

# PENERAPAN AURALISASI ARSITEKTUR DALAM IMPLEMENTASI PENGALAMAN AUDIO VISUAL RUANG DALAM: *Review*

Anastasia Cinthya Gani<sup>1,2</sup>, Surjamanto Wonorahardjo<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Program Doktor Arsitektur, SAPPK, ITB, Bandung

<sup>2</sup>Desain Interior, Fakultas Seni Rupa dan Desain, Universitas Tarumanagara

Surel: <sup>1</sup>35221005@mahasiswa.itb.ac.id; <sup>2</sup>anastasiag@fsrd.untar.ac.id; <sup>3</sup>titus@itb.ac.id;

Vitruvian vol 12 no 1 Oktober 2022

Diterima: 03 10 2022

Direvisi: 11 10 2022

Disetujui: 24 10 2022

Diterbitkan: 31 10 2022

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam simulasi akan mempengaruhi analisis kebutuhan ruangan akustik. Simulasi membantu memprediksi dan melihat fenomena akustik di ruang dalam ruangan. Seiring dengan kemajuan aplikasi, penggunaan auralisasi sering digunakan untuk menganalisis audio visual bangunan bersejarah, terutama melihat sistem akustik atau fenomena akustik yang terjadi di masa lalu. Simulasi dan Auralisasi *Real-Time* Interaktif sangat disarankan dan merupakan metode yang akurasinya sudah teruji terhadap ruangan yang dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan dari ruang tersebut. Auralisasi tidak hanya sebatas pada audio visual akan tetapi mulai menjadi salah satu alternatif untuk memprediksi kebutuhan akan persebaran audio pada masa mendatang. Ketika kinerja ruang tidak hanya dilihat dari satu aspek maka diperlukan auralisasi untuk menentukan kinerja apakah yang mempengaruhi ruang dalam. Penggunaan aplikasi berbasis auralisasi menjadi sangat menarik ketika ditemukan bahwa kinerja ruang dalam ditemukan fenomena baru yang mungkin jika diteliti secara nyata sulit untuk ditemukan. Pengukuran auralisasi tidak terbatas pada satu ruang, penonton, tetapi bangunan itu sendiri menjadi subjek penelitian menggunakan auralisasi. Kedepannya auralisasi tidak hanya terfokus pada aspek teknis, tetapi diharapkan dan dimungkinkan dapat diterapkan pada kajian lingkungan sosial. Perkembangan aplikasi berbasis auralisasi masih perlu dikembangkan terutama dari sisi penelitian social untuk melihat adanya representasi di area tertentu.

**Kata Kunci:** Auralisasi Arsitektur Interior, Audio Visual, Pemetaan Auralisasi

## ABSTRACT

*Technological developments in simulation influence the analysis of acoustic space requirements. Simulations help predict and confirm room acoustic phenomena. With the evolution of applications, the use of auralization is widely used to analyze the audiovisuals of historic buildings, especially with respect to sound systems or acoustic phenomena that occurred in the past. Real-time interactive simulation and auralization are highly recommended. This method has been tested for accuracy using rooms that can be modified according to room needs. Auralization is not limited to audiovisual media, but is slowly emerging as an alternative for anticipating future audio delivery needs. If room performance is not considered in one dimension, auralization is necessary to determine which performance influences the interior space. If internal performance turns out to be a new phenomenon that is elusive in practical investigations, the use of insonification-based applications will be of great interest. Auralization measurements are not limited to one space, the audience, but the building itself is the object of auralization research. In the future, it is expected and possible that auralization will not only focus on technical aspects, but that auralization can be applied to the study of social environments. The development of auditory-based applications has yet to be developed, especially with respect to social surveys to ascertain representations in specific domains.*

**Keywords:** Architecture Auralization, Audio Visual, Auralisasi Mapping

## PENDAHULUAN

Kinerja Akustik dan persepsi akustik diidentifikasi sebagai bidang penelitian penting (Autio et al., 2021) untuk mengukur kualitas ruang yang baik. Terlebih lagi untuk memprediksi kualitas suatu ruang tidak hanya diukur dari berbagai jenis rumus teori akan tetapi dengan adanya simulasi maka dapat merancang sebuah ruang yang baik. Kombinasi model *archaeoacoustic* dan model visual seringkali membutuhkan beberapa bentuk auralisasi. Saat ini penerapan dan implementasi auralisasi adalah area penelitian yang masih luas (Mehra et al., 2015; Poirier-Quinot et al., 2017).

Auralisasi adalah proses yang bertujuan untuk memodelkan dan mensimulasikan pengalaman fenomena akustik berupa medan suara dalam ruang virtual (Georgiou et al., 2019; Savioja & Xiang, 2020; Thery et al., 2019; Vorländer, 2020). Hal ini sangat berguna untuk mengkonfigurasi lanskap suara dari struktur arsitektur, tempat konser dan ruang publik, dan menciptakan lingkungan suara yang koheren dalam sistem imersif virtual (Pelzer et al., 2014). Secara tidak langsung dikatakan bahwa persebaran auralisasi diperlukan untuk memprediksi hasil desain yang telah dirancang. Setiap titik koordinat yang menjadi pengukuran merupakan elemen penting ketika auralisasi diterapkan pada ruang. Terlebih ketika penelitian yang menitik beratkan pada akustik interior maka data detail perlu diperhatikan. Makadari itu pada penjualan tiket acara pertunjukan music ataupun drama mempunyai harga yang bervariasi disetiap posisi.

Auralisasi adalah istilah yang digunakan dengan cara analogi dan dengan visualisasi bertujuan untuk menggambarkan rendering medan suara yang dapat didengar dengan tujuan berbagai metode pemodelan yang tersedia dalam akustik arsitektur. Ketika audibilitas dicapai melalui pemodelan komputer, dapat dianggap sebagai desain dengan bantuan komputer akustik yang "benar". Misalnya, dengan implementasi perangkat keras baru dari pemrosesan sinyal, auralisasi membentuk dasar teknik yang kuat untuk simulasi spasial dan menimbulkan kejelasan pendengaran (Ahrens & Andersson, 2019).

Auralisasi dialami melalui sistem yang menyediakan model akustik virtual yang dibuat dengan menggabungkan peristiwa

akustik yang direkam (atau anechoic) dan diproyeksikan ke dalam ruang akustik. Dalam model virtual, karakteristik dalam akustik sering dikaitkan dengan *respons impuls* (IR) yang ditentukan dengan mengambil sampel suara (Cabrera et al., 2011). Suara yang dihasilkan terdengar seperti dibuat di ruang suara itu.

## Perkembangan Auralisasi

Dengan munculnya komputer dan *software*, auralisasi telah menjadi salah satu metode yang digunakan untuk menganalisa akustik sebuah ruang (Savioja & Xiang, 2019). Bersama dengan implementasi perangkat keras baru dari pemrosesan sinyal digital, mereka membentuk dasar teknik baru yang kuat untuk simulasi ruangan dan pencitraan pendengaran. Auralisasi terutama digunakan untuk pengukuran akustik ruang dalam seperti akustik auditorium dan instalasi loudspeaker. (Berardi & Iannace, 2020; Braasch et al., 2021; Cairoli, 2020).

Sebagai perangkat yang dapat mendukung perancangan ruang, pendekatan pengukuran *respons impuls* merupakan bagian terpenting pada pengukuran sebuah auditorium maupun ruang pertunjukan. Selain itu verifikasi juga berlaku untuk program prediksi *respons impuls* spasial dasar (Georgiou et al., 2019; Pike & Romanov, 2017). Kombinasi auralisasi dan reproduksi trans-telinga, pemerataan ruangan, dan kontrol kebisingan aktif dapat memperluas penerapan teknologi di luar laboratorium, terutama di luar reproduksi *headphone* sederhana. Sejumlah besar aplikasi dapat diaplikasikan dalam penelitian luar ruangan dan melalui pendekatan psikoakustik.

Menariknya simulasi kualitas suara yang telah dilakukan, tetapi tidak ada bukti kemampuan teknologi untuk mereproduksi efek mendengarkan secara akurat. Pada titik ini, penting untuk menekankan bahwa literatur tentang pengukuran akustik yang diprediksi oleh program prediksi *respons impuls* di laboratorium komputer hampir tidak ada dalam publikasi penelitian. (Savioja & Xiang, 2019).

Dilihat dari sisi akustik atau audio sendiri, banyak menggunakan simulasi dengan aplikasi CATT atau ODEON. Istilah lain dari aplikasi masuk dalam kategori *Geometrical acoustics (GA) software*. Simulasi komputer berdasarkan akustik geometris sangat efisien, tetapi kurang

akurat dibandingkan model berbasis gelombang. Teknik geometri akustik ini dijelaskan oleh Krokstad et al. (Savioja & Xiang, 2020). Perangkat lunak ini memungkinkan berbagai definisi fitur fisik dalam model GA yang terdiri dari geometri, penyerapan suara, dan sebaran. Properti pendukung dalam aplikasi kategori ini dapat menghubungkan antara geometri, nilai warna Red Green Blue (RGB), dan properti material difusi dalam perangkat lunak visualisasi (Postma & Katz, 2015).

Untuk mendapatkan dan memprediksi sebuah ruang akustik yang baik maka diperlukan metode yang sesuai dengan kebutuhan ruang. Metode dalam menganalisa kualitas akustik mempunyai berbagai macam simulasi. Sebelum mengetahui jenis software ataupun pengukuran yang tepat pada sebuah penelitian, maka terlebih dahulu jenis model computer seperti apa yang dapat memenuhi kebutuhan data serta Analisa dari hasil penelitian terhadap audio visual ruang dalam.

## METODE

Metode pemilihan penelitian berdasarkan kata kunci yang berkaitan dengan auralisasi serta simulasi komputer. Dalam pembahasannya, perbandingan antara metode yang digunakan setiap penelitian untuk melihat efek dari metode yang telah digunakan. Perancangan gedung konser, simulasi akustik, dan auralisasi dilakukan menggunakan perangkat lunak. Hasil dari seluruh metode yang digunakan untuk melihat perkembangan auralisasi yang digunakan pada setiap aspek kinerja akustik. Terutama pada penelitian perkembangan kualitas ruang pertunjukan.

Selain itu perkembangan auralisasi dikelompokkan berdasarkan hasil luarannya sehingga dapat dilihat perkembangan yang mendukung penelitian. Hasil luaran yang dihasilkan. Berikut Langkah – Langkah yang dilakukan dalam proses kajian :

1. Meninjau metode auralisasi yang digunakan pada kinerja akustik pada umumnya
2. Mengelompokkan hasil data kinerja akustik yang digunakan pada ruang konser atau pertunjukkan dan penggunaan ruang lainnya.
3. Mengelompokkan luaran auralisasi yang telah berkembang seiring dengan perkembangan *software*.

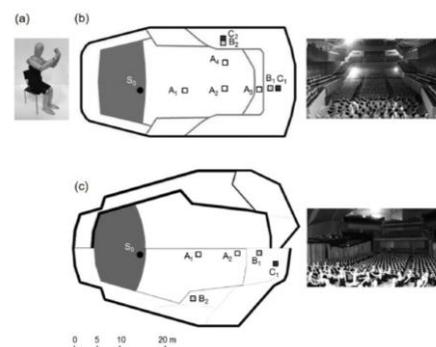
4. Menganalisa proses perubahan auralisasi yang berkaitan dengan variabel serta parameter yang digunakan untuk membuktikan fenomena akustik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Model Komputer untuk Prediksi Respon Ruang (*Room Response Prediction*)

Untuk mempelajari pengaruh setiap perubahan pada ruangan atau pengaturan pada akustik ruangan, sebuah kerangka dikembangkan yang memungkinkan umpan balik akustik dan visual langsung kepada pengguna. Hal ini dicapai dengan menjalankan simulasi audio ruangan interaktif dan operasi audio waktu nyata. Respon impuls ruang binaural dihitung menggunakan program komputer berdasarkan sumber gambar dan persamaan yang menggunakan sinar cahaya untuk mengetahui suara apa yang akan terdengar di ruang tertentu. Respon impuls dibagi menjadi langsung, refleksi awal, dan gema akhir.

Perubahan serta kombinasi dapat dilakukan pada sumber dan penerima (posisi/orientasi/arah/HRTF) serta pada material permukaan dan geometri ruangan itu sendiri. Dengan menggunakan streaming konvolusi latensi rendah, dapat memberikan umpan balik langsung kepada pengguna. (Ivry et al., 2020). Sebagai contoh penggunaan auralisasi pada penelitian disimulasikan dengan model 1 : 10 dengan dua jenis bentuk arsitektur teater yaitu bentuk kipas dan black box. Posisi pemain orkestra diasumsikan seperti gambar a dan posisi teater pertunjukan diasumsikan pada gambar b dan c (gambar 1).



**Gambar 1 : Konfigurasi pengujian pada La Salle Theater**

Sumber : *Build. Environ.*, vol. 143, pp. 349–357, 2018.

Pada tabel dibawah ini menunjukkan jenis – jenis bentuk yang dijadikan sebagai model untuk simulasi. Bentuk panggung (*Stage*) terhadap posisi duduk dari audience dan masih menggunakan bangunan asli untuk mengukur respon impuls.

Table 2  
Data used for the evaluation of the architect's adaptation to an existing concert hall when occupied.

Stage name	Jack & Jill	Georg Meinhofhaus, Vienna (1907)	Symphonic Hall, Berlin (1910)	Concertgebouw, Amsterdam (1906)	Philharmonie Hall, London (1911)	Mad H (2011)
Stage view						
Volume	20,000	11,000	10,000	10,000	10,000	10,000
V <sub>1/3</sub> (m <sup>3</sup> )	15,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
A <sub>1/3</sub> (m <sup>2</sup> )	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
A <sub>0.5</sub> (m <sup>2</sup> )	500	500	500	500	500	500

Stage name	Philharmonie on Geirg Meinhof (2007)	Haroldo de Sa, Sydney (2011)				
Stage view						
Volume	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
V <sub>1/3</sub> (m <sup>3</sup> )	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
A <sub>1/3</sub> (m <sup>2</sup> )	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
A <sub>0.5</sub> (m <sup>2</sup> )	500	500	500	500	500	500

**Gambar 2.** Pengujian terhadap jenis tata panggung (*Stage*)

Sumber: *Build. Environ.*, vol. 143, pp. 349–357, 2018.

Penelitian tersebut hanya menguji bentuk dan posisi dari panggung pemain musik untuk mencapai kualitas akustik yang baik.

### Penyerapan, Hamburan, dan Difraksi dalam Auralisasi

Akustik ruangan yang disimulasikan biasanya dievaluasi dengan membandingkannya dengan pengukuran di lingkungan fisik yang sesuai. Namun, itu terbukti menjadi tantangan untuk memberikan representasi yang tepat dari geometri ruang, karakteristik sumber dan penerima, dan koefisien penyerapan dan hamburan untuk dimodelkan ulang dalam simulasi (Brinkmann et al., 2021). Penelitian metode simulasi terbaru mulai dikembangkan dengan istilah *Benchmark for Room Acoustic Simulation* (BRAS).

BRAS menyediakan kumpulan adegan audio referensi seperti refleksi tunggal pada pelat yang hampir tak terbatas. Dengan informasi tentang struktur utama, kondisi batas, karakteristik sumber dan penerima, dan fungsi transmisi yang diukur untuk konfigurasi sumber-penerima yang berbeda, ini dimaksudkan untuk menyediakan data untuk evaluasi simulasi audio. Adegan memiliki struktur sederhana, kondisi geometris dan batas dapat ditampilkan dengan sangat akurat, berdasarkan jarak laser dan pengukuran sudut dan pengukuran laboratorium dari koefisien penyerapan dan hamburan (Brinkmann et al., 2019). (Schröder, 2011)

Dengan adanya parameter dari koefisien penyerapan dan hamburan maka variable yang menentukan yaitu material

akustik. Berbagai jenis material akustik banyak dikembangkan, mulai dari produksi industri dan saat ini mulai dikembangkan material berbasis bahan alam. Peran material alam dapat menjadi salah satu alternatif sebagai material akustik dengan melihat dari aspek bentuk dan warna material. Sebagai penunjang interior yang berbeda di ruang konser virtual pada persepsi subjektif volume, gema, preferensi visual dan preferensi pendengaran maka diharapkan dampak dari material dapat mempengaruhi pengalaman visual dan pendengaran serta termal dari sebuah ruang dalam pertunjukan. Dengan melihat bahwa material alam diterapkan pada sebuah ruang dapat meningkatkan keadaan emosional serta merangsang emosi positif sehingga dapat mengurangi stress (Jiang et al., 2021).

### Penggunaan Auralisasi untuk menganalisa Audio Visual Bangunan Bersejarah

Seiring dengan kemajuan aplikasi maka penggunaan auralisasi sering digunakan untuk menganalisa bangunan prasejarah, terutama melihat sistem akustik ataupun fenomena akustik yang terjadi pada masa lampau. Salah satunya yaitu pada penelitian sebuah teater (Berardi & Iannace, 2020). Pada penelitiannya, melihat bahwa bangunan teater prasejarah yang didirikan di Roma menunjukkan bahwa kurang memiliki permukaan reflektif seperti dinding bangunan.

Walaupun bagian dinding jauh berbeda dengan seperti bangunan saat ini tetapi kriteria kualitas akustik masih didapatkan. Hal ini dapat diraih dari ornamen serta bentuk bangunan yang indah atau bagian gua yang direkonstruksi. Penelitian lain juga dilakukan untuk melihat fungsi sebuah teater atau ruang pertunjukan prasejarah. Jika saat ini penggunaan auralisasi banyak digunakan pada kualitas akustik (Kleiner et al., 1993), auralisasi juga dapat digunakan untuk melihat fungsi dari sebuah ruang teater.

Beberapa penelitian telah menyelidiki kualitas persepsi yang dapat dicapai dengan simulasi dan auralisasi akustik ruangan. Studi semacam itu menyoroti masalah potensial dalam menciptakan simulasi yang setara secara persepsi bila dibandingkan dengan auralisasi terukur dalam hal estimasi parameter. Untuk memodelkan akustik secara realistis, seseorang harus mengkalibrasi model geometris. Dalam situasi di mana ruang yang dipelajari ada,

auralisasi yang dikalibrasi dengan baik dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti, eksplorasi realitas virtual multi-modal, studi tentang efek akustik renovasi, dan penelitian sejarah (Postma & Katz, 2016).

Selain digunakan untuk simulasi pada bangunan prasejarah, auralisasi juga digunakan untuk menganalisa bangunan gereja (Autio et al., 2021). Analisis akustik ruangan dalam gereja menunjukkan bahwa subruang akustik terbentuk di tempat-tempat penting religius dan liturgis. Biarawati lebih sentral dalam desain dan akustik gereja. Meskipun beberapa analisis akustik galeri mungkin dilakukan dengan model digital yang kurang akurat, analisis akustik menyeluruh dimungkinkan melalui penelitian historis substansial yang mendasari dan memvalidasinya. Penentuan ukuran galeri, tinggi, posisi, dan bentuk yang tepat telah terbukti memiliki konsekuensi terhadap medan suara di dalam galeri dan di bagian tengah galeri. Hal ini menunjukkan bahwa kolaborasi antara ahli akustik, sejarawan, dan seniman 3D dapat bermanfaat untuk pemodelan akustik.

### Penggunaan Auralisasi Lainnya

Auralisasi digunakan untuk mengukur dan meneliti persepsi visual pada ruang konser. Selain menggunakan software CaTT, penggunaan *Virtual Reality* (VR) mulai dimasukkan pada penelitian persepsi visual dan psycoacustik. Penelitian yang dilakukan oleh Yang dan Moon mengenai audio visual experience, kondisi akustik sangat dipengaruhi oleh relaksasi visual sedangkan kondisi pencahayaan tidak dipengaruhi oleh persepsi akustik (Yang & Moon, 2018b). Antara suara dan pencahayaan dalam pengaturan lingkungan ruangan sangat dipengaruhi oleh interaksi *multisensory* ketika pengujian dilakukan terhadap audio visual dengan kasus sebuah ruang belajar diukur berdasarkan tingkat iluminasi ruangan (Lux) terhadap tingkat kebisingan suara (Yang & Moon, 2018a, 2018b) sementara Chen dan Cabrera meneliti hal yang berbeda.

Hasil penelitian mereka jika dilihat dari pengukuran tingkat iluminasi tidak berdampak pada kebisingan. Untuk itu dilakukan penelitian dari sisi jenis warna sebuah ruang pertunjukan terhadap audio visual. Hasil menunjukkan bahwa tingkat kebisingan suara dan gema di ruang konser virtual keduanya dipengaruhi oleh *Reverberation Time* (RT) tetapi tidak dipengaruhi oleh warna material ruang

konser tersebut (Chen & Cabrera, 2021). Pengujian melibatkan beberapa sampel warna dasar yaitu merah, kuning, biru, hijau dan warna asli pada bangunan tersebut.



**Gambar 3.** Hasil auralisasi pada penggunaan *Virtual Reality*

Sumber : Combined effects of sound and illuminance on indoor environmental perception. *Applied Acoustics*, 141, 136–143.

*Virtual Reality* (VR) memberikan kemungkinan bagi pengunjung untuk berinteraksi dengan bangunan dan situs bersejarah. Saat ini, sebagian besar rekonstruksi virtual berkonsentrasi pada penciptaan lingkungan virtual yang realistis serta berkonsentrasi pada komponen visual (Postma & Katz, 2015). Namun, penyertaan properti akustik yang lebih realistis dalam model visual memberikan representasi yang lebih realistis dari lokasi yang diteliti. Asonifikasi historis seringkali memerlukan penyediaan model simulasi akustik dari ruang bangunan yang diteliti untuk mendapatkan representasi realistis dari lingkungan akustiknya. Pada penelitian ini menggunakan pendekatan metodologis untuk model akustik geometris untuk menghasilkan realitas atau auralisasi audio virtual yang realistis menggunakan program prediksi akustik ruangan berbasis akustik geometris. Sebuah amfiteater kecil yang belum selesai dipilih untuk mengembangkan metode ini.

Selain itu, auralisasi dapat juga digunakan pada pengukuran akustik lanskap. Auralisasi lanskap suara perkotaan telah terbukti berguna untuk memberikan evaluasi yang membantu bersama dengan prediksi kuantitatif. Kemajuan teknologi terkini telah memungkinkan untuk menyuarakan kebisingan lalu lintas jalan secara lebih akurat dan realistis serta sumber-sumber lain yang sering ditemukan di kota-kota. Proyek perkotaan di masa depan, ketika tidak tersedia, dapat disajikan dan dievaluasi secara perseptif melalui mendengarkan (Maillard, 2016). Tujuannya adalah untuk membandingkan rute yang berbeda dan mempromosikan "jalur yang tenang". Ini

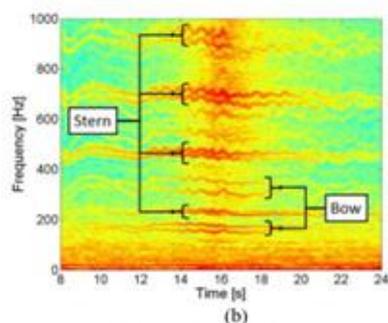
adalah konsep yang mirip dengan "zona tenang" yang diperkenalkan dalam Petunjuk Eropa 2002/49 / EC. Hasilnya menunjukkan korelasi yang baik antara gangguan yang dirasakan dan indikator kebisingan yang dihitung terkait.

Penggunaan auralisasi tidak selalu dikaitkan pada pengukuran sebuah ruang, akan tetapi pada penelitian yang dilakukan oleh Christina (Christian et al., 2015) bahwa auralisasi dapat melihat persebaran kebisingan sebuah kendaraan udara. Kemampuan yang ditawarkan oleh kendaraan udara angkat vertikal tak berawak kecil, misalnya, quadcopters, banyak diminati oleh pengusaha di sektor swasta, publik, dan sipil.

Seiring pertumbuhan industri yang pesat, publik akan bergantung pada alat transportasi dan seiring dengan banyaknya penggunaan transportasi udara maka kebisingan yang dihasilkan dengan frekuensi semakin meningkat (Gambar 4). Oleh karena itu, tinjauan tentang respons manusia terhadap mesin ini akan sangat dibutuhkan oleh para pengambil keputusan di banyak aspek industri yang sedang berkembang ini, mulai dari produsen perangkat keras hingga regulator pemerintah.



(a)



(b)

**Gambar 4.** Hasil Auralisasi pada transportasi udara

Sumber : Auralization of tonal rotor noise components of a quadcopter flyover. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 250(3), 3983–3994.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Perkembangan yang panjang dari ilmu akustik yang pada awalnya hanya memasukkan teori maka berkembang menggunakan simulasi untuk memprediksi bahkan memperbaiki kinerja akustik yang sudah ada. Dengan perkembangan teknologi sehingga antara perangkat keras maupun perangkat lunak hadir auralisasi sebagai alat untuk mencapai kinerja ruang dalam yang baik. Auralisasi dapat menggabungkan beberapa aspek penilaian yang dikaitkan dengan akustik, mulai dari visual maupun termal. Auralisasi sangat dibutuhkan terutama dalam penelitian interior bangunan bersejarah dimana bangunan tersebut memiliki sensitifitas tinggi.

Pada bangunan bersejarah, jika pengujian kualitas ruang dari sisi konstruksi mau optimalisasi material menggunakan auralisasi dapat dikatakan bahwa aplikasi akustik masa lalu telah diprediksi dengan cermat tanpa bergantung pada formula yang ada. Auralisasi dibutuhkan diberbagai lini ilmu pengetahuan, tidak hanya pada bidang interior maupun arsitektur. Pada intinya dengan adanya auralisasi semakin memperjelas apa yang kita rancang, dampaknya serta efek yang ditimbulkan dari hasil rancangan akustik maupun kinerja lainnya.

Hasil auralisasi digunakan dalam uji dengar untuk memperoleh preferensi dari responden untuk objek musik terhadap konfigurasi gedung pertunjukkan yang dirancang dengan metode *paired comparison*. Pada beberapa penelitian menggunakan metode auralisasi, hasil uji dengar menunjukkan bahwa terdapat signifikansi preferensi dari responden, sedangkan untuk kedua musik lainnya tidak diperoleh perbedaan preferensi yang signifikan

### Saran/Rekomendasi

Pada akhirnya, metode simulasi dengan menggunakan auralisasi tidak hanya sebatas pada audio visual akan tetapi mulai menjadi salah satu alternatif untuk memprediksi kebutuhan akan persebaran audio pada masa mendatang. Pengukuran auralisasi tidak hanya sebatas pada sebuah ruang, penonton atau pengunjung dan bangunan itu sendiri menjadi objek dari penelitian yang menggunakan auralisasi. Untuk kedepannya diharapkan bahwa auralisasi tidak hanya berfokus dari segi teknik akan tetapi diharapkan dan

dimungkinkan auralisasi dapat diterapkan pada penelitian lingkungan sosial.

Memang saat ini dalam penelitian ilmu sosial belum terlihat aplikasi penggambaran terhadap perilaku suatu komunitas. Tetapi perlu disadari bahwa dengan adanya penggambaran pada wilayah tertentu dapat membantu masyarakat mengambil sikap saat akan memasuki lingkungan tersebut.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) dari Kemendikbud dan Puslapdik dalam mendukung penelitian yang telah dilakukan terutama pada mata kuliah metodologi penelitian dalam arsitektur program doktoral di Institut Teknologi Bandung. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung makalah ini, terutama para promotor dan dosen.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahrens, J., & Andersson, C. (2019). Perceptual evaluation of headphone auralization of rooms captured with spherical microphone arrays with respect to spaciousness and timbre. *The Journal of the Acoustical Society of ...* <https://doi.org/10.1121/1.5096164>
- Autio, H., Barbagallo, M., Ask, C., Bard Hagberg, D., Lindqvist Sandgren, E., & Strinnholm Lagergren, K. (2021). Historically Based Room Acoustic Analysis and Auralization of a Church in the 1470s. *Applied Sciences*, 11(4), 1586.
- Berardi, U., & Iannace, G. (2020). The acoustic of Roman theatres in Southern Italy and some reflections for their modern uses. *Applied Acoustics*, 170, 107530.
- Braasch, J., Chabot, S., Chertok, E., Jonathan, M., & Ellington Scott, E. K. (2021). Auralizing concert venues over extended listening areas using wave field synthesis. *Audio Engineering Society Convention 150*.
- Brinkmann, F., Aspöck, L., Ackermann, D., Lepa, S., Vorländer, M., & Weinzierl, S. (2019). A round robin on room acoustical simulation and auralization. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(4), 2746–2760.
- Brinkmann, F., Aspöck, L., Ackermann, D., Opdam, R., Vorländer, M., & Weinzierl, S. (2021). A benchmark for room acoustical simulation. Concept and database. *Applied Acoustics*, 176, 107867.
- Cabrera, D., Lee, D., Yadav, M., & Martens, W. L. (2011). Decay envelope manipulation of room impulse responses: Techniques for auralization and sonification. *Proceedings of ACOUSTICS*, 5.
- Cairolì, M. (2020). Ancient shapes for modern architectural and acoustic design: Large interiors formed by curved surfaces. *Applied Acoustics*, 170, 107497.
- Chen, Y., & Cabrera, D. (2021). The effect of concert hall color on preference and auditory perception. *Applied Acoustics*, 171, 107544.
- Christian, A., Boyd Jr, D. D., Zawodny, N. S., & Rizzi, S. A. (2015). Auralization of tonal rotor noise components of a quadcopter flyover. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 250(3), 3983–3994.
- Georgiou, F., de la Hosseraye, B. B., Hornikx, M., & Robinson, P. W. (2019). *Design and simulation of a benchmark room for room acoustic auralizations*. Universitätsbibliothek der RWTH Aachen.
- Ivry, A., Cohen, I., & Berdugo, B. (2020). Evaluation of Deep-Learning-Based Voice Activity Detectors and Room Impulse Response Models in Reverberant Environments. *ICASSP 2020-2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 406–410.
- Jiang, B., Xu, W., Ji, W., Kim, G., Pryor, M., & Sullivan, W. C. (2021). Impacts of nature and built acoustic-visual environments on human's multidimensional mood states: A cross-continent experiment. *Journal of Environmental Psychology*, 77, 101659.
- Kleiner, M., Dalenbäck, B.-I., & Svensson, P. (1993). Auralization-an overview. *Journal of the Audio Engineering Society*, 41(11), 861–875.
- Maillard, J. (2016). Auralization applied to the evaluation of pedestrian and bike paths in urban environments. *INTER-NOISE*

- and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, 253(6), 2699–2708.
- Mehra, R., Rungta, A., Golas, A., Lin, M., & Manocha, D. (2015). Wave: Interactive wave-based sound propagation for virtual environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 21(4), 434–442.
- Pelzer, S., Aspöck, L., Schröder, D., & Vorländer, M. (2014). Interactive real-time simulation and auralization for modifiable rooms. *Building Acoustics*, 21(1), 65–73.
- Pike, C., & Romanov, M. (2017). An impulse response dataset for dynamic data-based auralization of advanced sound systems. *Audio Engineering Society Convention 142*.
- Poirier-Quinot, D., Katz, B., & Noisternig, M. (2017). EVERTims: Open source framework for real-time auralization in architectural acoustics and virtual reality. *20th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-17)*.
- Postma, B. N. J., & Katz, B. F. G. (2015). Creation and calibration method of acoustical models for historic virtual reality auralizations. *Virtual Reality*, 19(3), 161–180.
- Postma, B. N. J., & Katz, B. F. G. (2016). Perceptive and objective evaluation of calibrated room acoustic simulation auralizations. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(6), 4326–4337.
- Savioja, L., & Xiang, N. (2019). Introduction to the special issue on room acoustic modeling and auralization. In *The Journal of the Acoustical Society of America* (Vol. 145, Issue 4, pp. 2597–2600). Acoustical Society of America.
- Savioja, L., & Xiang, N. (2020). Simulation-based auralization of room acoustics. *Acoust. Today*, 16(4), 48–55.
- Schröder, D. (2011). *Physically based real-time auralization of interactive virtual environments* (Vol. 11). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Thery, D., Boccara, V., & Katz, B. F. G. (2019). Auralization uses in acoustical design: A survey study of acoustical consultants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(6), 3446–3456.
- Vorländer, M. (2020). *Auralization*. Springer.
- Yang, W., & Moon, H. J. (2018a). Combined effects of sound and illuminance on indoor environmental perception. *Applied Acoustics*, 141, 136–143.
- Yang, W., & Moon, H. J. (2018b). Cross-modal effects of illuminance and room temperature on indoor environmental perception. *Building and Environment*, 146, 280–288.