilai Rata-rata	78.05	Nilai Rata-rata	79.97	Nilai Rata-rata	79.38
MIN	78	MIN	81.3	MIN	80.4
MAX	86.7	MAX	91	MAX	89.4

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 1 untuk konfigurasi Speaker Depan di Ruang Chapel, nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 53,8 - 54,5 dBA yang masih berada di bawah batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), sehingga ruangan tergolong tenang dan mendukung kegiatan ibadah. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 5 m, 2,5 m, dan 7,5 m berturut-turut adalah 78,05 dBA, 79,97 dBA, dan 79,38 dBA, yang menunjukkan kestabilan distribusi suara di seluruh area ukur. Namun, nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 2 (jarak 2,5 m) sebesar 91,0 dBA yang berada di atas batas kenyamanan ideal (75 - 80 dBA), sehingga berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan bagi jemaat di baris depan. Dengan rentang variasi 8,7 - 9,7 dBA, distribusi suara tergolong cukup merata, namun volume speaker depan sebaiknya diturunkan sedikit untuk mengurangi intensitas berlebih di area dekat speaker tanpa mengorbankan kejelasan suara di area belakang.

Tabel 4.2 Data Ruang Chapel SPEAKER TENGAH

Orientasi 1	5m	Orientasi 2	2.5m	Orientasi 3	7.5m
1 Menit	53	1 Menit	51.6	1 Menit	54.1
2 Menit	79.6	2 Menit	83.8	2 Menit	82.4
2 Menit	83.2	2 Menit	89.7	2 Menit	91
2 Menit	83.8	2 Menit	82.5	2 Menit	84.7
2 Menit	84.7	2 Menit	86.1	2 Menit	86.3
2 Menit	78.2	2 Menit	82.8	2 Menit	79.2
Nilai Rata-rata	77.08	Nilai Rata-rata	79.42	Nilai Rata-rata	79.62
MIN	78.2	MIN	82.5	MIN	79.2
MAX	84.7	MAX	89.7	MAX	91

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 2 untuk konfigurasi Speaker Tengah di Ruang Chapel, nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 51,6 – 54,1 dBA yang masih memenuhi standar baku mutu Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (≤ 55 dBA), menandakan kondisi ruangan yang tenang dan mendukung ibadah. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 5 m, 2,5 m, dan 7,5 m berturut-turut adalah 77,08 dBA, 79,42 dBA, dan 79,62 dBA, yang menunjukkan kestabilan distribusi suara dengan nilai rata-rata yang hampir sama di ketiga titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 3 (jarak 7,5 m) sebesar 91,0 dBA, yang disebabkan oleh akumulasi energi pantulan dari dinding belakang ruangan, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 1 (jarak 5 m) sebesar 78,2 dBA. Dengan rentang variasi 6,5 - 11,8 dBA yang lebih kecil dibandingkan speaker depan, speaker tengah terbukti memberikan distribusi suara yang lebih merata, namun volume tetap perlu dikendalikan agar SPL maksimum tidak melebihi 85 dBA untuk menjaga kenyamanan pendengaran jemaat.

Tabel 4.3 Data Ruangan Chapel SPEAKER BELAKANG

Orientasi 1	5m	Orientasi 2	2.5m	Orientasi 3	7.5m
1 Menit	64.5	1 Menit	54.8	1 Menit	57.1
2 Menit	86	2 Menit	83.7	2 Menit	89.7
2 Menit	87.5	2 Menit	90.2	2 Menit	94.1
2 Menit	87.4	2 Menit	85.6	2 Menit	90.5
2 Menit	85.1	2 Menit	85.1	2 Menit	93.1
2 Menit	64.4	2 Menit	79.4	2 Menit	81.3
Nilai Rata-rata	79.15	Nilai Rata-rata	79.8	Nilai Rata-rata	84.3
MIN	64.4	MIN	79.4	MIN	81.3
MAX	87.5	MAX	90.2	MAX	94.1

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 3 untuk konfigurasi Speaker Belakang di Ruang Chapel, nilai background noise menunjukkan hasil yang bervariasi dengan Orientasi 1 (jarak 5 m) mencatat 64,5 dBA dan Orientasi 3 (jarak 7,5 m) mencatat 57,1 dBA, yang keduanya berada di atas batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), mengindikasikan adanya gangguan kebisingan di area belakang ruangan. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada Orientasi 1, 2, dan 3 berturut-turut adalah 79,15 dBA, 79,80 dBA, dan 84,30 dBA, dengan nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 3 (jarak 7,5 m) sebesar 94,1 dBA yang sangat berisiko mengganggu kenyamanan pendengaran jemaat. Yang paling mengkhawatirkan adalah pada Orientasi 1, terjadi selisih nilai minimum-maksimum yang sangat besar yaitu 23,1 dBA (dari 64,4 dBA hingga 87,5 dBA), menunjukkan adanya titik mati (dead spot) dan titik dengan konsentrasi suara berlebih secara bersamaan di area yang sama. Hal ini membuktikan bahwa speaker belakang menyebabkan distribusi suara yang sangat tidak merata, dengan akumulasi energi pantulan dari dinding belakang yang memicu lonjakan SPL ekstrem sekaligus menciptakan area dengan cakupan suara yang buruk, sehingga

konfigurasi ini sebaiknya dihapus atau diganti dengan sistem delay speaker yang lebih terkendali.

Tabel 4.4 Data Ruang Chapel SPEAKER DEPAN

Orientasi 1	5m	Orientasi 2	2.5m	Orientasi 3	7.5m
1 Menit	54.7	1 Menit	54.6	1 Menit	54.6
2 Menit	77.3	2 Menit	81.3	2 Menit	82.7
2 Menit	86.5	2 Menit	90.7	2 Menit	90.4
2 Menit	85.5	2 Menit	84.9	2 Menit	86.8
2 Menit	83.6	2 Menit	88.4	2 Menit	88.5
2 Menit	79.9	2 Menit	85.5	2 Menit	86.3
Nilai Rata-rata	77.92	Nilai Rata-rata	80.9	Nilai Rata-rata	81.55
MIN	77.3	MIN	81.3	MIN	82.7
MAX	86.5	MAX	90.7	MAX	90.4

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 4 untuk konfigurasi Speaker Depan di Ruang Chapel (pengukuran kedua), nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 54,6 - 54,7 dBA yang masih memenuhi standar baku mutu Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (≤ 55 dBA), menunjukkan kondisi ruangan yang tenang dan mendukung ibadah. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 5 m, 2,5 m, dan 7,5 m berturut-turut adalah 77,92 dBA, 80,90 dBA, dan 81,55 dBA, yang menunjukkan tren peningkatan SPL seiring bertambahnya jarak dari speaker (fenomena yang tidak biasa karena secara teori SPL seharusnya menurun dengan jarak). Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 2 (jarak 2,5 m) sebesar 90,7 dBA yang berada di atas batas kenyamanan ideal (75 - 80 dBA), sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 1 (jarak 5 m) sebesar 77,3 dBA dengan rentang variasi 7,7 - 9,4 dBA. Peningkatan SPL di jarak yang

lebih jauh ini mengindikasikan adanya kontribusi kuat dari suara pantulan dinding yang terakumulasi di area belakang.

Tabel 4.5 Data Ruangan Chapel SPEAKER TENGAH

Orientasi 1	5m	Orientasi 2	2.5m	Orientasi 3	7.5m
1 Menit	54.6	1 Menit	54.7	1 Menit	54.3
2 Menit	81.3	2 Menit	81.8	2 Menit	82.1
2 Menit	86.1	2 Menit	87.9	2 Menit	86.8
2 Menit	87.3	2 Menit	84.9	2 Menit	83.2
2 Menit	86.2	2 Menit	82.4	2 Menit	83
2 Menit	81.8	2 Menit	78.5	2 Menit	79.1
Nilai Rata-rata	79.55	Nilai Rata-rata	78.37	Nilai Rata-rata	78.08
MIN	81.3	MIN	78.5	MIN	79.1
MAX	87.3	MAX	87.9	MAX	86.8

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 5 untuk konfigurasi Speaker Tengah di Ruang Chapel (pengukuran kedua), nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 54,3 - 54,7 dBA yang masih memenuhi standar baku mutu Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (≤ 55 dBA), menandakan ruangan dalam kondisi tenang dan mendukung ibadah. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 5 m, 2,5 m, dan 7,5 m berturut-turut adalah 79,55 dBA, 78,37 dBA, dan 78,08 dBA, yang menunjukkan penurunan SPL secara bertahap seiring bertambahnya jarak dari speaker — sebuah pola yang lebih sesuai dengan prinsip fisika akustik dibandingkan data speaker depan sebelumnya. Rentang variasi pada ketiga orientasi tergolong kecil, yaitu 6,0 dBA, 9,4 dBA, dan 7,7 dBA, dengan nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 2 (jarak 2,5 m) sebesar 87,9 dBA dan nilai minimum terendah pada Orientasi 3 (jarak 7,5 m) sebesar 79,1 dBA. Dibandingkan dengan speaker depan dan belakang, speaker tengah menunjukkan

distribusi suara yang paling stabil dan merata dengan fluktuasi yang terkendali, sehingga konfigurasi ini paling direkomendasikan untuk digunakan sebagai sumber utama distribusi suara di Ruang Chapel.

Tabel 4.6 Data Ruangan Chapel SPEAKER BELAKANG

Orientasi 1	5m	Orientasi 2	2.5m	Orientasi 3	7.5m
1 Menit	52.7	1 Menit	55.4	1 Menit	51.4
2 Menit	86.7	2 Menit	83.9	2 Menit	90
2 Menit	86.7	2 Menit	91.5	2 Menit	93.9
2 Menit	83.5	2 Menit	85	2 Menit	89.1
2 Menit	81.3	2 Menit	88.3	2 Menit	95.2
2 Menit	65	2 Menit	83.6	2 Menit	91
Nilai Rata-rata	75.98	Nilai Rata-rata	81.3	Nilai Rata-rata	85.1
MIN	65	MIN	83.6	MIN	89.1
MAX	86.7	MAX	91.5	MAX	95.2

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 6 untuk konfigurasi Speaker Belakang di Ruang Chapel (pengukuran kedua), nilai background noise menunjukkan variasi yang cukup lebar yaitu 51,4 - 55,4 dBA, dengan Orientasi 2 (jarak 2,5 m) mencatat 55,4 dBA yang sedikit di atas batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), mengindikasikan adanya gangguan kebisingan di beberapa titik area belakang ruangan. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada Orientasi 1, 2, dan 3 berturut-turut adalah 75,98 dBA, 81,30 dBA, dan 85,10 dBA, dengan nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 3 (jarak 7,5 m) sebesar 95,2 dBA yang sangat berbahaya bagi kenyamanan pendengaran jemaat. Yang paling mengkhawatirkan adalah pada Orientasi 1, terjadi selisih nilai minimum-maksimum yang sangat ekstrem yaitu 21,7 dBA (dari 65,0 dBA hingga 86,7 dBA), yang berarti di area yang sama terdapat titik dengan cakupan suara sangat buruk

sekaligus titik dengan konsentrasi suara berlebih akibat pantulan dinding belakang. Pola peningkatan rata-rata SPL seiring bertambahnya jarak (75,98 → 81,30 → 85,10 dBA) semakin mengonfirmasi bahwa speaker belakang menyebabkan akumulasi energi pantulan yang tidak terkendali di area belakang ruangan, sehingga konfigurasi ini sebaiknya dihapus karena sangat merugikan kenyamanan dan kejelasan suara bagi jemaat.

Tabel 4.7 Data Ruangan Chapel SPEAKER DEPAN

Orientasi 1	5m	Orientasi 2	2.5m	Orientasi 3	7.5m
1 Menit	52.5	1 Menit	52.2	1 Menit	64.2
2 Menit	89	2 Menit	78.6	2 Menit	85.6
2 Menit	83.5	2 Menit	86.9	2 Menit	85.9
2 Menit	81.1	2 Menit	80.1	2 Menit	80.5
2 Menit	83.4	2 Menit	80	2 Menit	89.5
2 Menit	79.2	2 Menit	75.5	2 Menit	77.7
Nilai Rata-rata	78.12	Nilai Rata-rata	75.55	Nilai Rata-rata	80.57
MIN	52.5	MIN	75.5	MIN	89.1
MAX	89	MAX	86.9	MAX	95.2

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 7 untuk konfigurasi Speaker Depan di Ruang Chapel (pengukuran ketiga), nilai background noise menunjukkan hasil yang sangat bervariasi, dengan Orientasi 1 (jarak 5 m) dan Orientasi 2 (jarak 2,5 m) masing-masing 52,5 dBA dan 52,2 dBA yang masih memenuhi standar baku mutu (≤ 55 dBA), namun Orientasi 3 (jarak 7,5 m) mencatat 64,2 dBA yang jauh di atas batas maksimal, mengindikasikan adanya gangguan kebisingan signifikan di area belakang ruangan pada saat pengukuran. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada ketiga orientasi berturut-turut adalah 78,12 dBA, 75,55 dBA, dan 80,57 dBA, yang menunjukkan fluktuasi tidak

beraturan tanpa pola penurunan atau peningkatan yang konsisten seiring jarak. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 3 (jarak 7,5 m) sebesar 95,2 dBA yang sangat berisiko mengganggu kenyamanan pendengaran, sementara nilai minimum terendah justru terjadi pada Orientasi 1 (jarak 5 m) dengan 52,5 dBA yang merupakan nilai background noise, menunjukkan adanya ketidakconsistenan data pada titik tersebut. Rentang variasi pada Orientasi 3 mencapai 6,1 dBA (89,1 – 95,2 dBA) dengan seluruh nilai SPL aktif di atas 85 dBA, yang berarti semua titik ukur di area tersebut menerima tekanan suara berlebih dan berpotensi menyebabkan ketidaknyamanan jemaat. Dibandingkan dengan data speaker depan sebelumnya, konfigurasi ini menunjukkan distribusi yang paling tidak stabil dengan adanya lonjakan SPL ekstrem di area belakang yang mengindikasikan akumulasi pantulan dinding, sehingga volume speaker depan perlu diturunkan secara signifikan dan penambahan material penyerap suara di dinding belakang sangat disarankan untuk mengendalikan pantulan berlebih.

Tabel 4.8 Data Ruang Chapel SPEAKER TENGAH

Orientasi 1	5m	Orientasi 2	2.5m	Orientasi 3	7.5m
1 Menit	53	1 Menit	51.5	1 Menit	52.1
2 Menit	82.9	2 Menit	80	2 Menit	87.5
2 Menit	87.2	2 Menit	85.3	2 Menit	87.5
2 Menit	84	2 Menit	82.6	2 Menit	83.4
2 Menit	83.7	2 Menit	82.2	2 Menit	82.8
2 Menit	79.2	2 Menit	81	2 Menit	77.5
Nilai Rata-rata	78.33	Nilai Rata-rata	77.1	Nilai Rata-rata	78.47
MIN	79.2	MIN	80	MIN	77.5
MAX	87.2	MAX	85.3	MAX	87.5

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 8 untuk konfigurasi Speaker Tengah di Ruang Chapel (pengukuran ketiga), nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 51,5 – 53,0 dBA yang seluruhnya memenuhi standar baku mutu Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (≤ 55 dBA), menunjukkan kondisi ruangan yang tenang dan ideal untuk kegiatan ibadah. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 5 m, 2,5 m, dan 7,5 m berturut-turut adalah 78,33 dBA, 77,10 dBA, dan 78,47 dBA, yang menunjukkan kestabilan distribusi suara yang sangat baik dengan variasi rata-rata hanya sekitar 1,4 dBA antar titik ukur. Rentang variasi pada ketiga orientasi tergolong kecil, yaitu 5,7 dBA, 5,3 dBA, dan 8,0 dBA, dengan nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 3 (jarak 7,5 m) sebesar 87,5 dBA dan nilai minimum terendah pada Orientasi 2 (jarak 2,5 m) sebesar 80,0 dBA. Konsistensi data ini semakin mengonfirmasi bahwa speaker tengah merupakan konfigurasi paling optimal untuk Ruang Chapel karena menghasilkan distribusi SPL yang paling stabil dan merata dibandingkan speaker depan maupun belakang, sehingga direkomendasikan sebagai sumber utama distribusi suara dengan pengaturan volume yang dijaga agar nilai maksimum tidak melebihi 85

Tabel 4.9 Data Ruang Chapel SPEAKER BELAKANG

Orientasi 1	5m	Orientasi 2	2.5m	Orientasi 3	7.5m
1 Menit	65.5	1 Menit	64.3	1 Menit	54.6
2 Menit	88.4	2 Menit	85.4	2 Menit	84
2 Menit	87	2 Menit	93.5	2 Menit	93.3
2 Menit	82.6	2 Menit	91.2	2 Menit	91
2 Menit	85.6	2 Menit	90.4	2 Menit	96.3
2 Menit	85.6	2 Menit	85.1	2 Menit	83.2
Nilai Rata-rata	82.45	Nilai Rata-rata	84.98	Nilai Rata-rata	83.73
MIN	82.6	MIN	85.1	MIN	83.2
MAX	88.4	MAX	93.5	MAX	96.3

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 9 untuk konfigurasi Speaker Belakang di Ruang Chapel (pengukuran ketiga), nilai background noise pada Orientasi 1 (65,5 dBA) dan Orientasi 2 (64,3 dBA) jauh melampaui batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), mengindikasikan gangguan kebisingan signifikan di area belakang ruangan. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada ketiga orientasi berturut-turut adalah 82,45 dBA, 84,98 dBA, dan 83,73 dBA, dengan nilai maksimum tertinggi pada Orientasi 3 (jarak 7,5 m) sebesar 96,3 dBA yang sangat berbahaya bagi kenyamanan pendengaran. Rentang variasi pada Orientasi 3 mencapai 13,1 dBA (83,2 - 96,3 dBA), menunjukkan ketidakmerataan ekstrem dengan akumulasi energi pantulan dari dinding belakang. Dengan seluruh nilai minimum di atas 82 dBA, konfigurasi speaker belakang terbukti menyebabkan distribusi suara yang sangat buruk.

4.10 Analisis Distribusi SPL pada Ruang Aula (Luas Besar)

Tabel 4.10 Data Ruang Aula SPEAKER DEPAN

Orientasi 1	10m	Orientasi 2	20m	Orientasi 3	30m
1 Menit	52.3	1 Menit	51.1	1 Menit	53
2 Menit	83.5	2 Menit	80.9	2 Menit	79.9
2 Menit	85	2 Menit	84.2	2 Menit	83.4
2 Menit	83.5	2 Menit	83.7	2 Menit	84.7
2 Menit	78	2 Menit	80.7	2 Menit	78.5
2 Menit	69.4	2 Menit	65	2 Menit	69.9
Nilai Rata-rata	75.28	Nilai Rata-rata	74.27	Nilai Rata-rata	74.9
MIN	69.4	MIN	65	MIN	69.9
MAX	85	MAX	84.2	MAX	84.7

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 10 untuk konfigurasi Speaker Depan di Ruang Aula (luas besar), nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 51,1 - 53,0 dBA yang seluruhnya memenuhi standar baku mutu Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (≤ 55 dBA), menunjukkan kondisi ruangan yang tenang dan mendukung kegiatan ibadah. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 10 m, 20 m, dan 30 m berturut-turut adalah 75,28 dBA, 74,27 dBA, dan 74,90 dBA, yang menunjukkan kestabilan rata-rata dengan penurunan hanya sekitar 0,38 – 1,01 dB meskipun jarak bertambah 20 meter. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 1 (jarak 10 m) sebesar 85,0 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 2 (jarak 20 m) sebesar 65,0 dBA yang mengindikasikan adanya titik dengan cakupan suara kurang optimal di area tengah ruangan. Rentang variasi terbesar terjadi pada Orientasi 2 yaitu 19,2 dBA (65,0 – 84,2 dBA), yang menunjukkan ketidakmerataan distribusi suara yang cukup signifikan di area tengah, kemungkinan disebabkan oleh interferensi gelombang pantulan dari dinding samping. Fluktuasi nilai yang tidak mengikuti pola penurunan teoritis Inverse Square Law (seharusnya turun 9,54 dB dari jarak 10 m ke 30 m) membuktikan bahwa suara pantulan sangat dominan di ruangan ini, sehingga diperlukan penambahan speaker delay di area tengah dan belakang untuk menjangkau jarak 30 m serta memastikan distribusi suara yang lebih merata di seluruh area ruangan.

Tabel 4.11 Data Ruangan Aula SPEAKER TENGAH

Orientasi 1	10m	Orientasi 2	20m	Orientasi 3	30m
1 Menit	52.5	1 Menit	50.9	1 Menit	52.2
2 Menit	78.1	2 Menit	83.5	2 Menit	82.7
2 Menit	81.7	2 Menit	81.2	2 Menit	82.9
2 Menit	77.8	2 Menit	79.8	2 Menit	80.5
2 Menit	76.9	2 Menit	86.5	2 Menit	77.2
2 Menit	72	2 Menit	67.1	2 Menit	71.3
Nilai Rata-rata	73.17	Nilai Rata-rata	74.83	Nilai Rata-rata	74.47
MIN	72	MIN	67.1	MIN	71.3
MAX	81.7	MAX	86.5	MAX	82.9

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 11 untuk konfigurasi Speaker Tengah di Ruang Aula, nilai background noise pada ketiga orientasi Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (≤ 55 dBA), menunjukkan kondisi ruangan yang tenang. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 10 m, 20 m, dan 30 m berturut-turut adalah 73,17 dBA, 74,83 dBA, dan 74,47 dBA, yang menunjukkan kestabilan distribusi dengan variasi rata-rata hanya sekitar 1,7 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 2 (jarak 20 m) sebesar 86,5 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 1 (jarak 10 m) sebesar 72,0 dBA, dengan rentang variasi 9,7 dBA, 19,4 dBA, dan 11,6 dBA pada masing-masing orientasi. Meskipun terdapat satu titik dengan SPL rendah (67,1 dBA pada Orientasi 2) yang mengindikasikan adanya area dengan cakupan suara kurang optimal, secara keseluruhan speaker tengah memberikan distribusi yang cukup merata dan dapat diandalkan sebagai sumber suara tambahan di ruang Aula. berkisar antara 50,9 – 52,5 dBA yang seluruhnya memenuhi standar baku mutu

Tabel 4.12 Data Ruang Aula SPEAKER BELAKANG

Orientasi 1	10m	Orientasi 2	20m	Orientasi 3	30m
1 Menit	48.1	1 Menit	55	1 Menit	50.1
2 Menit	81.2	2 Menit	85.2	2 Menit	89.9
2 Menit	86.1	2 Menit	86.9	2 Menit	88.6
2 Menit	81.8	2 Menit	85.2	2 Menit	86.4
2 Menit	83.4	2 Menit	83.9	2 Menit	87.5
2 Menit	73.2	2 Menit	73.2	2 Menit	76.2
Nilai Rata-rata	75.63	Nilai Rata-rata	78.23	Nilai Rata-rata	79.78
MIN	73.2	MIN	73.2	MIN	76.2
MAX	86.1	MAX	86.9	MAX	89.9

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 12 untuk konfigurasi Speaker Belakang di Ruang Aula, nilai background noise pada Orientasi 2 (jarak 20 m) mencatat 55,0 dBA yang berada tepat di batas maksimal standar, sementara orientasi lainnya berada di bawah 55 dBA (48,1 – 50,1 dBA). Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 10 m, 20 m, dan 30 m berturut-turut adalah 75,63 dBA, 78,23 dBA, dan 79,78 dBA, yang menunjukkan tren peningkatan SPL seiring bertambahnya jarak fenomena yang tidak wajar karena secara teori SPL seharusnya menurun dengan jarak. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 3 (jarak 30 m) sebesar 89,9 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 1 (jarak 10 m) dan Orientasi 2 (jarak 20 m) dengan 73,2 dBA, dengan rentang variasi 12,9 dBA, 13,7 dBA, dan 13,7 dBA. Pola peningkatan SPL di jarak yang lebih jauh ini mengindikasikan akumulasi energi pantulan dari dinding belakang yang sangat kuat, sehingga speaker belakang sebaiknya dihindari atau diganti dengan sistem delay yang lebih terkendali untuk mencegah ketidaknyamanan jemaat di area bela

Tabel 4.13 Data Ruangn Aula SPEAKER DEPAN

Orientasi 1	10m	Orientasi 2	20m	Orientasi 3	30m
1 Menit	52.1	1 Menit	51.1	1 Menit	59.1
2 Menit	81.6	2 Menit	82.8	2 Menit	81.9
2 Menit	82.9	2 Menit	84.4	2 Menit	84.9
2 Menit	82.9	2 Menit	78.1	2 Menit	80.9
2 Menit	79.3	2 Menit	79.7	2 Menit	79.7
2 Menit	70.3	2 Menit	73.1	2 Menit	70.3
Nilai Rata-rata	74.85	Nilai Rata-rata	74.87	Nilai Rata-rata	76.13
MIN	70.3	MIN	73.1	MIN	70.3
MAX	82.9	MAX	84.4	MAX	84.9

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 13 untuk konfigurasi Speaker Depan di Ruang Aula (pengukuran kedua), nilai background noise pada Orientasi 3 (jarak 30 m) mencatat 59,1 dBA yang berada di atas batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), mengindikasikan adanya gangguan kebisingan di area belakang ruangan, sementara orientasi lainnya menunjukkan nilai 51,1 - 52,1 dBA yang masih memenuhi standar. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 10 m, 20 m, dan 30 m berturut-turut adalah 74,85 dBA, 74,87 dBA, dan 76,13 dBA, yang menunjukkan kestabilan rata-rata dengan variasi hanya sekitar 1,3 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 3 (jarak 30 m) sebesar 84,9 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 1 (jarak 10 m) dan Orientasi 3 (jarak 30 m) dengan 70,3 dBA, dengan rentang variasi 12,6 dBA, 11,3 dBA, dan 14,6 dBA. Secara keseluruhan, speaker depan menunjukkan distribusi SPL yang relatif stabil dengan rata-rata sekitar 75 dB di seluruh jarak ukur, namun adanya titik dengan SPL rendah (70,3 dBA) dan background noise tinggi di area belakang menunjukkan bahwa penambahan speaker delay di area tengah dan perbaikan isolasi ruangan diperlukan untuk mencapai distribusi suara yang lebih optimal.

Tabel 4.14 Data Ruangan Aula SPEAKER TENGAH

Orientasi 1	10m	Orientasi 2	20m	Orientasi 3	30m
1 Menit	55	1 Menit	64.5	1 Menit	60
2 Menit	78.3	2 Menit	79.3	2 Menit	80
2 Menit	84.4	2 Menit	85.7	2 Menit	86
2 Menit	83.7	2 Menit	78.3	2 Menit	85.9
2 Menit	83	2 Menit	84.1	2 Menit	73.9
2 Menit	70.2	2 Menit	71.1	2 Menit	72
Nilai Rata-rata	75.77	Nilai Rata-rata	77.17	Nilai Rata-rata	76.3
MIN	70.2	MIN	71.1	MIN	72
MAX	84.4	MAX	85.7	MAX	86

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 14 untuk konfigurasi penyerap suara untuk mengendalikan pantulan yang menyebabkan fluktuasi nilai Speaker Tengah di Ruang Aula (pengukuran kedua), nilai background noise menunjukkan hasil yang sangat mengkhawatirkan dengan Orientasi 1 (jarak 10 m) mencatat 55,0 dBA, Orientasi 2 (jarak 20 m) mencatat 64,5 dBA, dan Orientasi 3 (jarak 30 m) mencatat 60,0 dBA, yang seluruhnya berada di atas atau tepat di batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), mengindikasikan adanya gangguan kebisingan signifikan di seluruh area ruangan. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 10 m, 20 m, dan 30 m berturut-turut adalah 75,77 dBA, 77,17 dBA, dan 76,30 dBA, dengan nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 3 (jarak 30 m) sebesar 86,0 dBA dan nilai minimum terendah pada Orientasi 1 (jarak 10 m) sebesar 70,2 dBA. Rentang variasi pada ketiga orientasi adalah 14,2 dBA, 14,6 dBA, dan 14,0 dBA, yang menunjukkan ketidakmerataan distribusi yang cukup signifikan. Secara keseluruhan, meskipun rata-rata SPL masih dalam kisaran yang dapat diterima, tingginya background noise di seluruh area mengindikasikan perlunya perbaikan isolasi ruangan dari kebisingan luar, yang

Tabel 4.15 Data Ruang Aula SPEAKER BELAKANG

Orientasi 1	10m	Orientasi 2	20m	Orientasi 3	30m
1 Menit	54	1 Menit	59.8	1 Menit	58
2 Menit	80	2 Menit	75.6	2 Menit	75.8
2 Menit	84.8	2 Menit	83.4	2 Menit	84.4
2 Menit	76.2	2 Menit	78	2 Menit	78.9
2 Menit	79.1	2 Menit	82.2	2 Menit	81.2
2 Menit	72.7	2 Menit	71.7	2 Menit	68.1
Nilai Rata-rata	74.47	Nilai Rata-rata	75.12	Nilai Rata-rata	74.4
MIN	72.7	MIN	71.7	MIN	68.1
MAX	84.8	MAX	83.4	MAX	84.4

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 15 untuk konfigurasi Speaker Belakang di Ruang Aula (pengukuran kedua), nilai background noise pada Orientasi 2 (jarak 20 m) dan Orientasi 3 (jarak 30 m) masing-masing mencatat 59,8 dBA dan 58,0 dBA yang berada di atas batas maksimal standar (55 dBA), sementara Orientasi 1 (jarak 10 m) mencatat 54,0 dBA yang masih memenuhi standar. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 10 m, 20 m, dan 30 m berturut-turut adalah 74,47 dBA, 75,12 dBA, dan 74,40 dBA, yang menunjukkan kestabilan rata-rata dengan variasi hanya sekitar 0,7 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 1 (jarak 10 m) sebesar 84,8 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 3 (jarak 30 m) sebesar 68,1 dBA, dengan rentang variasi 12,1 dBA, 11,7 dBA, dan 16,3 dBA. Meskipun rata-rata SPL relatif stabil, adanya nilai minimum yang rendah pada jarak 30 m (68,1 dBA) mengindikasikan bahwa speaker belakang tidak mampu menjangkau seluruh area belakang secara merata, sehingga konfigurasi ini kurang efektif untuk ruangan dengan dimensi memanjang seperti Aula.

Tabel 4.16 Data Ruang Aula SPEAKER DEPAN

Orientasi 1	10m	Orientasi 2	20m	Orientasi 3	30m
1 Menit	61.1	1 Menit	59.6	1 Menit	52.7
2 Menit	80.7	2 Menit	82.5	2 Menit	77.7
2 Menit	85.1	2 Menit	85.5	2 Menit	85.7
2 Menit	86	2 Menit	75.1	2 Menit	80.1
2 Menit	80.9	2 Menit	82.2	2 Menit	78.8
2 Menit	68.8	2 Menit	66.7	2 Menit	69.7
Nilai Rata-rata	77.1	Nilai Rata-rata	75.27	Nilai Rata-rata	74.12
MIN	68.8	MIN	66.7	MIN	69.7
MAX	86	MAX	85.5	MAX	85.7

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 16 untuk konfigurasi Speaker Depan di Ruang Aula (pengukuran ketiga), nilai background noise pada Orientasi 1 (jarak 10 m) dan Orientasi 2 (jarak 20 m) masing-masing mencatat 61,1 dBA dan 59,6 dBA yang berada di atas batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), menunjukkan gangguan kebisingan di area depan dan tengah ruangan, sementara Orientasi 3 (jarak 30 m) mencatat 52,7 dBA yang masih memenuhi standar. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 10 m, 20 m, dan 30 m berturut-turut adalah 77,10 dBA, 75,27 dBA, dan 74,12 dBA, yang menunjukkan tren penurunan SPL seiring bertambahnya jarak pola yang sesuai dengan prinsip fisika akustik. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 1 (jarak 10 m) sebesar 86,0 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 3 (jarak 30 m) sebesar 68,8 dBA, dengan rentang variasi 17,2 dBA, 15,4 dBA, dan 17,6 dBA. Meskipun terjadi penurunan SPL yang cukup besar dari jarak 10 m ke kejelasan suara, namun tingginya background noise di area depan dan tengah serta variasi nilai yang besar menunjukkan bahwa penambahan speaker delay di area tengah dan perbaikan isolasi ruangan sangat diperlukan untuk mencapai distribusi Suara yang optimal di seluruh area ruang Aula.

Tabel 4.17 Data Ruangan Aula SPEAKER TENGAH

Orientasi 1	10m	Orientasi 2	20m	Orientasi 3	30m
1 Menit	52	1 Menit	54.6	1 Menit	51
2 Menit	79.6	2 Menit	80.8	2 Menit	81.7
2 Menit	86.2	2 Menit	84.2	2 Menit	84.1
2 Menit	84.4	2 Menit	78.9	2 Menit	82.6
2 Menit	84.9	2 Menit	81.3	2 Menit	80.2
2 Menit	66.8	2 Menit	68.8	2 Menit	73.5
Nilai Rata-rata	75.65	Nilai Rata-rata	74.77	Nilai Rata-rata	75.52
MIN	66.8	MIN	68.8	MIN	73.5
MAX	86.2	MAX	84.2	MAX	84.1

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 17 untuk konfigurasi Speaker Tengah di Ruang Aula (pengukuran ketiga), nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 51,0 – 54,6 dBA yang seluruhnya memenuhi standar baku mutu Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (≤ 55 dBA), menunjukkan kondisi ruangan yang tenang dan mendukung kegiatan ibadah. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 10 m, 20 m, dan 30 m berturut-turut adalah 75,65 dBA, 74,77 dBA, dan 75,52 dBA, yang menunjukkan kestabilan distribusi dengan variasi rata-rata hanya sekitar 0,9 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 1 (jarak 10 m) sebesar 86,2 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 1 (jarak 10 m) sebesar 66,8 dBA, dengan rentang variasi 19,4 dBA, 15,4 dBA, dan 10,6 dBA pada masing-masing orientasi. Meskipun terdapat titik dengan SPL rendah (66,8 dBA dan 68,8 dBA) yang mengindikasikan adanya area dengan cakupan suara kurang optimal, secara keseluruhan speaker tengah memberikan distribusi yang cukup merata dan stabil, sehingga konfigurasi ini dapat diandalkan sebagai sumber suara tambahan di ruang Aula dengan pengaturan volume yang diperhatikan agar nilai maksimum tidak melebihi 85 dBA.

Tabel 4.18 Data Ruang Aula SPEAKER BELAKANG

Orientasi 1	10m	Orientasi 2	20m	Orientasi 3	30m
1 Menit	54.6	1 Menit	54.7	1 Menit	54.7
2 Menit	81.3	2 Menit	82.9	2 Menit	78.9
2 Menit	82.9	2 Menit	83.4	2 Menit	82.2
2 Menit	76.7	2 Menit	79.5	2 Menit	80.5
2 Menit	77.7	2 Menit	84.2	2 Menit	85.3
2 Menit	67	2 Menit	71.3	2 Menit	65.4
Nilai Rata-rata	73.4	Nilai Rata-rata	76	Nilai Rata-rata	74.5
MIN	67	MIN	71.3	MIN	65.4
MAX	82.9	MAX	84.2	MAX	85.3

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 18 untuk konfigurasi Speaker Belakang di Ruang Aula (pengukuran ketiga), nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 54,6 – 54,7 dBA yang seluruhnya masih memenuhi standar baku mutu Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (≤ 55 dBA), menunjukkan kondisi ruangan yang tenang. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 10 m, 20 m, dan 30 m berturut-turut adalah 73,40 dBA, 76,00 dBA, dan 74,50 dBA, yang menunjukkan fluktuasi rata-rata dengan variasi sekitar 2,6 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 3 (jarak 30 m) sebesar 85,3 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 3 (jarak 30 m) sebesar 65,4 dBA, dengan rentang variasi 15,9 dBA, 12,9 dBA, dan 19,9 dBA pada masing-masing orientasi. Rentang variasi terbesar terjadi pada Orientasi 3 (19,9 dBA) yang menunjukkan ketidakmerataan distribusi suara yang signifikan di area belakang ruangan, dengan adanya titik yang menerima SPL sangat rendah (65,4 dBA) dan titik lain yang menerima SPL tinggi (85,3 dBA) secara bersamaan. Hal ini membuktikan bahwa speaker belakang masih memiliki kelemahan dalam menjangkau seluruh area belakang secara merata, sehingga konfigurasi ini perlu

dievaluasi ulang atau diganti dengan sistem delay speaker yang lebih terkendali untuk memastikan kenyamanan pendengaran jemaat di seluruh area ruang Aula.

4.11 Analisis Distribusi SPL pada Ruang Gereja (Luas Sedang)

Tabel 4.19 Data Ruangan Gereja SPEAKER DEPAN

Orientasi 1	4m	Orientasi 2	8m	Orientasi 3	12m
1 Menit	55.4	1 Menit	56.1	1 Menit	55.8
2 Menit	83.1	2 Menit	85.4	2 Menit	79.7
2 Menit	82.7	2 Menit	84.1	2 Menit	85.6
2 Menit	84.8	2 Menit	73.7	2 Menit	85.6
2 Menit	83.7	2 Menit	89.4	2 Menit	90.5
2 Menit	88.3	2 Menit	88.3	2 Menit	84.9
Nilai Rata-rata	79.67	Nilai Rata-rata	79.50	Nilai Rata-rata	80.35
MIN	82.7	MIN	73.7	MIN	79.7
MAX	88.3	MAX	89.4	MAX	90.5

Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), mengindikasikan adanya gangguan kebisingan di seluruh area ruangan. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 4 m, 8 m, dan 12 m berturut-turut adalah 79,67 dBA, 79,50 dBA, dan 80,35 dBA, yang menunjukkan kestabilan rata-rata dengan variasi hanya sekitar 0,85 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 3 (jarak 12 m) sebesar 90,5 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 2 (jarak 8 m) sebesar 73,7 dBA, dengan rentang variasi 5,6 dBA, 15,7 dBA, dan 10,8 dBA pada masing-masing orientasi. Rentang variasi terbesar terjadi pada Orientasi 2 (15,7 dBA) yang menunjukkan ketidakmerataan distribusi suara yang signifikan

di area tengah ruangan, dengan adanya titik yang menerima SPL sangat rendah (73,7 dBA) dan titik lain yang menerima SPL tinggi (89,4 dBA) secara bersamaan, sehingga diperlukan penambahan material penyerap suara untuk mengendalikan pantulan yang menyebabkan fluktuasi nilai yang besar.

Tabel 4.20 Data Ruangan Gereja SPEAKER TENGAH

Orientasi 1	4m	Orientasi 2	8m	Orientasi 3	12m
1 Menit	55.2	1 Menit	56.5	1 Menit	55.9
2 Menit	77	2 Menit	85.8	2 Menit	79.6
2 Menit	85.8	2 Menit	88.1	2 Menit	74.1
2 Menit	76.4	2 Menit	87.1	2 Menit	85.6
2 Menit	85.8	2 Menit	86	2 Menit	79.8
2 Menit	80.7	2 Menit	76.8	2 Menit	83.2
Nilai Rata-rata	76.82	Nilai Rata-rata	80.05	Nilai Rata-rata	76.37
MIN	76.4	MIN	76.8	MIN	74.1
MAX	85.8	MAX	88.1	MAX	85.6

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Gambar 3.26 untuk konfigurasi Speaker Tengah di Ruang Gereja, nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 55,2 – 56,5 dBA yang seluruhnya berada di atas batas maksimal standar (55 dBA), menunjukkan adanya gangguan kebisingan di seluruh area ruangan. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 4 m, 8 m, dan 12 m berturut-turut adalah 76,82 dBA, 80,05 dBA, dan 76,37 dBA, yang menunjukkan pola tidak beraturan dengan peningkatan di jarak 8 m kemudian menurun di jarak 12 m. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 2 (jarak 8 m) sebesar 88,1 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 3 (jarak 12 m) sebesar 74,1 dBA, dengan rentang variasi 9,4 dBA, 11,3 dBA, dan 11,5 dBA pada masing-masing orientasi. Pola distribusi yang tidak beraturan ini mengindikasikan adanya

interferensi gelombang pantulan yang kompleks di dalam ruangan, sehingga speaker tengah pada konfigurasi ini kurang stabil dibandingkan speaker depan, dan memerlukan pengaturan ulang posisi atau sudut tembak untuk mencapai distribusi yang lebih merata.

Tabel 4.21 Data Ruangn Gereja SPEAKER BELAKANG

Orientasi 1	4m	Orientasi 2	8m	Orientasi 3	12m
1 Menit	55.1	1 Menit	56	1 Menit	55.6
2 Menit	85.2	2 Menit	80.2	2 Menit	79.2
2 Menit	77.2	2 Menit	76.8	2 Menit	87.1
2 Menit	91.1	2 Menit	82.6	2 Menit	75.2
2 Menit	87.6	2 Menit	91.7	2 Menit	91.1
2 Menit	87	2 Menit	92.1	2 Menit	87.2
Nilai Rata-rata	80.53	Nilai Rata-rata	79.90	Nilai Rata-rata	79.23
MIN	77.2	MIN	76.8	MIN	75.2
MAX	91.1	MAX	92.1	MAX	91.1

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Gambar 3.27 untuk konfigurasi Speaker Belakang di Ruang Gereja, nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 55,1 - 56,0 dBA yang seluruhnya berada di atas batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), menunjukkan gangguan kebisingan di seluruh area. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 4 m, 8 m, dan 12 m berturut-turut adalah 80,53 dBA, 79,90 dBA, dan 79,23 dBA, yang menunjukkan tren penurunan SPL seiring bertambahnya jarak sesuai dengan prinsip fisika akustik. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 2 (jarak 8 m) sebesar 92,1 dBA dan Orientasi 3 (jarak 12 m) sebesar 91,1 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 1 (jarak 4 m) sebesar 77,2 dBA, dengan rentang variasi 13,9 dBA, 15,3 dBA, dan 15,9 dBA. Nilai maksimum yang sangat tinggi (92,1 dBA)

pada area belakang ruangan mengindikasikan akumulasi energi pantulan dari dinding belakang yang sangat kuat, sehingga konfigurasi speaker belakang ini berisiko menyebabkan ketidaknyamanan pendengaran jemaat dan sebaiknya dihapus atau diganti dengan sistem delay yang lebih terkendali untuk melindungi kenyamanan jemaat di seluruh area ruang Gereja.

Tabel 4.22 Data Ruangan Gereja SPEAKER DEPAN

Orientasi 1	4m	Orientasi 2	8m	Orientasi 3	12m
1 Menit	59.7	1 Menit	59.1	1 Menit	59.4
2 Menit	84.7	2 Menit	84.9	2 Menit	87.4
2 Menit	86.6	2 Menit	82.5	2 Menit	90.9
2 Menit	89.1	2 Menit	92.1	2 Menit	83.2
2 Menit	84.1	2 Menit	83.1	2 Menit	83.2
2 Menit	80.6	2 Menit	92.1	2 Menit	86.1
Nilai Rata-rata	80.8	Nilai Rata-rata	82.30	Nilai Rata-rata	81.70
MIN	80.6	MIN	82.5	MIN	83.2
MAX	89.1	MAX	92.1	MAX	90.9

ketiga orientasi berkisar antara 59,1 - 59,7 dBA yang seluruhnya berada jauh di atas batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), mengindikasikan adanya gangguan kebisingan yang signifikan di seluruh area ruangan. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 4 m, 8 m, dan 12 m berturut-turut adalah 80,80 dBA, 82,30 dBA, dan 81,70 dBA, yang menunjukkan fluktuasi rata-rata dengan variasi sekitar 1,5 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 2 (jarak 8 m) sebesar 92,1 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 1 (jarak 4 m) sebesar 80,6 dBA, dengan rentang variasi 8,5

dBA, 9,6 dBA, dan 10,8 dBA pada masing-masing orientasi. Adanya dua nilai 92,1 dBA pada Orientasi 2 yang merupakan titik tertinggi di antara semua pengukuran menunjukkan konsentrasi energi pantulan yang sangat kuat di area tengah ruangan

Tabel 4.23 Data Ruangan Gereja SPEAKER TENGAH

Orientasi 1	4m	Orientasi 2	8m	Orientasi 3	12m
1 Menit	58.6	1 Menit	59.3	1 Menit	59
2 Menit	81.3	2 Menit	87.9	2 Menit	79.8
2 Menit	87.2	2 Menit	89.2	2 Menit	85.4
2 Menit	83.6	2 Menit	89.5	2 Menit	86.7
2 Menit	87.3	2 Menit	86.5	2 Menit	84.1
2 Menit	86	2 Menit	77.5	2 Menit	92.5
Nilai Rata-rata	80.67	Nilai Rata-rata	81.65	Nilai Rata-rata	81.25
MIN	81.3	MIN	77.5	MIN	59
MAX	87.3	MAX	89.5	MAX	79.8

area ruangan. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 4 m, 8 m, dan 12 m berturut-turut adalah 80,67 dBA, 81,65 dBA, dan 81,25 dBA, yang menunjukkan kestabilan rata-rata dengan variasi hanya sekitar 1,0 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 2 (jarak 8 m) sebesar 89,5 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 3 (jarak 12 m) sebesar 59,0 dBA yang merupakan nilai background noise (menunjukkan adanya anomali data pada titik tersebut), dengan rentang variasi 6,0 dBA, 12,0 dBA, dan 13,7 dBA pada masing-masing orientasi. Meskipun rata-rata SPL relatif stabil dan lebih

rendah dibandingkan speaker depan (rata-rata 80,67 - 81,65 dBA vs 80,80 - 82,30 dBA), tingginya background noise di seluruh area dan adanya anomali nilai minimum pada Orientasi 3 menunjukkan bahwa speaker tengah pada konfigurasi ini belum memberikan distribusi yang optimal, sehingga diperlukan pengecekan ulang perangkat dan pengaturan posisi speaker untuk mencapai distribusi suara yang lebih merata di seluruh area ruang Gereja.

Tabel 4.24 Data Ruangan Gereja SPEAKER BELAKANG

Orientasi 1	4m	Orientasi 2	8m	Orientasi 3	12m
1 Menit	58.9	1 Menit	59.5	1 Menit	59.2
2 Menit	74.1	2 Menit	82.4	2 Menit	83.9
2 Menit	78.2	2 Menit	83.8	2 Menit	81.5
2 Menit	92.3	2 Menit	79.7	2 Menit	75.1
2 Menit	82.7	2 Menit	83.3	2 Menit	88.1
2 Menit	85.1	2 Menit	90	2 Menit	89.5
Nilai Rata-rata	78.55	Nilai Rata-rata	79.78	Nilai Rata-rata	79.55
MIN	74.1	MIN	79.7	MIN	75.1
MAX	92.3	MAX	90	MAX	89.5

Speaker Belakang di Ruang Gereja, nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 58,9 59,5 dBA yang seluruhnya berada di atas batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), mengindikasikan adanya gangguan kebisingan signifikan di seluruh area ruangan. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 4 m, 8 m, dan 12 m berturut-turut adalah 78,55 dBA, 79,78 dBA, dan 79,55 dBA, yang menunjukkan kestabilan rata-rata dengan variasi hanya sekitar 1,2 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 1 (jarak 4 m) sebesar 92,3 dBA yang sangat berbahaya bagi kenyamanan

pendengaran, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 1 (jarak 4 m) sebesar 74,1 dBA, dengan rentang variasi 18,2 dBA, 10,3 dBA, dan 14,4 dBA pada masing-masing orientasi. Rentang variasi terbesar terjadi pada Orientasi 1 (18,2 dBA) dengan lonjakan ekstrem hingga 92,3 dBA yang mengindikasikan akumulasi energi pantulan dari dinding belakang yang sangat kuat, sehingga konfigurasi speaker belakang ini harus dihapus karena sangat merugikan kenyamanan dan berisiko merusak pendengaran jemaat di area belakang ruangan.

Orientasi 1	4m	Orientasi 2	8m	Orientasi 3	12m
1 Menit	58	1 Menit	62	1 Menit	59.8
2 Menit	77.4	2 Menit	87.1	2 Menit	83.9
2 Menit	84.4	2 Menit	84.1	2 Menit	89.5
2 Menit	88.4	2 Menit	77	2 Menit	84.2
2 Menit	90.1	2 Menit	85	2 Menit	89.2
2 Menit	89.2	2 Menit	88.1	2 Menit	82.1
Nilai Rata-rata	81.25	Nilai Rata-rata	80.55	Nilai Rata-rata	81.45
MIN	77.4	MIN	77	MIN	59.8
MAX	90.1	MAX	88.1	MAX	83.9

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 23 untuk konfigurasi Speaker Depan di Ruang Gereja (pengukuran ketiga), nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 58,0 - 62,0 dBA yang seluruhnya berada jauh di atas batas maksimal standar (55 dBA), menunjukkan gangguan kebisingan yang serius di seluruh area ruangan. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 4 m, 8 m, dan 12 m berturut-turut adalah 81,25 dBA, 80,55 dBA, dan 81,45 dBA, yang menunjukkan kestabilan rata-rata dengan variasi hanya sekitar 0,9 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 1 (jarak 4 m) sebesar 90,1

dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 3 (jarak 12 m) sebesar 59,8 dBA yang merupakan nilai background noise, dengan rentang variasi 12,7 dBA, 11,1 dBA, dan 12,0 dBA. Meskipun rata-rata SPL relatif stabil di kisaran 80 – 81 dBA, tingginya background noise di seluruh area dan nilai minimum yang rendah (59,8 dBA pada Orientasi 3) menunjukkan adanya gangguan kebisingan eksternal yang signifikan dan potensi titik dengan cakupan suara kurang optimal

Tabel 4.26 Data Ruangn Gereja SPEAKER TANGAH

Orientasi 1	4m	Orientasi 2	8m	Orientasi 3	12m
1 Menit	59.1	1 Menit	59.4	1 Menit	60.1
2 Menit	78.2	2 Menit	86.1	2 Menit	80.8
2 Menit	88.4	2 Menit	88.7	2 Menit	81.8
2 Menit	76	2 Menit	86.7	2 Menit	84.5
2 Menit	86.7	2 Menit	87	2 Menit	84.9
2 Menit	84.9	2 Menit	76.7	2 Menit	89.1
Nilai Rata-rata	78.88	Nilai Rata-rata	80.77	Nilai Rata-rata	80.20
MIN	76	MIN	76.7	MIN	80.8
MAX	88.4	MAX	88.7	MAX	89.1

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 24 untuk konfigurasi Speaker Tengah di Ruang Gereja (pengukuran ketiga), nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 59,1 - 60,1 dBA yang seluruhnya berada di atas batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), menunjukkan gangguan kebisingan yang konsisten di seluruh area ruangan. Saat sistem aktif, rata-rata SPL pada jarak 4 m, 8 m, dan 12 m berturut-turut adalah 78,88 dBA, 80,77 dBA, dan 80,20 dBA, yang menunjukkan fluktuasi rata-rata dengan variasi sekitar 1,9 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada Orientasi 2 (jarak 8 m) sebesar 88,7 dBA, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 1

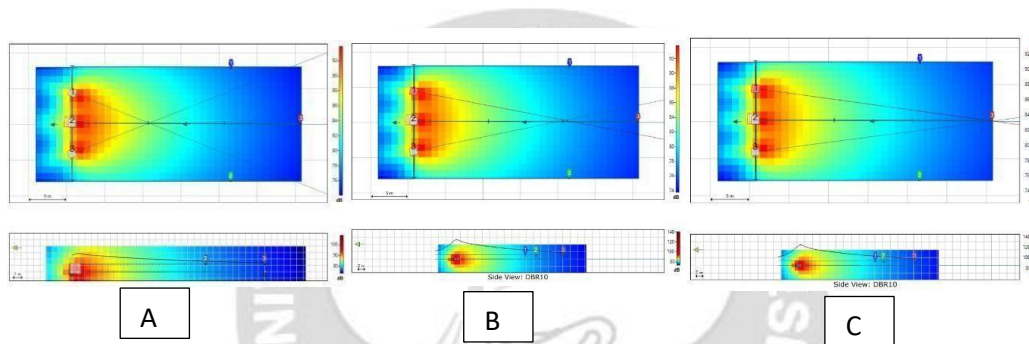
(jarak 4 m) sebesar 76,0 dBA, dengan rentang variasi 8,5 dBA, 8,5 dBA, dan 8,3 dBA yang tergolong kecil dan menunjukkan distribusi suara yang relatif merata. Dibandingkan dengan speaker depan dan belakang, konfigurasi speaker tengah pada pengukuran ini menunjukkan rentang variasi terkecil (8,3 - 8,5 dBA) dan rata-rata SPL yang paling stabil (78,88 - 80,77 dBA), sehingga speaker tengah merupakan konfigurasi paling optimal untuk Ruang Gereja, meskipun volume tetap perlu diatur agar nilai maksimum tidak melebihi 85 dBA

Orientasi 1	4m	Orientasi 2	8m	Orientasi 3	12m
1 Menit	58.8	1 Menit	59.6	1 Menit	59.3
2 Menit	72.7	2 Menit	79.7	2 Menit	85.7
2 Menit	77.8	2 Menit	82.6	2 Menit	86.3
2 Menit	94.5	2 Menit	73	2 Menit	70.4
2 Menit	84.2	2 Menit	86.3	2 Menit	87.1
2 Menit	83.7	2 Menit	90.8	2 Menit	87.4
Nilai Rata-rata	78.62	Nilai Rata-rata	78.67	Nilai Rata-rata	79.37
MIN	72.7	MIN	73	MIN	70.4
MAX	94.5	MAX	90.8	MAX	87.4

Berdasarkan data hasil pengukuran SPL pada Tabel 25 untuk konfigurasi Speaker Belakang di Ruang Gereja (pengukuran keempat), nilai background noise pada ketiga orientasi berkisar antara 58,8 – 59,6 dBA yang seluruhnya berada jauh di atas batas maksimal Kepmen LH No. 48 Tahun 1996 (55 dBA), menunjukkan gangguan kebisingan yang konsisten di seluruh area ruangan. Saat sistem tata suara aktif, rata-rata SPL pada jarak 4 m, 8 m, dan 12 m berturut-turut adalah 78,62 dBA, 78,67 dBA, dan 79,37 dBA, yang menunjukkan kestabilan rata-rata dengan variasi hanya sekitar 0,75 dBA antar titik ukur. Nilai maksimum tertinggi tercatat pada

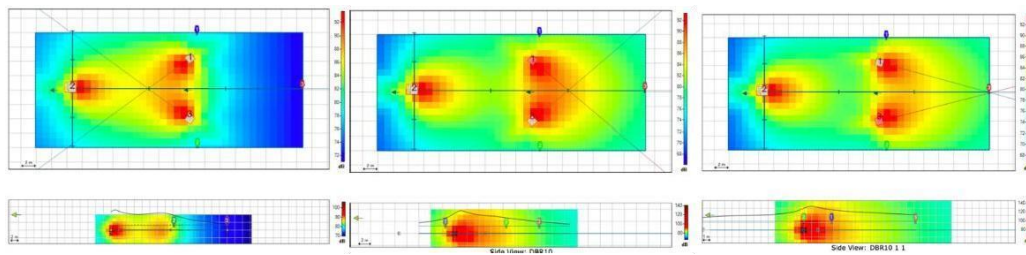
Orientasi 1 (jarak 4 m) sebesar 94,5 dBA yang sangat berbahaya bagi kenyamanan pendengaran, sementara nilai minimum terendah tercatat pada Orientasi 3 (jarak 12 m) sebesar 70,4 dBA, dengan rentang variasi yang sangat ekstrem pada Orientasi 1 yaitu 21,8 dBA (72,7 – 94,5 dBA). Lonjakan ekstrem hingga 94,5 dBA pada jarak 4 m mengindikasikan adanya akumulasi energi pantulan yang sangat kuat dari dinding belakang yang justru terjadi di area dekat speaker

4.12 Hasil simulasi menggunakan EASE FOCUS dan Grafis SPL



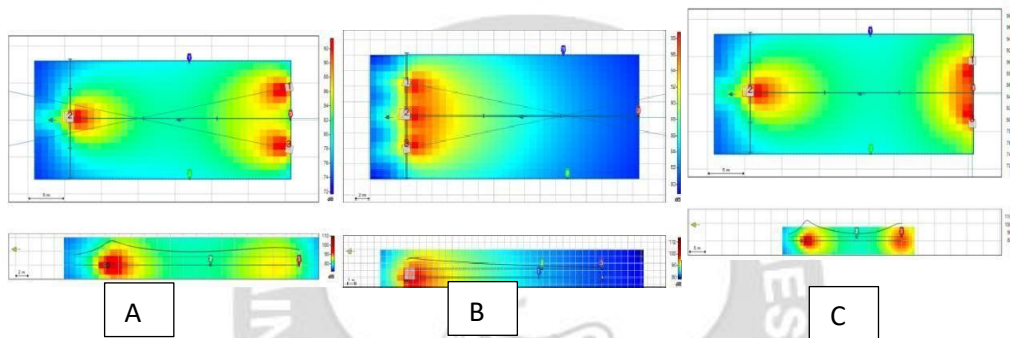
Gambar 4. 1 Permodelan Distribusi suara di Aula dengan speaker pada zona depan dengan (A) Orientasi 1 (B) Orientasi 2 (C) Orientasi 3

Gambar 3.1. diatas menunjukkan bagaimana distribusi suara dalam ruangan seluas aula (2.160 m²), dengan penyusunan 3 loudspeaker terletak pada zona depan. Hasil ini menunjukkan bahwa penyusunan dengan orientasi model apapun (A, B maupun C) akan memberikan distribusi suara yang hanya mencapai bagian tengah dari Aula. Warna biru pada hasil simulasi menunjukkan bahwa hasil yang sampai hingga bagian belakang aula akan lebih mengarah kepada gema, atau hasil rambatan suara kecil dari depan.



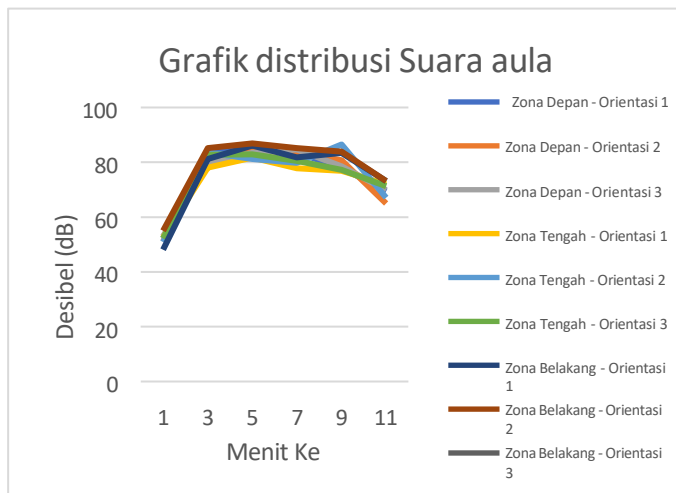
A
B
C

Gambar 4. 2 Permodelan Distribusi suara di Aula dengan speaker pada zona tengah dengan (A) Orientasi 1 (B) Orientasi 2 (C) Orientasi 3

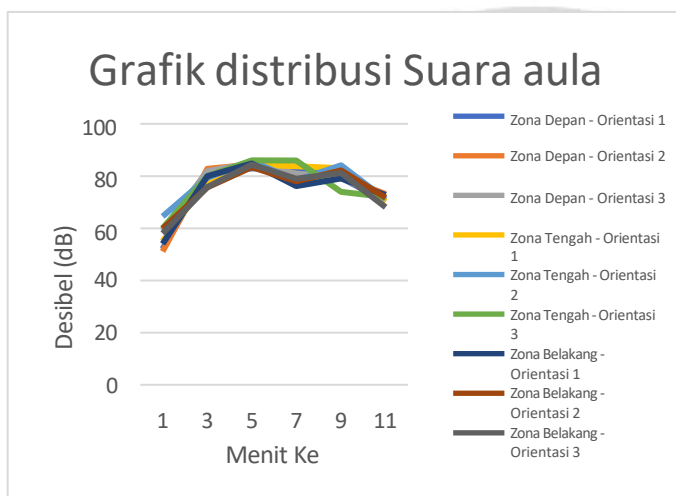


Gambar 4. 3 Permodelan Distribusi suara di Aula dengan speaker pada zona belakang dengan (A) Orientasi 1 (B) Orientasi 2 (C) Orientasi 3

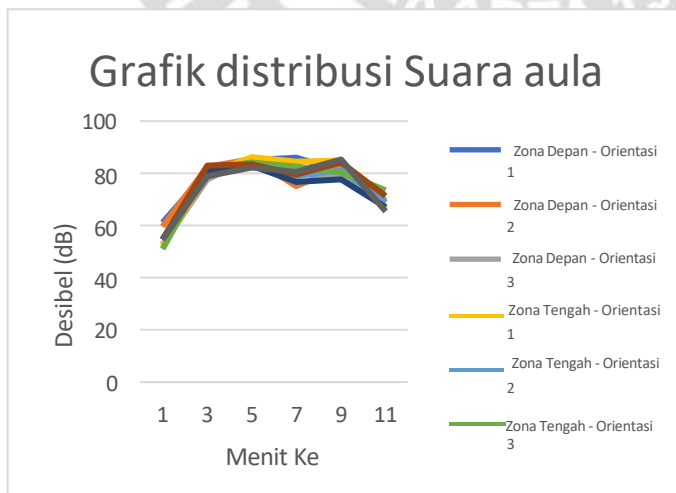
Namun hal ini berbeda, ketika penyusunan speaker dimodifikasi sedikit, dimana 2 speaker dipindah pada zona tengah maupun zona belakang. Distribusi suara dalam ruangan aula didominasi warna hijau (81 dB), ketika 2 speaker dipindah ketengah, dengan suara agak kencang (93dB) dari sumber suara (speaker) yang diletakkan di tengah seperti ditunjukkan pada gambar 3.2 A maupun B. Lebih baik lagi, zona aula berubah menjadi biru muda ketika 2 speaker dipindah ke zona belakang. Dimana warna biru mengindikasikan suara pada 81dB, dan sumber suara terletak dibelakang seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.A, B maupun C. Ketiga gambar menunjukkan bahwa penyusunan speaker dapat dioptimalkan hanya dengan 3 speaker dengan orientasi A, B, maupun C dengan speaker diletakan di belakang.



A



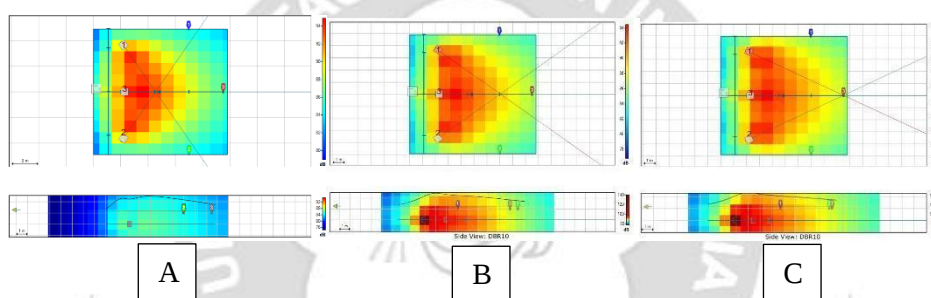
B



C

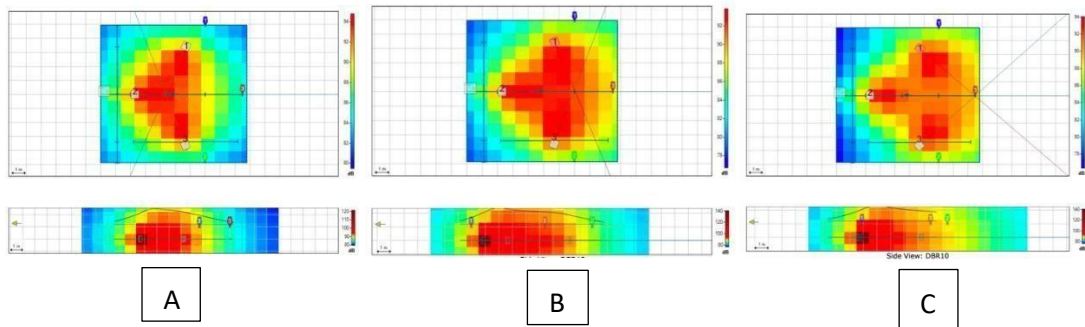
Gambar 4. 4 Pengukuran SPL Distribusi suara di Aula dengan speaker pada beberapa variasi zona belakang dengan SPL diletakan pada (A) Belakang (B) Kanan (C) Kiri

Hal ini juga konsisten dengan data pengukuran SPL, dimana ketika speaker diletakan pada posisi depan semuanya (zona depan), maka pengukuran SPL mencapai minimum di 65-69dB, sementara nilai maksimum mencapai kisaran 81-84dB. Sementara ketika speaker diletakan pada bagian tengah dan belakang, jarak antara minimum dan maksimum dari pengukuran menjadi semakin kecil. Hal ini menandakan, bahwa suara dengan fluktuatif yang tinggi terletak pada bagian penyusunan dimana speaker terletak di depan, dimana hal ini akan membuat pendengar merasa tidak nyaman.

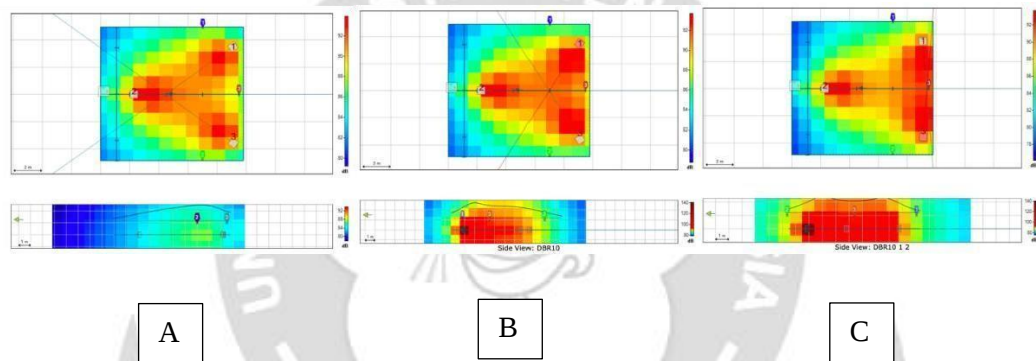


Gambar 4. 5 Permodelan distribusi suara pada Ruang Chapel, dengan penempatan speaker pada zona depan dengan (A) orientasi 1, (B) orientasi 2 dan (C) Orientasi 3)

Berbeda dengan Aula, ruangan dengan skema luasan jauh lebih kecil seperti chapel menunjukkan bahwa pemakaian 3 speaker akan membuat suara terdistribusi sangat keras dengan mayoritas ruangan didominasi dengan warna biru hingga hijau (84-93dB). Hal ini berlaku untuk jenis penyusunan speaker zona depan, tengah maupun belakang dan untuk seluruh orientasi, seperti yang ditunjukkan gambar 3.5, gambar 3.6 dan gambar 3.7. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan 3 speaker dengan luasan ini akan menimbulkan suara yang berlebihan.

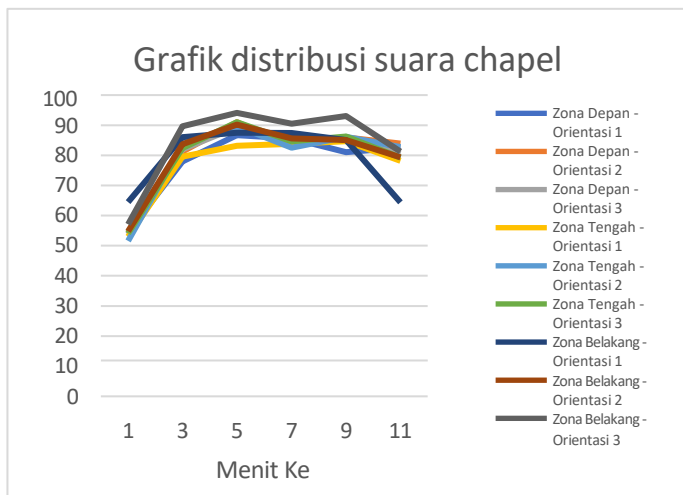


Gambar 4. 6 Permodelan distribusi suara pada Ruang Chapel, dengan penempatan speaker pada zona tengah dengan (A) orientasi 1, (B) orientasi 2 dan (C) Orientasi 3)

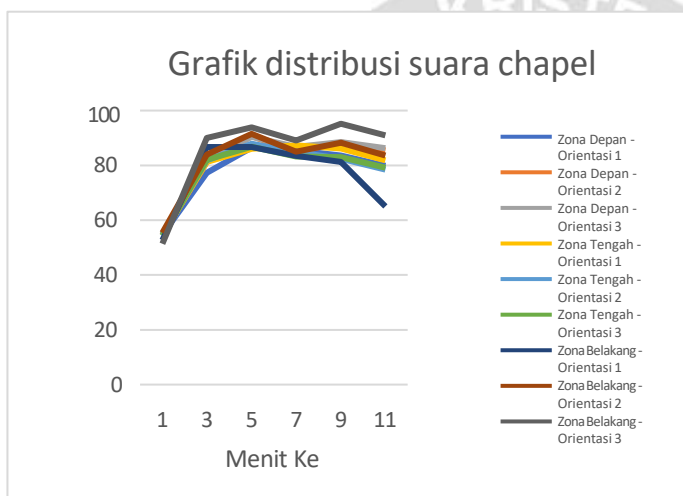


Gambar 4. 7 Permodelan distribusi suara pada Ruang Chapel, dengan penempatan speaker pada zona belakang dengan (A) orientasi 1, (B) orientasi 2 dan (C) Orientasi 3)

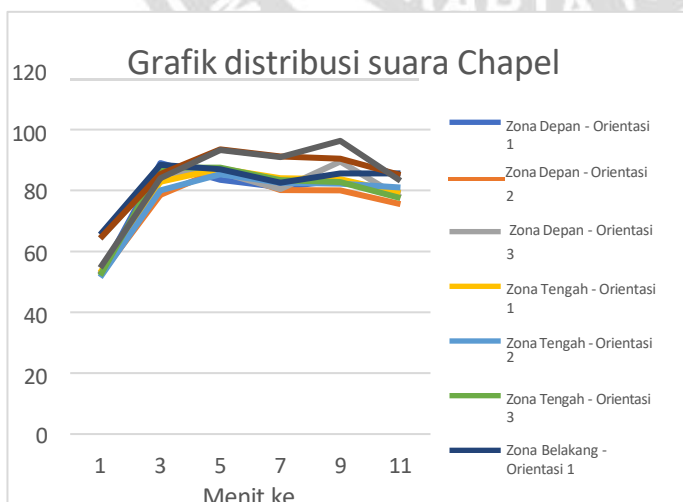
Hal yang sama ditunjukkan oleh pengukuran SPL di Chapel pada gambar 3.8. Pengukuran menunjukkan jarak antara minimum dan maksimum dari suara dalam ruangan lebih besar dibanding pengukuran minimum dan maksimum yang didapat pada Aula. Ditambah lagi pengukuran dalam chapel menunjukkan angka hingga 94dB (sangat kencang). Kedua hal ini menunjukkan bahwa penggunaan 3 speaker pada luasan seperti chapel cenderung membuat suara lebih fluktuatif dan juga bising.



A

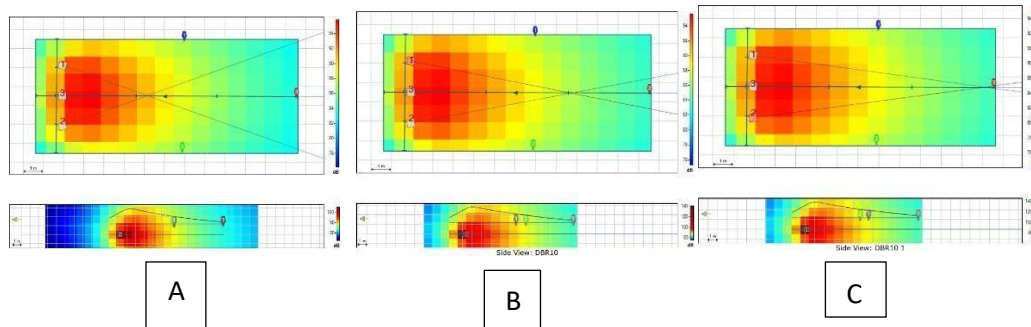


B



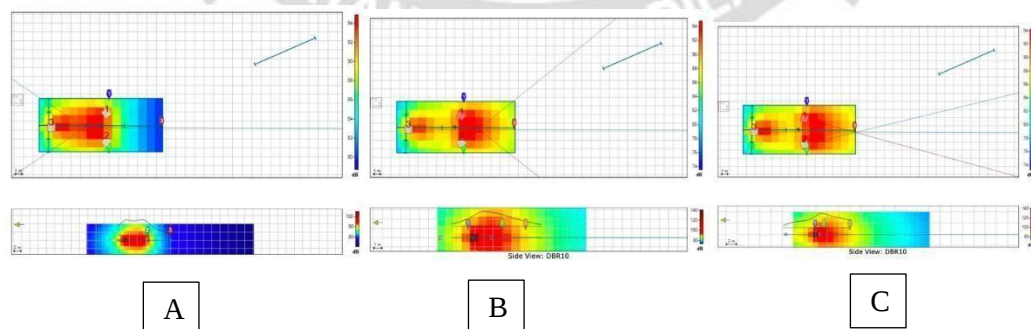
C

Gambar 4. 8 Pengukuran SPL Distribusi suara di Chapel dengan speaker pada beberapa variasi zona belakang dengan SPL diletakan pada (A) Belakang (B) Kanan (C) Kiri



Gambar 4. 9 Permodelan Distribusi suara di Gereja dengan speaker pada zona depan dengan (A) Orientasi 1 (B) Orientasi 2 (C) Orientasi 3

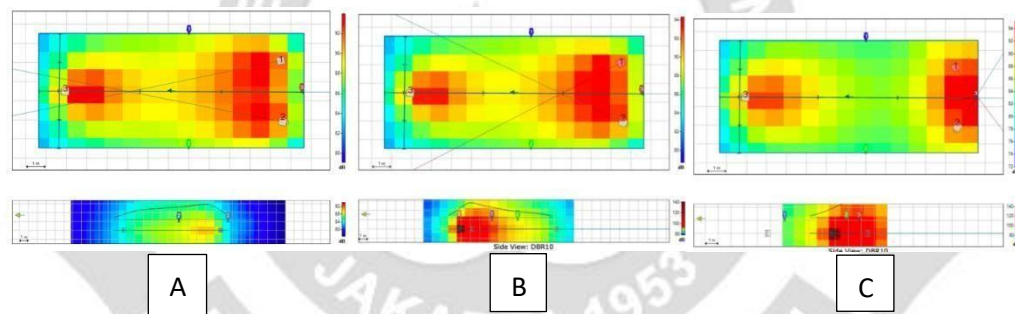
Hal yang cukup berbeda lagi ditunjukkan oleh skema ruangan pada Gereja dengan luasan (312m²). Distribusi suara cenderung mayor berada pada warna hijau dan biru muda, dan kemudian disusul oleh warna merah dan kuning yang terletak pada bagian depan ruangan, dimana 3 speaker diletakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9. Semakin speaker diarahkan pada bagian belakang (orientasi 3), maka suara dengan indikator merah dan kuning semakin melebar ke arah tengah ruangan dengan luasan merah dan kuning yang lebih membesar dan membuat warna dengan indikator hijau atau biru muda semakin mengecil.



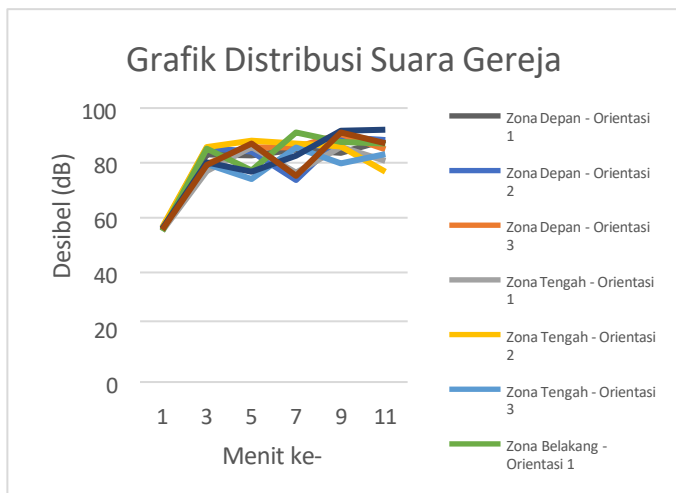
Gambar 4. 10 Permodelan Distribusi suara di Gereja dengan speaker pada zona tengah dengan (A) Orientasi 1 (B) Orientasi 2 (C) Orientasi 3

Sementara itu, ketika memindahkan speaker pada bagian tengah, setengah ruangan gereja didominasi oleh kuning dan hijau dengan cukup bising. Hal yang berbeda kembali ditunjukkan ketika speaker diletakan pada bagian belakang seperti yang ditunjukkan pada gambar gambar 3.11. A, B maupun C. suara 87-93dB terdistribusi pada orientasi A dan B, sementara suara 84dB (hijau) mendominasi ruangan gereja saat speaker dibuat mengarah pada orientasi 3.

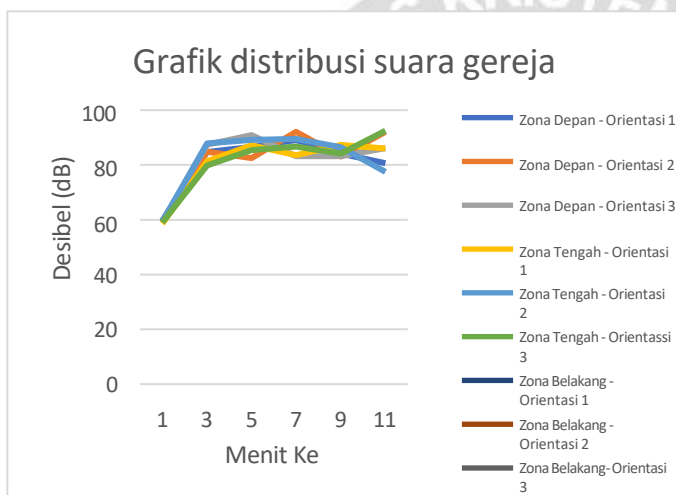
Hal ini mengindikasikan bahwa dalam luasan ruangan gereja, strategi penyusunan speaker dibutuhkan untuk memastikan distribusi suara menjadi nyaman dan baik. Hal ini ditunjukkan juga pada grafik 3.12



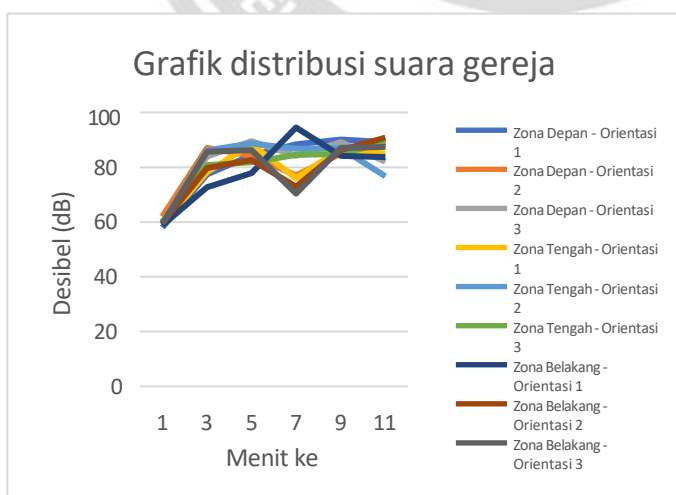
Gambar 4. 11 Permodelan Distribusi suara di Gereja dengan speaker pada zona belakang dengan (A) Orientasi 1 (B) Orientasi 2 (C) Orientasi 3



A



B



C

Gambar 4. 12 Permodelan Distribusi suara di Gereja dengan speaker pada zona belakang dengan (A) Orientasi 1 (B) Orientasi 2 (C) Orientasi 3

4.13 Rencana Anggaran Biaya Penelitian Tugas Akhir

Rencana anggaran biaya penelitian merupakan perkiraan kebutuhan dana yang digunakan selama proses penelitian berlangsung. Penelitian ini direncanakan dilaksanakan dalam waktu dua minggu dengan kebutuhan biaya yang mencakup persiapan alat serta kebutuhan administrasi lainnya. Rincian anggaran biaya penelitian disajikan pada tabel berikut.

No	Uraian	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Sewa Sound Level Meter (SLM)	3	275.000	825.000
3	Pepuluhan	3	266.000	800.000
Total				1.625.000