

Pemodelan Akustik dan Desain Studio: Pendekatan Matematis dan Praktis untuk Mengoptimalkan Waktu Gema dan Aktivitas Modal

Acoustic Modeling and Studio Design: A Mathematical and Practical Approach to Optimizing Reverberation Time and Modal Activity

Oleh : Fornia

Akademi Komunikasi SAE Indonesia

g.putra@sae.edu

Abstrak

Penelitian ini menekankan pentingnya desain akustik di studio rekaman untuk mencapai kualitas suara yang optimal. Waktu gema dan aktivitas modal secara signifikan memengaruhi kualitas akustik di ruang kecil dan tertutup seperti studio. Namun, banyak pengguna dengan anggaran terbatas sering menghadapi tantangan dalam mengakses solusi akustik yang efektif dan terjangkau. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan panduan praktis untuk memilih dan mengatur bahan akustik yang efisien untuk mengontrol waktu reverb dan aktivitas modal, membuat solusi ini dapat diakses oleh masyarakat umum tanpa mengeluarkan biaya tinggi atau memerlukan bantuan dari konsultan profesional. Untuk mencapai hal ini, metode eksperimental digunakan, menguji berbagai bahan akustik umum seperti busa, kayu, karpet, dan gipsium dalam pengaturan studio rekaman untuk mengukur dampaknya pada waktu reverb. Data dikumpulkan menggunakan tekanan suara dan pengukuran waktu reverb dengan pengukur SPL dan aplikasi pengukuran akustik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap material memiliki efek yang berbeda berdasarkan ketebalan dan penempatannya. Bahan yang lebih tebal lebih efektif dalam menyerap frekuensi rendah, sedangkan bahan yang lebih tipis unggul dalam menyerap frekuensi tinggi. Panduan praktis ini dibangun di atas temuan eksperimental ini, sehingga memudahkan pengguna untuk mengelola bahan akustik. Kesimpulannya, penelitian ini menegaskan bahwa pemilihan material yang tepat dan penataan strategis dapat secara signifikan meningkatkan kualitas akustik di studio kecil dengan biaya yang terjangkau. Panduan ini berkontribusi secara bermakna untuk bidang akustik, memberikan solusi praktis dan ekonomis. Akibatnya, ini meningkatkan aksesibilitas desain akustik berkualitas untuk studio kecil dan masyarakat luas, mendukung kebutuhan pembuatan konten digital dan produksi musik yang terus berkembang.

Kata Kunci: Pemodelan Akustik, Strategi Perawatan Akustik, Pendekatan Matematika dalam Akustik, Desain Studio Modern, Optimasi Waktu Reverb

Abstract

This research emphasizes the importance of acoustic design in recording studios to achieve optimal sound quality. Reverb time and modal activity significantly affect acoustic quality in small, enclosed spaces like studios. However, many users with tight budgets often face challenges accessing effective and affordable acoustic solutions. This research aims to develop a practical guide for selecting and arranging efficient acoustic materials to control reverb time and modal activity, making these solutions accessible to the general public without incurring high costs or requiring assistance from professional consultants. To achieve this, an experimental method was employed, testing various common acoustic materials such as foam, wood, carpet, and gypsum in a recording studio setting to measure their impact on reverb time. Data were collected using sound pressure and reverb time measurements with an SPL meter and an acoustic measurement app. The results indicated that each material has a different effect based on its thickness and placement. Thicker materials are more effective at absorbing low frequencies, while thinner materials excel at absorbing high frequencies. This practical guide is built upon these experimental findings, making it easier for users to

manage acoustic materials. In conclusion, this research confirms that proper material selection and strategic arrangement can significantly enhance acoustic quality in small studios at an affordable cost. This guide contributes meaningfully to the field of acoustics, providing practical and economical solutions. As a result, it increases the accessibility of quality acoustic design for small studios and the broader public, supporting the evolving needs of digital content creation and music production.

Keywords: *Acoustic Modeling, Acoustic Treatment Strategies, Mathematical Approaches in Acoustics, Modern Studio Design, Reverb Time Optimization*

A. PENDAHULUAN

Desain akustik dalam studio rekaman memegang peranan yang sangat penting dalam menjamin kualitas suara yang dihasilkan. Teknik pemodelan akustik, termasuk auralisasi, berkontribusi signifikan dalam proses desain akustik ruang saat ini. Selain itu, teknik ini juga dapat digunakan untuk membangun lingkungan virtual yang bermanfaat dalam berbagai aplikasi, seperti permainan komputer, penelitian kognitif, dan pelatihan ¹. Dalam industri musik dan rekaman, kualitas suara menjadi aspek yang tidak dapat ditawar.

Menurut Carcagno², penilaian terhadap kualitas suara keseluruhan yang dilakukan oleh 52 gitaris di sebuah ruangan dengan pencahayaan yang redup, sambil menggunakan kacamata anti-sinar untuk menghindari identifikasi visual, menunjukkan hasil yang sangat mirip antara keenam gitar yang diuji. Studio yang dirancang dengan baik tidak hanya berfungsi sebagai tempat untuk merekam, tetapi juga sebagai lingkungan yang dapat mempengaruhi kreativitas dan produktivitas para musisi serta produser. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai desain akustik menjadi sangat krusial. Dalam ruangan tertutup kecil seperti studio, dua aspek utama yaitu waktu reverb dan aktivitas modal menjadi faktor penentu kualitas akustik secara keseluruhan. Gema memiliki peranan yang krusial dalam menciptakan auralisasi yang realistis untuk ruang tertutup. Namun, rendering dengan fidelitas tinggi dapat menjadi sangat mahal. Oleh karena itu, dalam praktiknya, sering digunakan model yang lebih

¹ Lauri Savioja and U. Peter Svensson, "Overview of Geometrical Room Acoustic Modeling Techniques," *The Journal of the Acoustical Society of America* 138, no. 2 (2015): 708–30, <https://doi.org/10.1121/1.4926438>.

² "Effect of Back Wood Choice on the Perceived Quality of Steel-String Acoustic Guitars," *The Journal of the Acoustical Society of America* 144, no. 6 (2018): 3533–47, <https://doi.org/10.1121/1.5084735>.

sederhana untuk mengurangi biaya sambil tetap menjaga kualitas yang dirasakan ³. Waktu reverb, yaitu durasi yang diperlukan bagi suara untuk meredup setelah sumber suara berhenti, merupakan elemen krusial dalam menciptakan atmosfer yang diinginkan dalam rekaman. Fenomena akustik ini tidak hanya mempengaruhi kualitas suara, tetapi juga pengalaman keseluruhan pendengar. Dalam konteks rekaman musik, pemilihan waktu reverb yang tepat sangat penting untuk menciptakan nuansa yang sesuai dengan genre musik yang sedang direkam. Sebagai contoh, dalam musik orkestra, penerapan reverb yang lebih panjang dapat memberikan kesan kedalaman dan kehangatan, sehingga pendengar merasa seolah-olah berada di dalam ruang konser yang megah. Sebaliknya, dalam musik rock atau pop, di mana kejelasan vokal dan instrumen sangat penting, reverb yang lebih pendek dapat membantu menjaga fokus pendengar pada elemen-elemen utama lagu. Salah satu aspek penting dari reverb adalah interaksinya dengan berbagai frekuensi suara. Suara yang lebih rendah, seperti bass, cenderung memiliki reverb yang lebih panjang karena gelombang suara mereka memiliki panjang gelombang yang lebih besar, sehingga dapat memantul lebih lama di dalam ruangan. Di sisi lain, suara yang lebih tinggi, seperti vokal atau gitar listrik, mungkin memerlukan reverb yang lebih pendek untuk menghindari kebisingan yang tidak diinginkan dan menjaga kejelasan. Dalam hal ini, para produser musik harus mempertimbangkan tidak hanya jenis musik, tetapi juga karakteristik suara dari masing-masing instrumen yang terlibat ⁴.

Selain itu, sangat penting untuk menyadari bahwa reverb tidak hanya berfungsi sebagai efek tambahan, tetapi juga sebagai elemen yang krusial dalam menciptakan kedalaman dan ruang dalam sebuah komposisi. Penggunaan reverb yang tepat dapat menciptakan kesan bahwa suara berasal dari ruang yang lebih besar atau lebih kecil, yang pada gilirannya dapat memengaruhi emosi pendengar. Dalam konteks musik orkestra, reverb dapat digunakan untuk meniru akustik gedung konser, sedangkan

³ Isaac Engel et al., "Perceptual Implications of Different Ambisonics-Based Methods for Binaural Reverberation," *The Journal of the Acoustical Society of America* 149, no. 2 (2021): 895–910, <https://doi.org/10.1121/10.0003437>.

⁴ Keiko Ishikawa et al., "Ognitive Load Associated with Speaking Clearly in Reverberant RoomsC," *Scientific Reports* 14, no. 1 (2024): 1–10, <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70820-w>.

dalam musik elektronik, reverb dapat memberikan nuansa futuristik yang khas. Proses pengaturan reverb juga mencakup pemilihan jenis reverb yang sesuai, seperti hall, room, atau plate, yang masing-masing memiliki karakteristik unik. Hall reverb, misalnya, menciptakan suara yang luas dan megah, sangat cocok untuk vokal yang dramatis, sementara room reverb memberikan kesan yang lebih intim dan dekat, ideal untuk instrumen akustik. Dengan memahami perbedaan ini, produser dapat lebih efektif dalam menciptakan suasana dan nuansa yang diinginkan dalam rekaman mereka.

Akhirnya, eksperimen dengan parameter reverb seperti waktu decay, pre-delay, dan dampening dapat membuka peluang kreatif yang tidak terbatas. Dengan melakukan penyesuaian pada pengaturan ini, produser dapat menciptakan efek yang unik dan menarik, serta menambahkan dimensi baru pada karya musik mereka. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang reverb dan mekanisme kerjanya menjadi sangat krusial bagi setiap produser yang ingin menghasilkan karya berkualitas tinggi dan berkesan. Salah satu aspek penting dari reverb adalah interaksinya dengan berbagai frekuensi suara. Suara dengan frekuensi rendah, seperti bass, cenderung memiliki reverb yang lebih panjang karena gelombang suara mereka memiliki panjang gelombang yang lebih besar, sehingga dapat memantul lebih lama di dalam ruang. Sebaliknya, suara dengan frekuensi tinggi, seperti vokal atau gitar listrik, mungkin memerlukan reverb yang lebih pendek untuk menghindari kebisingan yang tidak diinginkan dan menjaga kejelasan. Dalam konteks ini, produser musik perlu mempertimbangkan tidak hanya jenis musik yang dihasilkan, tetapi juga karakteristik suara dari masing-masing instrumen yang terlibat⁵.

Pengelolaan waktu reverb yang tepat sangat penting untuk menghindari munculnya efek gema yang dapat mengganggu kejelasan suara, terutama dalam konteks studio rekaman. Hal ini menjadi lebih krusial saat merekam vokal, di mana kejelasan pengucapan sangat menentukan. Misalnya, dalam lagu pop, lirik yang jelas dapat menarik perhatian pendengar, tetapi reverb yang berlebihan dapat mengaburkan makna lirik dan mengurangi daya tarik keseluruhan lagu. Oleh karena itu, penggunaan

⁵ Ishikawa et al.

bahan peredam suara seperti panel akustik atau busa sangat dianjurkan untuk mengontrol waktu gema dan menciptakan akustik yang seimbang.

Lebih lanjut, dalam proses penciptaan lagu yang sesuai dengan format daftar putar dan dalam menghadapi tantangan terkait spam musik serta pemutaran buatan, saya memanfaatkan fenomena ini untuk menggali ketegangan antara kebutuhan yang saling bersaing dari penyedia platform, produsen konten, dan pengguna. Saya berpendapat bahwa musik, sebagai bentuk data, memberikan tantangan tambahan bagi musisi dan produser untuk berpikir dan bertindak seperti pengembang perangkat lunak. Musik tidak hanya dilihat sebagai karya seni yang menjangkau pendengar, tetapi juga sebagai kombinasi konten sonik dan metadata yang dapat dieksplorasi dan ditemukan.⁶ Di sisi lain, fenomena modal atau resonansi pada frekuensi tertentu dalam ruang terbatas dapat mempengaruhi intensitas beberapa frekuensi, terutama pada frekuensi rendah, yang berpotensi menimbulkan distorsi suara. Aktivitas modal terjadi ketika gelombang suara berinteraksi dengan dimensi fisik ruangan, menciptakan titik-titik di mana suara menjadi lebih kuat atau lebih lemah. Hal ini sering kali menjadi tantangan dalam perancangan studio, mengingat frekuensi rendah cenderung lebih sulit untuk dikendalikan. Sebagai ilustrasi, pada studio dengan dimensi yang tidak seimbang, frekuensi tertentu bisa terdengar sangat kuat di satu area, sementara di area lain, frekuensi yang sama mungkin hampir tidak terdengar. Kondisi ini dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam pemantauan suara, yang berpotensi mengganggu kualitas rekaman.

Untuk mengatasi isu ini, banyak studio yang memanfaatkan perangkat lunak analisis akustik guna memetakan respons frekuensi ruangan. Dengan data ini, desainer akustik dapat menentukan lokasi optimal untuk pemasangan panel peredam suara dan diffuser. Misalnya, penempatan bass traps di sudut ruangan dapat membantu mengurangi penumpukan frekuensi rendah, sedangkan diffuser dapat digunakan untuk menyebarkan gelombang suara secara merata di seluruh ruangan. Pendekatan ini

⁶ Jeremy Wade Morris, "Music Platforms and the Optimization of Culture," *Social Media and Society* 6, no. 3 (2020), <https://doi.org/10.1177/2056305120940690>.

tidak hanya meningkatkan kualitas suara yang direkam tetapi juga menciptakan lingkungan yang lebih nyaman bagi musisi dan insinyur suara.

Selain itu, sangat penting untuk mempertimbangkan komponen estetika dalam konfigurasi akustik studio. Lingkungan yang dirancang secara optimal harus menunjukkan fungsionalitas dan daya tarik visual. Misalnya, penggabungan bahan organik seperti kayu dapat menumbuhkan suasana yang hangat dan ramah, sementara secara bersamaan memfasilitasi regulasi akustik. Praktisi dalam desain dapat memilih warna dan tekstur yang sesuai untuk menumbuhkan lingkungan yang meningkatkan ekspresi kreatif. Ketika musisi mengalami rasa nyaman dan inspirasi dalam ruang rekaman, mereka cenderung memberikan penampilan mereka yang paling luar biasa.

Dalam ranah rekaman yang semakin kompetitif, pemahaman komprehensif tentang desain akustik menjadi semakin penting. Dengan kemajuan teknologi, banyak studio telah mulai menggunakan sistem akustik yang lebih canggih, menggabungkan pemantauan suara 3D dan teknologi pemrosesan digital untuk memfasilitasi pengalaman perekaman yang lebih mendalam. Namun demikian, prinsip-prinsip dasar desain akustik tetap penting. Dengan tidak adanya pemahaman yang kuat tentang waktu reverb dan aktivitas modal, bahkan teknologi paling mutakhir pun tidak akan mampu menghasilkan kualitas suara yang unggul.

Desain akustik dalam studio rekaman adalah aspek yang tidak dapat diabaikan jika seseorang bercita-cita untuk mencapai kualitas suara yang hebat. Dengan memperoleh pengetahuan dan mengelola waktu reverb dan aktivitas modal secara efektif, bersama dengan mempertimbangkan pertimbangan estetika, studio dapat membangun lingkungan yang kondusif baik secara teknis maupun kreatif. Ketika semua komponen ini terintegrasi secara harmonis, hasil akhirnya adalah rekaman yang tidak hanya memiliki kualitas pendengaran yang luar biasa tetapi juga menawarkan pengalaman mendengarkan yang tak terlupakan. Studio yang dirancang dengan cermat berfungsi tidak hanya sebagai tempat untuk merekam musik tetapi juga sebagai ruang yang menginspirasi dan memelihara kreativitas artistik musisi. Kualitas suara sebagian besar dipengaruhi oleh cara di mana waktu reverb dikonfigurasi. Penyesuaian waktu reverb yang tepat sangat penting untuk menjaga rekaman dengan kualitas unggul, terutama

ketika studio melayani berbagai fungsi seperti produksi konten digital dan musik. Selanjutnya, pertimbangan desain akustik, termasuk geometri ruangan dan pemilihan bahan dinding, secara signifikan mempengaruhi kenyamanan pendengaran dan kualitas rekaman. Bahan yang digunakan untuk redaman dan difusi sangat penting dalam mengatur pantulan suara di dalam ruangan, sehingga menumbuhkan lingkungan yang lebih kondusif dan optimal untuk pengalaman pendengaran.

Setiap ruang memiliki frekuensi resonansi alami yang, jika tidak ditangani secara benar dan memadai maka dapat menyebabkan distorsi suara, terutama pada frekuensi yang lebih rendah yang sering ditemui di studio kecil. Untuk mengurangi tantangan ini, metodologi matematika seperti rumus Sabine secara rutin digunakan dalam desain akustik studio. Rumus ini memfasilitasi perhitungan waktu gema yang didasarkan pada dimensi ruang dan sifat bahan yang digunakan, sehingga memungkinkan formulasi desain akustik yang lebih tepat. Metodologi ini telah mengumpulkan signifikansi yang meningkat seiring dengan kemajuan pesat sektor musik dan konten digital, yang menuntut studio multifungsi yang dilengkapi dengan konfigurasi akustik yang optimal dan ekonomis.

Berbagai metodologi matematika, seperti rumus Sabine, telah banyak digunakan untuk memastikan durasi gema dalam lingkungan tertutup. Dengan mempertimbangkan volume ruang dan sifat penyerapan akustik dari bahan yang terlibat. Selanjutnya, perhitungan yang berkaitan dengan frekuensi atau resonansi modal juga digunakan untuk memastikan frekuensi yang akan beresonansi dalam ruangan berdasarkan dimensinya. Penyelidikan sebelumnya telah menunjukkan bahwa bahan seperti busa akustik, kayu, dan panel gipsium sangat berkhasiat dalam mengelola waktu gema, sedangkan penerapan perangkat bass sering membantu mengurangi efek resonansi pada frekuensi yang lebih rendah. Meskipun banyak rumus dan metodologi untuk perhitungan waktu gema dan manajemen fenomena modal diakui secara luas, pengguna umum atau pemilik studio kecil sering menghadapi tantangan dalam aplikasi praktis mereka. Situasi ini muncul dari akses yang tidak memadai ke sumber daya pragmatis dan layak secara ekonomi yang dapat dengan mudah diimplementasikan. Selain itu, pemahaman komprehensif tentang akustik sering kurang di antara pengguna

rata-rata; oleh karena itu, mereka memerlukan solusi langsung dan ramah anggaran yang tidak memerlukan pemahaman rumit tentang prinsip-prinsip akustik.

Selain itu, sejumlah besar individu tetap tidak menyadari bagaimana materi yang berbeda mempengaruhi waktu reverb dalam lingkungan studio dan metodologi untuk mengukurnya secara efektif dalam aplikasi praktis. Demikian pula, ada teknik matematika yang dapat digunakan secara khusus untuk menganalisis aktivitas modal dalam ruang terbatas, yang, sampai saat ini, belum diselidiki secara menyeluruh. Penerapan model matematika di bidang desain akustik juga kurang diakui, terutama di studio yang dibatasi oleh keterbatasan fisik dan keuangan. Strategi akustik komprehensif yang dirancang untuk studio kontemporer dengan persyaratan multifungsi, seperti rekaman musik, podcasting, dan pembuatan konten digital, masih belum mudah diakses dalam format panduan yang mencakup semua.

Tantangan lain terletak pada banyaknya metodologi profesional yang terbukti menantang bagi pengguna yang beroperasi dalam anggaran terbatas, sehingga menyoroti perlunya panduan yang dapat diakses dan hemat biaya yang tetap mahir dalam memberikan resolusi akustik. Panduan pragmatis yang dirancang untuk memenuhi persyaratan ini akan secara signifikan membantu rata-rata pengguna dalam mencapai kualitas akustik yang optimal tanpa perlu mengandalkan konsultasi mahal atau peralatan mahal. Idealnya, panduan akustik yang praktis dan mudah diimplementasikan harus dapat diakses oleh setiap individu yang ingin membangun ruang yang ditandai dengan kualitas suara yang optimal. Panduan ini dimaksudkan untuk mencakup perhitungan matematis langsung yang membantu pengguna dalam memilih bahan yang tepat dan mengatur akustik ruangan secara efisien, bahkan untuk aplikasi rutin. Namun, dalam praktiknya, metodologi akustik kontemporer cenderung berkonsentrasi pada teknik profesional yang memerlukan investasi finansial yang besar dan seringkali tidak dapat dicapai oleh pengguna rata-rata, terutama mereka yang mengoperasikan studio kecil atau dibatasi oleh anggaran terbatas. Perbedaan ini menggarisbawahi kebutuhan mendesak untuk panduan akustik yang hemat biaya namun tetap berkhasiat untuk populasi yang lebih luas.

Panduan yang diperlukan harus berorientasi pragmatis, membahas berbagai aspek seperti pemilihan bahan yang sesuai untuk setiap jenis perekaman tertentu melalui penggunaan perhitungan matematika yang relevan. Selain itu, panduan ini juga harus menawarkan instruksi tentang desain dan pengaturan ruang studio untuk mengurangi resonansi frekuensi rendah, terutama mengingat konfigurasi studio multifungsi yang sering digunakan dalam praktik kontemporer. Selain itu, pengguna harus memiliki kemampuan untuk memahami dan menerapkan formula akustik dasar, termasuk rumus Sabine untuk menghitung waktu gema, yang akan memudahkan desain kamar kompak atau studio modern dengan berbagai dimensi dan konfigurasi.

Untuk mengatasi tantangan ini, sangat penting untuk mengidentifikasi solusi akustik yang layak secara ekonomi dan tepat dalam memberikan kualitas suara yang unggul, terutama untuk studio kompak dan pengguna individu. Panduan ini dirancang untuk menjamin bahwa individu dari berbagai latar belakang memiliki akses langsung dan ekonomis untuk menciptakan lingkungan akustik fungsional tanpa mengorbankan kualitas suara.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merumuskan panduan praktis berbasis eksperimental yang menyajikan metodologi alternatif dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, yang terutama menekankan desain akustik profesional berbiaya tinggi. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, Cohen (2019) menyatakan bahwa sebagian besar berkonsentrasi pada konfigurasi akustik dalam studio profesional yang didukung oleh sumber keuangan yang besar. Sebaliknya, upaya penelitian ini secara khusus disusun untuk memenuhi kebutuhan pengguna skala kecil dan pemula yang memiliki sarana keuangan terbatas dan akses terbatas ke peralatan akustik mahal. Dengan menggunakan metodologi eksperimental langsung dan pengukuran langsung menggunakan instrumen akustik dasar, penelitian ini bercita-cita untuk menghasilkan panduan yang mudah diakses dan berlaku untuk individu yang mencari solusi ekonomis di bidang desain akustik.

Upaya penelitian ini bertujuan mengumpulkan arahan pragmatis untuk pemilihan dan pengorganisasian bahan akustik yang berkhasiat yang bertujuan mengatur waktu reverb dan dinamika modal di lingkungan terbatas, seperti studio rekaman. Dengan

bantuan ringkasan ini, diharapkan bahwa rata-rata pengguna akan memperoleh kemampuan untuk memahami dan menerapkan prinsip-prinsip akustik secara mandiri, sehingga memfasilitasi desain studio berkualitas tinggi tanpa menimbulkan biaya besar atau memerlukan keterlibatan konsultan profesional. Untuk memahami dampak berbagai jenis bahan yang digunakan pada waktu reverb dalam lingkungan studio, maka sangat penting untuk membuat panduan praktis yang dapat diakses untuk implementasi publik. Panduan ini akan menjelaskan metodologi untuk memilih bahan yang sesuai berdasarkan perhitungan matematika terkait yang disesuaikan dengan persyaratan perekaman yang beragam. Investigasi eksperimental menggunakan berbagai bahan, termasuk tetapi tidak terbatas pada busa akustik, tekstil padat, kayu, gipsum, dan zat berpori lainnya, dapat dilakukan di dalam tempat studio. Prosedur untuk mengukur waktu gema dijalankan di bawah kondisi yang dikontrol dengan cermat, menggunakan alat pengukuran akustik untuk mendokumentasikan durasi gema sebelum dan setelah penggabungan setiap bahan. Melakukan eksperimen berulang dengan perekaman data yang seragam untuk setiap materi akan memberikan informasi berharga yang dapat berfungsi sebagai tolok ukur untuk analisis komparatif.

Hasil pengukuran ini harus diatur secara sistematis dalam tabel atau panduan praktis untuk menggambarkan efek spesifik dari setiap bahan dalam kondisi spasial yang berbeda, termasuk dimensi ruangan, ketinggian langit-langit, dan jumlah benda yang ada di dalamnya. Selain itu, panduan harus ditingkatkan dengan deskripsi ringkas tentang sifat-sifat masing-masing material, bersama dengan panduan tentang cara menyinergikan mereka untuk mencapai efek akustik yang optimal. Misalnya, sangat penting untuk menggambarkan perbedaan antara bahan yang mahir menyerap suara pada frekuensi tinggi berbeda dengan yang menunjukkan kinerja unggul pada frekuensi yang lebih rendah. Panduan komparatif untuk materi ini akan membuat informasi teknis lebih mudah diakses dan dapat diterapkan, bahkan untuk individu yang tidak memiliki keahlian dalam akustik. Akibatnya, baik profesional berpengalaman maupun pemula akan diperlengkapi untuk memahami fungsi bahan dalam akustik ruang dan menerapkan pengetahuan ini di studio mereka. Selain itu, panduan ini akan membantu pemilik studio dan masyarakat umum dalam membuat keputusan yang lebih

tercerahkan, sehingga mengurangi kebutuhan untuk eksperimen mahal atau keterlibatan konsultan. Panduan praktis ini tidak hanya berfungsi sebagai sumber daya yang berharga dalam memilih bahan yang tepat tetapi juga menawarkan metode yang efektif dan mudah untuk melakukan pengukuran. Melalui metodologi ini, disiplin akustik menjadi lebih ekonomis, pragmatis, dan relevan dengan khalayak yang lebih luas.

B. METODE PENELITIAN

Desain penelitian menggunakan metode eksperimen yaitu dengan melibatkan berbagai material akustik yang umum sering digunakan di beberapa ruang studio. Eksperimen dilakukan di ruangan berstandar dengan pengaturan kontrol reverb. Setiap penambahan material nantinya akan diuji untuk melihat perubahan waktu reverb yang dihasilkannya, dan yang kemudian dicatat secara terukur. Populasi penelitian adalah ruang studio rekaman dan ruang kecil serbaguna yang sering digunakan untuk berbagai aktivitas audio. Beberapa sumber daya formal yang ada untuk memandu pendidik untuk produksi video berkualitas tinggi di lingkungan non-studio ⁷. Penelitian ini mencakup pemanfaatan beragam bahan akustik yang banyak digunakan, yang meliputi busa akustik, kayu, karpet, dan gipsium. Bahan-bahan ini berfungsi sebagai agen redaman atau regulator akustik. Untuk memudahkan proses pengukuran, instrumen yang digunakan terdiri dari meter Sound Pressure Level (SPL), yang digunakan untuk mengukur tekanan suara dan durasi gema, serta perangkat lunak akustik seperti Room EQ Wizard untuk menjamin ketepatan data yang diperoleh. Selain itu, bahan akustik tertentu, seperti busa akustik, kayu, dan karpet, digunakan sebagai variabel eksperimental dalam penelitian ini. Meskipun demikian, berbagai jenis kayu dicirikan oleh biaya yang relatif tinggi dan ketersediaan terbatas, sehingga membuatnya kurang cocok untuk produksi massal. Spesimen yang dipilih terdiri dari bermacam-macam bahan akustik yang umum digunakan, termasuk busa akustik, kayu, karpet, dan gipsium, yang dapat berfungsi sebagai redaman atau modulator akustik. Selanjutnya,

⁷ Stephanie Castillo et al., "Production Processes for Creating Educational Videos," *CBE Life Sciences Education* 20, no. 2 (2021): 1–12, <https://doi.org/10.1187/cbe.20-06-0120>.

beberapa kategori bahan akustik, seperti busa akustik, kayu, dan karpet, digunakan sebagai variabel eksperimental. Namun, banyak jenis kayu sangat mahal dan langka sehingga tidak dapat diproduksi lebih lanjut.⁸

Langkah pertama adalah melakukan pengukuran awal waktu reverb dalam kondisi ruangan kosong tanpa material peredam untuk mendapatkan baseline. Menurut⁹ Studi tersebut juga pernah dilakukan dengan melibatkan siswa di kelas pada kondisi reverb ulang (Choi, 2016), dan ditemukan bahwa dampak tersebut tergantung pada sifat gema atau reverb dari ruangan kosong. Setelah itu, material akustik ditambahkan satu per satu ke area tertentu dalam ruangan, seperti dinding, plafon, atau lantai. Setelah penambahan setiap material, waktu reverb diukur ulang untuk mencatat pengaruh material tersebut. Proses pengukuran diulang untuk setiap jenis material, dan data yang diperoleh dikompilasikan untuk melakukan analisis komparatif mengenai efektivitas masing-masing material dalam mempengaruhi waktu reverb metode pendekatan, teknik pengumpulan data, dan metode analisis data yang digunakan dalam penelitian. Metode penelitian ditulis secara deskriptif dan dibuat dalam 1 alinea.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengukuran menunjukkan bahwa setiap kategori material menghasilkan dampak yang berbeda pada waktu reverb, tergantung pada ketebalan dan penempatan strategisnya di dalam ruang. Bahan substansional, seperti busa akustik atau panel kayu, menunjukkan kemanjuran unggul dalam menyerap frekuensi yang lebih rendah dan mengurangi aktivitas modal, terutama ketika terletak di sudut atau area refleksi primer. Sebaliknya, bahan ramping seperti kain atau karpet lebih mahir menyerap frekuensi yang lebih tinggi, sehingga membantu dalam mitigasi pantulan suara frekuensi tinggi dan meningkatkan kejernihan audio yang direkam. Ketika struktur diisi dengan busa poliuretan, frekuensi resonansi digeser ke arah frekuensi yang lebih tinggi; Namun, nilai

⁸ Soumya Balakrishnan et al., "Sustainable Smart Cities—Social Media Platforms and Their Role in Community Neighborhood Resilience—A Systematic Review," *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20, no. 18 (2023), <https://doi.org/10.3390/ijerph20186720>.

⁹ Artur Nowoświat and Marcelina Olechowska, "Estimation of Reverberation Time in Classrooms Using the Residual Minimization Method," *Archives of Acoustics* 42, no. 4 (2017): 609–17, <https://doi.org/10.1515/aoa-2017-0065>.

koefisien tetap invarian.¹⁰ Mereka menyatakan bahwa penurunan waktu reverb dapat dikaitkan dengan meningkatnya jumlah karpet yang diletakkan di lantai dari tahun 1950-an hingga 1980-an.

Resonator BAW merupakan konfigurasi tumpukan piezoelektrik yang terdiri dari film piezoelektrik yang ditempatkan di antara dua elektroda logam. Wilayah di mana elektroda atas dan bawah bertepatan dengan lapisan piezoelektrik dalam dimensi vertikal ditetapkan sebagai area aktif resonator. FBAR (film bulk acoustic resonator) dan SMR (solid mount resonator) mewakili dua kategori berbeda dari teknologi resonator BAW.¹¹ Menurut Adrien¹² Penggabungan pengurangan kekakuan lokal, yang disebabkan oleh fluktuasi hukum daya yang mengatur ketebalan dinding, bersama dengan augmentasi redaman lokal, difasilitasi oleh penerapan lapisan viskoelastik secara bersamaan, menghasilkan redaman yang cukup besar dalam kecepatan gelombang dan peningkatan yang luar biasa dalam karakteristik redaman. Namun, ukuran resonator Helmholtz jauh lebih besar daripada struktur berdinding tipis pada frekuensi rendah tertentu, yang tidak memenuhi persyaratan ringan¹³. Penyerapan suara dipercaya dapat memberikan suasana “tenang” atau “personal” dan terkontrol” di ruang, walaupun efektivitas subjektifnya belum pasti. Jika penyerapan suara memang mempunyai efek subjektif semacam itu, maka jumlah penyerapan yang efektif perlu ditentukan melalui eksperimen subjektif. Problemnya adalah belum ada studi yang mendalam tentang efek subjektif penyerapan di ruang hunian biasa¹⁴. Hal ini didasarkan pada transmisi berkelanjutan energi akustik yang berasal dari sumber dan

¹⁰ Adam Pilch and Tadeusz Kamisiński, “The Effect of Geometrical and Material Modification of Sound Diffusers on Their Acoustic Parameters,” *Archives of Acoustics* 36, no. 4 (2011): 955–66, <https://doi.org/10.2478/V10168-011-0065-1>.

¹¹ Yan Liu et al., “Materials, Design, and Characteristics of Bulk Acoustic Wave Resonator: A Review,” *Micromachines* 11, no. 7 (2020), <https://doi.org/10.3390/mi11070630>.

¹² Adrien Pelat et al., “The Acoustic Black Hole: A Review of Theory and Applications,” *Journal of Sound and Vibration* 476 (2020): 115316, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2020.115316>.

¹³ Fuyin Ma et al., “Structural Designs, Principles, and Applications of Thin-Walled Membrane and Plate-Type Acoustic/Elastic Metamaterials,” *Journal of Applied Physics* 129, no. 23 (2021), <https://doi.org/10.1063/5.0042132>.

¹⁴ Kazuma Hoshi et al., “Subjective Effects of Sound Absorption and Investigation of Reverberation Times in Modern Japanese Dwellings,” *Applied Sciences (Switzerland)* 11, no. 6 (2021), <https://doi.org/10.3390/app11062709>.

menyebar sampai sebagian besar energi suara telah diasimilasi oleh permukaan, seperti yang digambarkan secara skematis dalam kerangka dua dimensi.¹⁵

Namun demikian, sebagian besar gelombang dapat diserap secara efektif ketika baji diintegrasikan dengan mekanisme pembuangan energi. Dalam kedua skenario, gelombang lentur menembus baji dan tidak memantulkan kembali ke struktur aslinya, sehingga menghasilkan koefisien refleksi nol.¹⁶ Untuk menunjukkan efek pengaturan diffuser terhadap efektivitas difusi suara, pengukuran dilakukan untuk 20 kombinasi susunan 7,5 cm¹⁷.

Analisa data yang telah dikumpulkan lebih lanjut, menunjukkan bahwa posisi bahan akustik di dinding, langit-langit, atau lantai secara signifikan mempengaruhi keberhasilan dalam penyerapan suara. Misalnya, penempatan strategis perangkat bass di sudut-sudut ruangan telah menunjukkan efektivitas dalam mengurangi resonansi frekuensi rendah, sedangkan diffuser yang terletak di dinding belakang akan membantu menyebarkan energi suara untuk mengurangi pantulan secara langsung. Perubahan yang berbeda dalam waktu gema dapat diklasifikasikan berdasarkan frekuensi-frekuensinya, di mana bahan tertentu menunjukkan keunggulan pada frekuensi tertentu, sehingga menawarkan panduan pragmatis untuk pemilihan bahan sesuai dengan persyaratan perekaman.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa interaksi jenis material, ketebalan, dan pengaturan spasial bahan akustik secara substansif mempengaruhi manajemen waktu gema dalam lingkungan studio kecil. Ini menguatkan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahan seperti busa akustik dan panel kayu mahir dalam mengatur pantulan suara pada frekuensi tertentu. Namun demikian, penelitian ini memberikan kontribusi wawasan tambahan dengan mengkonsolidasikan rekomendasi praktis untuk pemilihan dan pengaturan bahan tersebut berdasarkan sifat akustik yang diinginkan. Selain itu, hasil penelitian ini menjawab kebutuhan akan panduan yang ekonomis dan mudah diakses bagi masyarakat umum. Panduan ini memungkinkan pengguna yang

¹⁵ Savioja and Svensson, "Overview of Geometrical Room Acoustic Modeling Techniques."

¹⁶ Pelat et al., "The Acoustic Black Hole: A Review of Theory and Applications."

¹⁷ Pilch and Kamisiński, "The Effect of Geometrical and Material Modification of Sound Diffusers on Their Acoustic Parameters."

mempunyai keterbatasan anggaran dan peralatan mengaplikasikan prinsip-prinsip akustik secara mandiri, tanpa harus bergantung pada perangkat mahal atau konsultasi profesional. Dengan adanya data komparatif dari berbagai material, pengguna dapat menentukan kombinasi material yang paling efektif untuk kebutuhan studio multifungsi mereka, seperti produksi musik, podcast, dan konten digital lainnya.

Penelitian ini juga telah mengisi kesenjangan antara metode profesional yang rumit dan kebutuhan pengguna dengan sumber daya yang terbatas. Dengan menyediakan data tentang pengaruh setiap material terhadap waktu reverb dalam berbagai kondisi ruang, panduan praktis yang dihasilkan memberikan solusi ekonomis dan mudah diterapkan. Hal ini memungkinkan studio kecil atau pengguna individu untuk meningkatkan kualitas akustik tanpa memerlukan biaya besar, menjadikan desain akustik lebih inklusif dan praktis.

D. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan panduan komprehensif yang menggambarkan cara di mana berbagai bahan akustik mempengaruhi waktu reverb dan aktivitas modal dalam lingkungan studio yang ringkas. Temuan menunjukkan bahwa setiap bahan memiliki karakteristik berbeda yang berdampak pada frekuensi tertentu, sementara ketebalan dan penempatan material juga berkontribusi signifikan terhadap kemanjurannya. Panduan ini berfungsi sebagai solusi pragmatis bagi pengguna yang ingin meningkatkan akustik studio mereka dengan cara yang hemat biaya, tanpa memerlukan pemahaman mendalam tentang teori akustik yang kompleks. Panduan ini memberikan informasi yang terstruktur dengan baik dan mudah dipahami, membantu pengguna umum atau pemilik studio kecil dalam memilih bahan yang tepat dan mengatur akustik ruang dengan efisiensi yang lebih tinggi. Dalam hal ini, penelitian ini tidak hanya membahas permintaan untuk solusi desain akustik yang hemat biaya tetapi juga memfasilitasi akses yang lebih luas ke prinsip-prinsip dasar akustik. Diantisipasi bahwa metode ini dapat meningkatkan penerapan ilmu akustik dan meningkatkan kualitas suara dalam berbagai aktivitas produksi konten di studio kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Balakrishnan, Soumya, Suzanne Elayan, Martin Sykora, Marin Solter, Rob Feick, Christopher Hewitt, Yi Qiao Liu, and Ketan Shankardass. "Sustainable Smart Cities—Social Media Platforms and Their Role in Community Neighborhood Resilience—A Systematic Review." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20, no. 18 (2023). <https://doi.org/10.3390/ijerph20186720>.
- Carcagno, Samuele, Roger Bucknall, Jim Woodhouse, Claudia Fritz, and Christopher J. Plack. "Effect of Back Wood Choice on the Perceived Quality of Steel-String Acoustic Guitars." *The Journal of the Acoustical Society of America* 144, no. 6 (2018): 3533–47. <https://doi.org/10.1121/1.5084735>.
- Castillo, Stephanie, Karisa Calvitti, Jeffery Shoup, Madison Rice, Helen Lubbock, and Kendra H. Oliver. "Production Processes for Creating Educational Videos." *CBE Life Sciences Education* 20, no. 2 (2021): 1–12. <https://doi.org/10.1187/cbe.20-06-0120>.
- Engel, Isaac, Craig Henry, Sebastià V. Amengual Garí, Philip W. Robinson, and Lorenzo Picinali. "Perceptual Implications of Different Ambisonics-Based Methods for Binaural Reverberation." *The Journal of the Acoustical Society of America* 149, no. 2 (2021): 895–910. <https://doi.org/10.1121/10.0003437>.
- Hoshi, Kazuma, Toshiki Hanyu, Ryoichi Suzuki, and Daisuke Watanabe. "Subjective Effects of Sound Absorption and Investigation of Reverberation Times in Modern Japanese Dwellings." *Applied Sciences (Switzerland)* 11, no. 6 (2021). <https://doi.org/10.3390/app11062709>.
- Ishikawa, Keiko, Silvia Murgia, Hannah Li, Elisabeth Renkert, and Pasquale Bottalico. "Ognitive Load Associated with Speaking Clearly in Reverberant RoomsC." *Scientific Reports* 14, no. 1 (2024): 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70820-w>.
- Liu, Yan, Yao Cai, Yi Zhang, Alexander Tovstopyat, Sheng Liu, and Chengliang Sun. "Materials, Design, and Characteristics of Bulk Acoustic Wave Resonator: A Review." *Micromachines* 11, no. 7 (2020). <https://doi.org/10.3390/mi11070630>.
- Ma, Fuyin, Chang Wang, Chongrui Liu, and Jiu Hui Wu. "Structural Designs, Principles, and Applications of Thin-Walled Membrane and Plate-Type Acoustic/Elastic

- Metamaterials." *Journal of Applied Physics* 129, no. 23 (2021). <https://doi.org/10.1063/5.0042132>.
- Morris, Jeremy Wade. "Music Platforms and the Optimization of Culture." *Social Media and Society* 6, no. 3 (2020). <https://doi.org/10.1177/2056305120940690>.
- Nowoświat, Artur, and Marcelina Olechowska. "Estimation of Reverberation Time in Classrooms Using the Residual Minimization Method." *Archives of Acoustics* 42, no. 4 (2017): 609–17. <https://doi.org/10.1515/aoa-2017-0065>.
- Pelat, Adrien, François Gautier, Stephen C. Conlon, and Fabio Semperlotti. "The Acoustic Black Hole: A Review of Theory and Applications." *Journal of Sound and Vibration* 476 (2020): 115316. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2020.115316>.
- Pilch, Adam, and Tadeusz Kamisiński. "The Effect of Geometrical and Material Modification of Sound Diffusers on Their Acoustic Parameters." *Archives of Acoustics* 36, no. 4 (2011): 955–66. <https://doi.org/10.2478/V10168-011-0065-1>.
- Savioja, Lauri, and U. Peter Svensson. "Overview of Geometrical Room Acoustic Modeling Techniques." *The Journal of the Acoustical Society of America* 138, no. 2 (2015): 708–30. <https://doi.org/10.1121/1.4926438>.