

Penataan akustik GKJ Gondokusuman Kota Yogyakarta

Prasasto Satwiko¹, Sugesti Retno Yanti², Nimas Sekarlangit³, Christopher Kevin Kurniawan⁴

Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta 55281

Email: prasasto.satwiko@uajy.ac.id

Received 12 September 2024; Revised - ; Accepted for Publication 30 September 2024; Published 30 November 2024

Abstract — *The Gondokusuman Javanese Christian Church was inaugurated in a quiet environment on December 11, 1930. Nowadays, the church environment has become congested and passed by heavy traffic. Environmental noise and changes in praise have caused the acoustics of the current church to need to be rearranged to make it comfortable. The CATT 8.0 program is used to obtain better acoustic design through simulation methods. The simulation results found that adding sound absorbers can reduce the reverberation time from 3 to 1.5 seconds and lower the noise in the room by 10 dB. The application of simulation results will make GKJ Gondokusuman's acoustics more comfortable for various forms of praise, choirs, bands, and gamelan.*

Keywords — *acoustics, Javanese Christian Church, simulation.*

Abstrak—Gereja Kristen Jawa Gondokusuman diresmikan tanggal 11 Desember 1930 di lingkungan yang tenang. Saat ini, lingkungan gereja menjadi padat dan dilewati jalan dengan lalu lintas padat. Kebisingan lingkungan dan perubahan pujian telah menyebabkan akustik gereja saat ini perlu ditata ulang agar nyaman. Program CATT 8 digunakan untuk memperoleh desain akustik yang lebih baik melalui metode simulasi. Hasil simulasi menemukan bahwa penambahan penyerap bunyi dapat menurunkan waktu dengung dari 3 detik ke 1,5 detik serta mengurangi kebisingan di dalam ruang sebesar 10 dB. Penerapan hasil simulasi akan membuat akustik GKJ Gondokusuman lebih nyaman untuk berbagai bentuk pujian dari paduan suara, band, hingga gamelan.

Kata Kunci—akustik, Gereja Kristen Jawa, simulasi

I. PENDAHULUAN

Tahun 2024 ini GKJ Gondokusuman melewati 111 tahun perjalanan sejarah dengan penuh berkat (sejak 23 November 1913). Waktu 111 tahun telah membawa banyak perubahan situasi dan kondisi yang berpengaruh pada pelayanan gereja. Akustik GKJ Gondokusuman tidak lagi sesuai untuk situasi dan kondisi saat ini. Suasana khidmat, teduh, menenteramkan yang terbangun oleh karakter jemaat dan atmosfir lingkungan yang hening di masa lampau telah menjadi memori indah bagi mereka yang sempat merasakannya. Alunan indah kidung jawa yang dinyanyikan dengan lambat penuh penghayatan, iringan *orgel* (organ dengan pompa angin) tunggal, bunyi burung gereja, hembusan angin, dan bel andhong yang sesekali sayup menyela, sudah lama hilang.

Saat ini, gereja memiliki energi berbeda yang dibentuk oleh karakter jemaat masa kini dan kebisingan lingkungan oleh aktivitas kehidupan yang serba cepat dan dinamis. Harapan setiap jemaat akan suasana gerejanya pun telah berubah. Keinginan jemaat dalam mengekspresikan cintanya pada Tuhan juga berubah. Ada jemaat yang memilih

bersenandung atau bernyanyi di antara jemaat lain, ada yang bersemangat memimpin pujian, ada yang menemukan kebahagiaan lewat paduan suara, ada yang merasa dekat dengan gaya band kekinian, dan ada juga yang ingin tetap mempertahankan nuansa kejawaan melalui gamelan.

Beragam sumber bunyi tersebut memerlukan penyesuaian pada kualitas akustik gereja. Pemakaian pengeras bunyi tidak lagi dapat dihindari. Resonansi gedung gereja yang dulu sesuai untuk khotbah dan nyanyian tanpa bantuan penguat bunyi, saat ini justru menghadirkan suara gaduh. Sesuai dengan akustika (ilmu tentang bunyi) yang telah maju, maka penataan ulang akustik GKJ Gondokusuman perlu dilandasi pertimbangan-pertimbangan ilmiah dan berhati-hati.

Satu hal yang perlu menjadi pertimbangan yaitu tentang harapan para pemangku kepentingan pada kualitas akustik gereja. Pengalaman setiap pemangku kepentingan pada akustik gereja sangat berpengaruh pada penerimaan mereka terhadap kualitas akustik GKJ Gondokusuman. Saat ini masih sulit menemukan akustik gereja di Indonesia yang benar-benar prima dan dapat digunakan sebagai referensi. Hal tersebut menyebabkan para pemangku kepentingan tidak mempunyai cukup rujukan, atau bayangan, tentang keindahan bunyi yang hadir di gereja yang berakustik bagus. Kepekaan terhadap tuntutan akustik gereja yang bagus tidak terbangun. Akibatnya, banyak gereja yang memakai perangkat *sound system* mahal, berbunyi keras menggelegar, tetapi menyajikan suara yang campur aduk pun diterima (dimengerti) sebagai sesuatu yang sudah benar.

Dengan berbagai kelebihan dan keterbatasan yang ada saat ini, maka kualitas akustik GKJ Gondokusuman yang optimal menjadi target realistis. Penataan dilakukan secara bertahap. Suatu cara perlu ditemukan agar kualitas suara pengkhotbah dan band (sebagai dua titik batas rentang bunyi yang lebar) dapat di'maksimal'kan.

A. Masalah akustika di GKJ Gondokusuman:

1. Di masa lalu, Gedung Induk GKJ Gondokusuman berada di lingkungan yang secara akustik tenang. Namun, saat ini Gedung Induk GKJ Gondokusuman dikelilingi oleh bangunan-bangunan berpermukaan keras (pemantul bunyi). Ditambah dengan lalu-lintas padat, lingkungan gereja menjadi bising (70-90dB) dan tidak lagi sesuai dengan tingkat kebisingan yang disarankan (45-55dB).
2. Kebisingan dari luar tersebut menyebabkan pada saat teduh (jemaat diam) kebisingan di dalam gedung gereja masih mencapai 60 dB. Angka tersebut di atas tingkat bunyi yang disarankan pada saat teduh (35-45dB).

3. Bunyi di dalam gereja berasal dari beragam sumber: manusia (pengkhotbah, majelis, penyanyi solo), pemimpin pujian, paduan suara, band, dan gamelan. Sumber-sumber bunyi tersebut memiliki karakter yang berbeda-beda dan menuntut kualitas akustik berbeda.
4. Jemaat GKJ Gondokusuman yang beragam memiliki kepekaan, harapan dan tuntutan yang berbeda pada kualitas akustik.

B. Target penataan

1. Waktu dengung diturunkan hingga antara 1,2-1,5 detik.
2. Disediakan *loudspeaker* yang didedikasikan khusus untuk khotbah, pengumuman, penyanyi solo dan paduan suara.
3. *Loudspeaker* band (dan penyanyi band) menjadi satu kesatuan sendiri.

Makalah ini melaporkan seluruh proses kegiatan pengabdian untuk menata akustik GKJ Gondokusuman yang telah selesai dilaksanakan.

II. PENDEKATAN TEORITIS

Perbaikan kinerja akustik GKJ Gondokusuman memerlukan banyak pertimbangan. Sumber bunyi di luar dan di dalam gereja berbeda dengan saat diresmikan tahun 1913. Bab ini meringkas teori-teori akustika yang digunakan dalam pertimbangan perbaikan akustika GKJ Gondokusuman.

Penanganan akustik bangunan selalu mengikuti tiga tahap utama. Tahap pertama yaitu *environmental noise reduction*. Penanganan kebisingan lingkungan dilakukan untuk meminimalkan kebisingan lingkungan agar tidak mengganggu aktivitas di dalam bangunan. Namun, hal ini tidak selalu dapat dilakukan di bangunan yang berada di area publik. Lingkungan bising akan menyebabkan *sound insulation*, tahap kedua, lebih rumit dan lebih mahal. Tahap ketiga yaitu *sound treatment* yang dilakukan agar kualitas bunyi/ suara di dalam bangunan sesuai dengan yang diharapkan. Kesesuaian harapan tersebut sangat ditentukan oleh preferensi individu, baik jemaat, pemain musik, maupun para pemandu ibadah.

Sound insulation, pengedapan bunyi, diperlukan untuk gereja yang tidak dapat lagi mengendalikan kebisingan lingkungan seperti dalam kasus GKJ Gondokusuman ini. Insulasi bunyi memerlukan penanganan pada dinding, jendela, pintu, langit-langit dan elemen bangunan lain yang berpotensi merambatkan (memasukkan) bunyi dari luar ke dalam ruang gereja [1]. Lihat Tabel 1 untuk standar kebisingan lingkungan yang disarankan.

Waktu dengung (*reverberation time*, RT_{60}) merupakan parameter penting dalam akustik gereja [2]. Masalah menjadi cukup rumit untuk gereja yang mewadahi berbagai jenis bunyi. Pada awalnya, saat gereja lebih didominasi suara manusia, paduan suara, dan alat musik tanpa penguat bunyi, waktu dengung panjang lebih disukai. Gereja bergaya katedral bahkan memiliki waktu dengung 5-9 detik di frekuensi menengah [3]. Pada bentuk gereja tersebut, waktu dengung membantu kesakralan suasana [4]. Hal tersebut

berbeda dengan gereja-gereja kontemporer yang memerlukan waktu dengung yang cocok untuk berbagai jenis bunyi [5]. Gereja protestan saat ini, seperti GKJ Gondokusuman, dalam konteks bunyi, cenderung ke gaya kontemporer [6]. Kekhasan GKJ Gondokusuman belum lama dihadirkan dalam bentuk gamelan. (Lihat Gambar 1 untuk waktu dengung yang disarankan.)

Sound treatment banyak berhubungan dengan komposisi bidang pantul (*reflector*), sebar (*difusser*), dan serap (*absorber*) permukaan sisi dalam (*interior*) bangunan. Hal tersebut berhubungan dengan waktu dengung dan sebaran bunyi. Memasang panel akustik di dinding dan langit-langit dapat membantu mengurangi gema dan meningkatkan kejelasan suara. Panel-panel ini dapat disesuaikan dengan estetika gereja [7][8]. Waktu dengung ruang ibadah perlu disesuaikan untuk mencapai keseimbangan antara kejelasan ucapan dan kualitas musik [9]. Pemasangan *diffuser* diperlukan untuk menyebarkan bunyi secara merata ke seluruh lokasi di ruangan, mengurangi *echo flutter* dan meningkatkan kualitas akustik secara keseluruhan [10][11].

Nada rendah sering menjadi gangguan di gereja. *Bass trap* dapat diaplikasikan di sudut-sudut ruang untuk mengurangi waktu dengung nada rendah. Salah satu cara yaitu dengan resonator Helmholtz [12].

Sistem bunyi (*sound system*) juga perlu ditata. Meningkatkan dan mengoptimalkan sistem penguat suara perlu dilakukan untuk memastikan distribusi bunyi yang merata ke seluruh area duduk.

Konfigurasi perabot di dalam gereja juga berpengaruh pada penilaian akustika gereja. Posisi pendeta, majelis, jemaat, paduan suara, dan band, sangat berpengaruh pada kualitas bunyi yang didengar oleh orang yang ada di titik berbeda di dalam gereja tersebut [13].

Saat ini banyak tersedia program komputer untuk membantu simulasi akustik gereja. Metode simulasi komputer memungkinkan akustikawan mencari desain yang paling baik secara virtual sebelum diaplikasikan secara fisik. Metode ini menghemat waktu, biaya, dan tenaga. Namun, penggunaan metode simulasi perlu dilakukan berhati-hati agar dicapai akurasi dan kedekatan dengan kondisi nyata yang baik [14][15].

Tabel 1. Tingkat kebisingan yang disarankan [16][17].



Gambar 5. Pandangan interior GKJ Gondokusuman dari arah selatan.

Ibadah minggu jam 05.00, 07.00, dan 18.00 dilayani dengan liturgi standar gereja ini. Pujian dipandu oleh pemandu pujian dengan iringan organ elektrik dan terkadang disertai alat musik lain. Organ elektrik dapat mengeluarkan bunyi organ, piano, atau meniru alat musik lain. Ibadah minggu jam 05.00 mendapat keuntungan dari situasi lingkungan yang masih lengang. Ibadah jam 07.00 dan 18.00 relatif paling banyak dihadiri jemaat. Pengamatan di kanal youtube, saat ibadah jam 07.00, menunjukkan jemaat yang mengikuti ibadah secara daring antara 150-300 pelihat (*watching*). Mengingat satu sambungan mungkin melibatkan lebih dari satu orang, maka jumlah total jemaat luring dan daring bisa sangat banyak. Namun, tidak terdeteksi apakah semua sambungan tersebut berasal dari Yogyakarta dan sekitarnya.

Ibadah jam 09.00 memakai bahasa jawa. Jumlah jemaat relatif paling sedikit. Pada ibadah ini kerap disajikan gamelan. Gamelan didominasi perkusi dan memiliki karakter bunyi berbeda dengan band.



Gambar 6. Suasana saat ibadah pagi, jam 07.00.

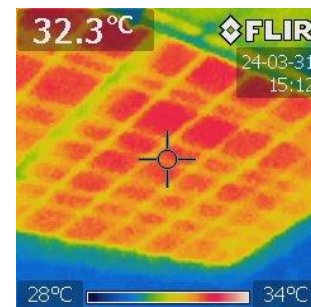
Pengukuran di dalam gereja menunjukkan intensitas bunyi yang berbeda pada saat tanpa jemaat dan berisi jemaat. Pada saat kosong, tercatat 70dBA. Sedang pada saat berisi jemaat (namun diam), tercatat 55dBA. Pada saat gereja kosong, kebisingan dari kendaraan yang lewat masuk ke dalam ruang gereja tidak terserap karena permukaan dalam didominasi pemantul. Sedangkan, saat berisi jemaat tubuh jemaat membantu menyerap kebisingan dari luar tersebut.

Di masa lalu, langit-langit gereja terbuat dari bahan anyaman sejenis bambu. Saat renovasi, bahan diganti dengan kayu. Lubang ventilasi dipertahankan untuk

mengeluarkan udara panas. Gambar 8 memperlihatkan ventilasi bersuhu antara 32°C – 34°C, lebih tinggi dari permukaan sekitarnya. Udara hangat mengalir melalui celah ini. Namun, kehadiran ventilasi langit-langit ini menimbulkan masalah karena menjadi celah masuk kebisingan dari jalan ke dalam gereja. (Gambar 7)



Gambar 7. Langit-langit GKJ Gondokusuman saat ini.



Gambar 8 Suhu celah di langit-langit, diukur dengan FLIR (kamera merahinfra)

Mimbar ada di sisi timur. Konfigurasi bentuk palang menyebabkan jemaat mengelilingi mimbar, tidak satu arah pandangan. Namun karena luas gereja relatif kecil, jemaat di titik terjauh pun masih dapat melihat pendeta dengan jelas. Di masa lampau, saat lingkungan belum bising, suara dari pendeta masih dapat didengar di setiap titik walau tanpa pengeras bunyi. (Gambar 9 dan Gambar 10)



Gambar 9. Pandangan ke arah mimbar dari arah barat.



Gambar 10. Pandangan dari arah mimbar ke arah barat.

B. Pemisahan *loudspeaker*.

Agar suara paduan suara terdengar jernih dan optimal, ada beberapa pertimbangan dalam memutuskan apakah akan digabungkan dengan *loudspeaker* yang didedikasikan untuk pendeta atau untuk band. Berikut adalah analisis dan rekomendasi berdasarkan kebutuhan akustik:

1) Pertimbangan untuk menggabungkan dengan *speaker* Pendeta:

- Kejernihan vokal: Paduan suara dan suara pendeta sama-sama fokus pada vokal. Menggabungkannya bisa memastikan bahwa frekuensi vokal ditangani dengan baik dan terdengar jernih.

- Kontrol volume: Dengan *speaker* yang lebih terfokus pada vokal, kita dapat lebih mudah mengontrol volume dan kejelasan suara paduan suara tanpa terganggu oleh suara instrumen band.

2) Pertimbangan untuk menggabungkan dengan *speaker* band:

- Keserasian musik: Jika paduan suara sering kali menyanyikan lagu yang diiringi oleh band, menggabungkannya dengan *speaker* band bisa memberikan kesan lebih menyatu antara vokal dan musik.

- Cakupan suara lebih luas: *Speaker* yang didedikasikan untuk band biasanya memiliki cakupan suara yang lebih luas dan menangani rentang frekuensi yang lebih besar, yang mungkin lebih cocok untuk paduan suara besar dengan banyak anggota.

3) Rekomendasi berdasarkan situasi:

1. Kejernihan dan fokus pada vokal:

- Jika ingin memastikan paduan suara terdengar sejelas mungkin dan tidak terganggu oleh instrumen musik, maka sebaiknya menggabungkan paduan suara dengan *speaker* yang didedikasikan untuk pendeta. Ini akan membantu memisahkan vokal dari instrumen dan menjaga kejernihan.

2. Integrasi dengan musik:

- Jika paduan suara sering kali diiringi oleh band dan ingin integrasi yang lebih baik antara vokal dan musik, maka menggabungkannya dengan *speaker* yang didedikasikan untuk band bisa menjadi pilihan yang lebih baik. Ini akan memberikan kesan suara yang lebih menyatu dan harmonis.

Strategi praktis:

1. Penggunaan subgroups: subgroup terpisah dapat dibuat untuk mikrofon paduan suara. Ini memungkinkan kita mengatur EQ dan volume secara khusus untuk paduan suara.

2. *Routing aux sends*: *aux sends* dapat digunakan untuk mengirim sinyal paduan suara ke *speaker* yang dipilih (pendeta atau band). Ini memungkinkan fleksibilitas dalam pengaturan dan penyesuaian.

3. Cek keseimbangan bunyi: tes bunyi dapat dilakukan untuk memastikan bahwa paduan suara terdengar jernih dan seimbang dengan sumber suara lainnya.

Secara singkat:

- Jika kejelasan vokal menjadi prioritas, suara paduan suara dengan *speaker* yang didedikasikan untuk pendeta dapat digabungkan.

- Jika integrasi dengan musik menjadi prioritas, suara paduan suara dengan *speaker* yang didedikasikan untuk band dapat digabungkan.

Teknis pemisahan *loudspeakers*

Memisahkan *loudspeaker* untuk suara pendeta dan band adalah langkah yang baik untuk memastikan kejernihan dan kualitas suara yang optimal. Mengendalikan kedua jenis *speaker* ini dari *mixer* yang sama bisa dilakukan dengan baik, terutama karena gereja sudah memiliki *mixer* 32 channel yang cukup canggih untuk menangani berbagai input dan output.

C. Penutup bahan peredam bunyi

Untuk membungkus rockwool sebagai penyerap bunyi, beberapa jenis kain berpori yang dapat digunakan antara lain:

1. Kain goni (burlap): Kain ini terbuat dari serat alami, memiliki tekstur yang kasar, dan sangat berpori. Kain goni sering digunakan sebagai penutup panel akustik.
2. Kain linen: Kain linen memiliki serat alami yang cukup longgar dan berpori. Kain ini juga memiliki tampilan yang menarik dan elegan.
3. Kain wol: Kain wol memiliki serat alami yang tidak terlalu rapat, sehingga memungkinkan bunyi untuk menembus dan diserap oleh rockwool di baliknya.
4. Kain katun tipis: Kain katun dipilih yang anyamannya tidak terlalu rapat. Kain katun tipis dan berpori akan memungkinkan penyerapan bunyi yang efektif.
5. Kain khusus akustik: Kain yang dirancang khusus untuk aplikasi akustik. Kain ini biasanya memiliki pori-pori yang optimal untuk penyerapan bunyi dan tersedia dalam berbagai warna dan corak.

Yang perlu diperhatikan yaitu menghindari kain dengan anyaman yang terlalu rapat atau kain yang dilapisi dengan bahan kedap bunyi, karena hal ini akan mengurangi efektivitas penyerapan suara oleh rockwool. Untuk GKJ Gondokusuman dipilih kain dengan warna atau corak yang sesuai dengan preferensi desain interior. Membungkus rockwool dengan kain memang dapat sedikit mengurangi efektivitas serap bunyi rockwool, tetapi dampaknya relatif kecil jika menggunakan kain yang tepat. Berikut adalah beberapa penjelasan lebih lanjut tentang pilihan penutup rockwool di GKJ Gondokusuman:

1. Porositas kain: Selama kain yang digunakan cukup berpori dan tidak terlalu tebal atau padat, sebagian besar energi bunyi akan tetap dapat menembus kain dan diserap oleh rockwool di baliknya. Kain dengan anyaman yang lebih terbuka dan tipis akan memiliki dampak minimal pada penyerapan bunyi.

2. Frekuensi suara: Efek kain pada penyerapan bunyi dapat bervariasi tergantung pada frekuensi bunyi. Kain cenderung memiliki dampak yang lebih besar pada frekuensi tinggi dibandingkan dengan frekuensi rendah. Namun, rockwool sendiri sangat efektif dalam menyerap bunyi pada berbagai frekuensi, sehingga dampak keseluruhan dari kain akan relatif kecil.

3. Ketebalan rockwool: Ketebalan rockwool juga memainkan peran dalam efektivitas penyerapan bunyi. Rockwool yang lebih tebal akan tetap memberikan kinerja penyerapan bunyi yang baik meskipun dibungkus dengan kain.

4. Pemasangan: Kain perlu dipasang dengan cara yang tidak mengganggu aliran udara di sekitar rockwool. Peregang kain terlalu ketat atau menempelkannya terlalu rapat pada permukaan rockwool, perlu dihindari karena hal ini dapat mengurangi kemampuan rockwool untuk menyerap bunyi secara efektif.

Dalam kebanyakan kasus, manfaat estetika dari membungkus rockwool dengan kain lebih besar daripada dampak kecil pada kinerja akustiknya. Ini juga dapat menjadi permasalahan tersendiri di GKJ Gondokusuman yang merupakan bangunan warisan budaya.

D. Pendekatan penataan

1. Pengawasan kebisingan dari luar gedung gereja dilakukan secara bertahap. Penutupan lubang jendela, ventilasi, dan pintu masih dapat dilakukan/didiskusikan. Namun, penutupan lubang ventilasi di langit-langit memerlukan penelitian pada kekuatan struktur langit-langit (karena *sound insulation* cukup berat) dan biaya banyak.
2. Penerapan penyerap bunyi disesuaikan dengan desain interior gereja dan mencakup rentang 20-20kHz.
3. Perlu mulai dimengerti/ dipahami bahwa kualitas suara pengkhotbah yang menjadi satu-satunya sumber suara saat sesi khotbah berbeda dengan pengkhotbah (atau pemandu pujian) yang mengisi firman disela-sela rangkaian lagu (band). Menyatukan kedua sumber suara yang berbeda karakter tersebut akan menjadikan baik bunyi pengkhotbah maupun band tidak dapat tampil maksimal. Pengkhotbah memerlukan suara ucapan yang jernih, natural, pada rentang frekuensi suara manusia. Sedangkan, bunyi band memerlukan detail harmoni dari berbagai warna sumber bunyi (*timbre*) yang mencakup rentang frekuensi lebih lebar.
4. Suara pengkhotbah dan pemandu pujian perlu diusahakan langsung mengarah pada jemaat. Jemaat dapat mengenali arah sumber suara. Sedangkan, bunyi/ suara paduan suara, band, dan gamelan, memanfaatkan

resonansi ruang sehingga jemaat merasa terlingkupi (*immersed*) dalam suara.

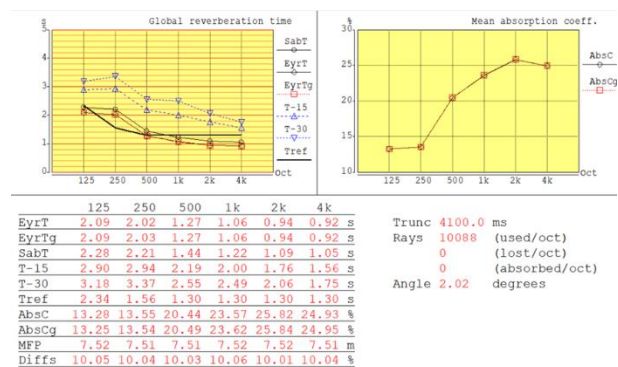
5. Mengingat gedung utama GKJ Gondokusuman termasuk warisan budaya, pemasangan penyerap bunyi perlu dilakukan secara berhati-hati agar sesuai dengan interior. Mengingat perkembangan zaman dan banyak gereja-gereja baru tampil dengan interior segar, GKJ Gondokusuman juga perlu berbenah menghadirkan suasana interior yang lebih segar, riang, optimis, bersemangat, namun tetap tenang dan elegan. Penyerap bunyi dapat sekaligus dipakai untuk menghadirkan suasana tersebut.
6. Penataan akustik perlu disertai dengan penataan/perapian elemen-elemen terkait (pengkabelan, pengecekan peralatan, dll.)
7. Operator *sound system* dan operator multi-media dijadikan satu lokasi untuk memudahkan koordinasi saat melayani acara.

E. Hasil simulasi

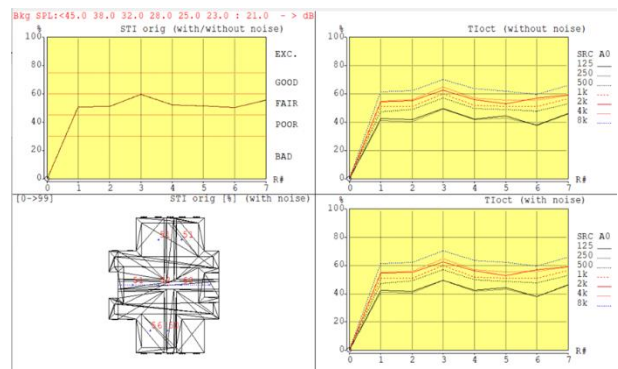
Hasil simulasi dibagi dua yaitu untuk kondisi saat ini dan kondisi berdasarkan konsep perbaikan.

1) Kondisi saat ini

Hasil simulasi kondisi saat ini menunjukkan waktu dengung dari 2 hingga 3 detik. Ini sesuai dengan pengukuran langsung di lapangan. Waktu dengung tersebut cukup panjang untuk percakapan. Hasil simulasi menunjukkan STI di kategori *FAIR* (40%-60%) atau sedang. Untuk bunyi band, waktu dengung tersebut terlalu panjang sehingga akan terdengar gaduh dan kehilangan detail bunyi. (Lihat Gambar 11 dan Gambar 12)



Gambar 11. Waktu dengung kondisi saat ini.

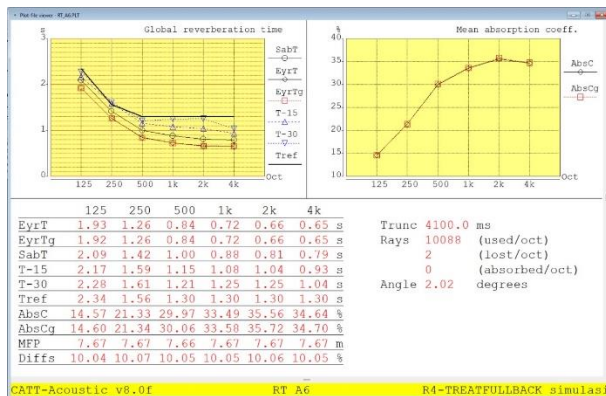


Gambar 12. Speech Transmission Index (STI), tingkat kejelasan suara

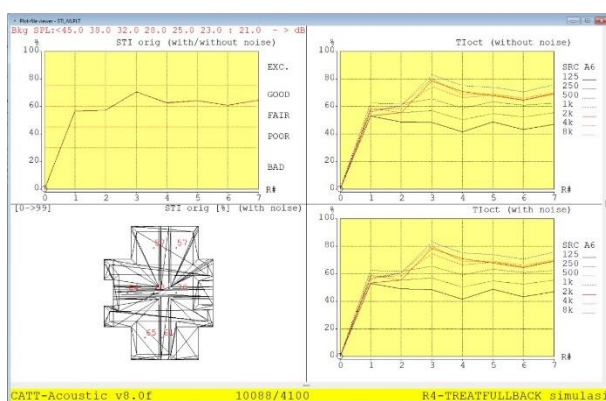
2) Perbaikan

Hasil simulasi sesuai kondisi perbaikan yang diusulkan menunjukkan perbaikan kinerja akustik dalam ruang ibadah. Perbaikan dilakukan untuk menurunkan waktu dengung antara 1,2 hingga 1,4 detik, saat gereja terisi 80%. Ini sesuai dengan standar kompromi yang disarankan [16][17]. Hal tersebut dicapai dengan memasang penyerap bunyi di sisi dalam ruang ibadah. Tebal penyerap bunyi, rockwool, 50 mm dan 100 mm dengan densitas 100 kg/m³ masing-masing sekitar 50%. Rockwool ditutup dengan kain bermotif ceria. Di sudut-sudut dinding di pasang *bass trap*, untuk mengurangi dengung nada rendah.

Hasil simulasi menunjukkan waktu dengung nada menengah hingga tinggi dapat diturunkan sesuai target. Namun, nada rendah masih cukup panjang. Ini dapat dimaklumi karena penyerap bunyi yang diterapkan lebih banyak menyerap nada menengah hingga tinggi. *Bass trap* di sudut-sudut hanya mampu menurunkan hingga sekitar 2 detik. STI, kejelasan ucapan, berada di 60% hingga 80% atau *GOOD*, baik. (Lihat Gambar 13 dan Gambar 14).



Gambar 13. Waktu dengung setelah penerapan penyerap bunyi.



Gambar 14. STI setelah penerapan penyerap bunyi.

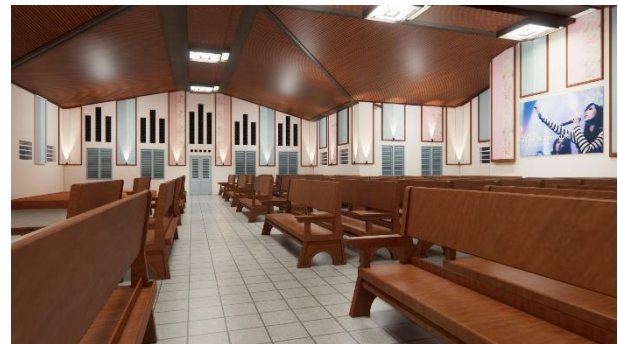
F. Usulan desain interior

Gambar 15 memperlihatkan penerapan penyerap bunyi pada dinding ruang ibadah. Rockwool yang berwarna hitam ditutup kain bermotif ceria. Sisi bawah penyerap bunyi setinggi 180 cm dari lantai untuk meminimalkan kerusakan akibat benturan dengan tubuh jemaat.



Gambar 15. Penampilan penyerap bunyi di dinding.

Gambar 16 memperlihatkan pandangan ke arah barat-daya. Dinding barat diisi penyerap bunyi dan area proyeksi dari proyektor untuk memudahkan pendeta melihat tampilan bahan-bahan khotbah.



Gambar 16. Pandangan dari sisi barat-laut. Terlihat dinding barat berisi proyeksi dari proyektor.

V. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian menunjukkan bahwa penerapan penyerap bunyi di dinding dapat memperbaiki kualitas akustik ruang ibadah (gedung induk) GKK Gondokusuman. Hasil simulasi dengan program CATT 8.0 menunjukkan penerapan penyerap bunyi dapat menurunkan waktu dengung hingga optimal untuk mawadahi rentang nada bunyi yang lebar. Selanjutnya, pemasangan *loudspeaker* perlu dilakukan dengan cermat agar kualitas bunyi band terdengar lebih jernih. Kondisi lingkungan gereja dan fisik gereja tidak memungkinkan untuk dilakukan penyempurnaan akustik secara maksimal tanpa biaya yang besar. Oleh karena itu, perlu diadakan survei untuk benar-benar mengetahui tingkat harapan para pemangku kepentingan pada kualitas akustik gereja ini. Dengan demikian, tidak terjadi pemborosan biaya untuk peningkatan kualitas akustik yang sebenarnya tidak diperlukan.

Berikut adalah beberapa rekomendasi yang perlu dipertimbangkan. Pertama, pengadaan *portable stage* untuk penyanyi band perlu dipikirkan sehingga posisi mereka sedikit lebih tinggi dari lantai jemaat. Portable stage ini berada dekat pemain band untuk memudahkan koordinasi pelayanan. Selain itu, proyeksi dari proyektor depan diturunkan sedikit supaya tidak terlalu tinggi bagi jemaat yang duduk di depan. Ketiga, operator *sound system* dan multimedia dijadikan satu untuk memudahkan koordinasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Majelis GKJ Gondokusuman yang telah memberi kesempatan kami untuk menyumbangkan gagasan perbaikan akustik. Secara khusus, ucapan terima kasih kepada Sdr. Danang Agung Nugroho, petugas tata bunyi gereja, yang memberikan penjelasan rinci tentang kondisi *sound-system* yang dipunyai saat ini dan masalah-masalah serta tantangan yang timbul saat melayani ibadah. Riset aplikatif ini didanai oleh LPPM-UAJY.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Hongisto, D. Oliva, and J. Keränen, "Subjective and objective rating of airborne sound insulation - living sounds," *Acta Acust. united with Acust.*, 2014.
- [2] S. Girón, L. Álvarez-Morales, and T. Zamarreño, "Church acoustics: A state-of-the-art review after several decades of research," *Journal of Sound and Vibration*. 2017.
- [3] L. Álvarez-Morales, S. Girón, M. Galindo, and T. Zamarreño, "Acoustic environment of Andalusian cathedrals," *Build. Environ.*, 2016.
- [4] F. Martellotta, E. Cirillo, A. Carbonari, and P. Ricciardi, "Guidelines for acoustical measurements in churches," *Appl. Acoust.*, 2009.
- [5] D. Queiroz de Sant'Ana and P. H. Trombetta Zannin, "Acoustic evaluation of a contemporary church based on in situ measurements of reverberation time, definition, and computer-predicted speech transmission index," *Build. Environ.*, 2011.
- [6] S. Ansay and P. H. T. Zannin, "Evaluation of the Acoustic Environment in a Protestant Church Based on Measurements of Acoustic Descriptors," *J. Build. Constr. Plan. Res.*, 2016.
- [7] F. Martellotta, "The just noticeable difference of center time and clarity index in large reverberant spaces," *J. Acoust. Soc. Am.*, 2010.
- [8] E. Badino, L. Shtrepi, and A. Astolfi, "Acoustic Performance-Based Design: A Brief Overview of the Opportunities and Limits in Current Practice," *Acoustics*. 2020.
- [9] E. Cirillo and F. Martellotta, "Acoustics of apulian-romanesque churches: Correlations between architectural and acoustic parameters," *Build. Acoust.*, 2003.
- [10] T. J. Cox and P. D'Antonio, *Acoustic Absorbers and Diffusers Theory, Design and Application, Third Edition*. 2016.
- [11] L. Shtrepi, A. Astolfi, G. D'Antonio, and M. Guski, "Objective and perceptual evaluation of distance-dependent scattered sound effects in a small variable-acoustics hall," *J. Acoust. Soc. Am.*, 2016.
- [12] J. P. Arenas and M. J. Crocker, "Recent trends in porous sound-absorbing materials," *Sound Vib.*, 2010.
- [13] L. Álvarez-Morales, T. Zamarreño, S. Girón, and M. Galindo, "A methodology for the study of the acoustic environment of Catholic cathedrals: Application to the Cathedral of Malaga," *Build. Environ.*, 2014.
- [14] M. Vorländer, "Computer simulations in room acoustics: Concepts and uncertainties," *J. Acoust. Soc. Am.*, 2013.
- [15] B. N. J. Postma and B. F. G. Katz, "Perceptive and objective evaluation of calibrated room acoustic simulation auralizations," *J. Acoust. Soc. Am.*, 2016.
- [16] M. Long, *Architectural Acoustics: Second Edition*. 2014.
- [17] M. D. Egan, *Architecture Acoustics*. 2007.

PENULIS

**Prasasto Satwiko, Ph.D.**

Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

**Sugesti Retno Yanti, M.Ars.**

Departemen Arsitektur, Universitas Atma
Jaya Yogyakarta.

**Nimas Sekarlangit, M.T.**

Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

**Tjong, Christopher Kevin Kurniawan.**

Departemen Arsitektur, Universitas Atma
Jaya Yogyakarta.