INOVASI PANEL AKUSTIK KAPUK GUNA MEMENUHI *REVERBERATION TIME* STANDAR NASIONAL INDONESIA

Studi Kasus : Ruang Rapat IRC Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia

Luthfi Daffa Zulfikar[1], Sugini[2], dan Ilham Bakti[3]
[1]Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia
[1]Surel: 22512073@students.uii.ac.id

***ABSTRAK**: Penelitian ini mengevaluasi efektivitas panel akustik berbahan kapuk dalam mengurangi waktu reverberasi (RT) sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI), melalui studi kasus di ruang rapat IRC, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (FTSP UII). Metodologi penelitian meliputi pengukuran waktu reverberasi eksisting, simulasi desain panel akustik dengan perangkat lunak I-Simpa, serta analisis hasil pascapemasangan. Hasil menunjukkan bahwa panel akustik kapuk signifikan menurunkan RT dengan performa terbaik pada desain ke-8, yakni RT30 sebesar 0,53 detik dan RT60 sebesar 0,79 detik. Inovasi ini mendukung kualitas akustik optimal serta prinsip keberlanjutan dengan memanfaatkan kapuk, serat alami melimpah di Indonesia, sehingga mendukung ekonomi lokal dan mengurangi ketergantungan pada bahan impor. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan solusi akustik efisien dan berkelanjutan untuk ruang kerja modern, serta menginspirasi pengembangan material akustik ramah lingkungan lainnya. Dalam jangka panjang, material kapuk dapat menjadi bagian strategi desain interior holistik, mencakup aspek estetika, fungsionalitas, dan keberlanjutan. Studi ini menekankan pentingnya pendekatan interdisipliner dalam merancang solusi akustik yang efektif dan memiliki nilai tambah ekologis serta sosial.*

***Kata kunci:** panel akustik, reverberation time, ruang rapat, sustainable development goals*

PENDAHULUAN

Pembangunan berkelanjutan bertujuan memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa membahayakan generasi mendatang(Fadila dkk., 2022). Dalam konteks ini, Yogyakarta, sebagai kota pelajar, berfokus pada peningkatan fasilitas pendidikan yang aman serta akses teknologi dan pasar bagi industri kecil menengah(Wijanarka dkk., 2019). Studi ini menyoroti pentingnya meningkatkan fasilitas pendidikan dan memanfaatkan bahan alami seperti kapuk, yang melimpah di Yogyakarta, sebagai solusi material berkelanjutan.

Pemenuhan waktu reverberasi (RT) sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) pada ruang rapat merupakan aspek krusial untuk efektivitas komunikasi dan produktivitas. Penggunaan panel akustik berbahan kapuk ramah lingkungan dapat meningkatkan kualitas akustik, mendukung keberlanjutan ekologis, dan memfasilitasi kolaborasi yang efisien. Ruang rapat di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Islam Indonesia (UII) menjadi fokus studi kasus ini.

Penelitian ini menganalisis pengaruh panel akustik berbahan kapuk terhadap waktu reverberasi di ruang rapat FTSP UII, dengan mengukur RT sebelum dan sesudah pemasangan panel. Aspek lain seperti suhu, kelembaban, dan kebisingan eksternal tidak dianalisis. Fokus utama adalah menentukan efektivitas panel akustik kapuk dalam memenuhi standar RT yang ditetapkan SNI untuk ruang rapat.

STUDI PUSTAKA

A. *Sustainable Development*

Salah satu paradigma yang diusung oleh PBB adalah SDG's (Sustainable Development Goals) yang merupakan kunci dalam mencapai tujuan global dalam Agenda 2030(Sugini,2024).

Target 4.a dari SDG's menyoroti perlunya menciptakan fasilitas pendidikan yang inklusif, aman, dan efisien, sedangkan target 9.3 menyoroti pentingnya meningkatkan akses teknologi dan pasar bagi industri kecil dan menengah. Inovasi panel akustik berbahan kapuk sangat penting dalam konteks ini, karena menawarkan solusi berkelanjutan untuk mengurangi waktu reverberasi di ruang rapat, yang tidak hanya mendukung lingkungan belajar dan kerja yang lebih baik tetapi juga mendorong penggunaan material ramah lingkungan.

Target 4.a dari SDG's menekankan pada pentingnya menciptakan lingkungan belajar yang mendukung semua anak, termasuk mereka yang berkebutuhan khusus, dengan memastikan fasilitas pendidikan yang aman dan inklusif. Salah satu aspek fisik yang penting adalah kualitas akustik ruang, di mana panel akustik dapat memainkan peran penting dalam menciptakan suasana belajar yang positif. Selain itu, target 9.3 menyoroti pentingnya meningkatkan akses teknologi dan pasar bagi industri kecil dan menengah. Penelitian ini berkontribusi langsung pada target ini dengan menciptakan produk panel akustik berbahan kapuk yang mendukung efisiensi dan kualitas lingkungan kerja. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya berperan dalam mendukung kualitas pendidikan melalui peningkatan akustik ruang, tetapi juga mendukung industri lokal melalui teknologi berkelanjutan yang ramah lingkungan.

B. *Sustainable Material*

Material Ramah Lingkungan adalah bahan yang diproses dengan cara yang meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini mencakup penggunaan bahan recycle, proses produksi hemat energi, dan bahan yang dapat terurai secara alami. Tujuan utama dari penggunaan material ramah lingkungan adalah untuk mengurangi jejak karbon dan dampak lingkungan dari produk yang kita gunakan sehari-hari (Prihatmaji, 2022).

Contoh Material Ramah Lingkungan dengan Koefisien Absorpsi Suara yang Baik:

1. Bambu adalah bahan alami yang tumbuh cepat dan dapat diperbarui. Selain itu, bambu memiliki sifat akustik yang baik, mampu menyerap suara dengan efektif(Man, 2020). Koefisien absorpsi suara pada 500Hz berkisar antara 0.30 hingga 0.50, tergantung pada jenis dan pengolahan bambu.
2. Kapas yang ditanam tanpa pestisida dan bahan kimia berbahaya lainnya. Kapas organik sering digunakan dalam panel akustik karena kemampuannya menyerap suara. Panel akustik dari kapas organik memiliki koefisien absorpsi suara sekitar 0.60 pada 500Hz(Sahara & Kusmiran, 2021).
3. Hempcrete tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga memiliki sifat isolasi suara yang baik. Koefisien absorpsi suara untuk hempcrete pada 500Hz adalah sekitar 0.40 hingga 0.60, tergantung pada komposisi dan ketebalan material(Delhomme dkk., 2020).
4. Mycelium dapat dibentuk menjadi berbagai bentuk dan memiliki kemampuan menyerap suara yang baik. Material mycelium memiliki koefisien absorpsi suara sekitar 0.50 pada 500Hz(Barta dkk., 2024).
5. Wol alami, terutama wol domba, memiliki sifat akustik yang sangat baik dan sering digunakan dalam panel akustik dan karpet. Wol alami memiliki koefisien absorpsi suara yang sangat baik, dengan nilai sekitar 0.70 pada 500Hz(Mureşan Borlea dkk., 2020).

Penggunaan material-material ini tidak hanya membantu dalam mengurangi dampak lingkungan tetapi juga meningkatkan kualitas akustik dalam ruangan. Misalnya, panel akustik yang terbuat dari bahan-bahan ini dapat mengurangi kebisingan dan meningkatkan kenyamanan akustik di ruang kerja, ruang kelas, atau ruang tinggal. Selain itu, material ramah lingkungan memiliki keunggulan seperti daya tahan yang lebih baik dan kemampuan untuk didaur ulang pada akhir masa pakainya. Ini berarti, penggunaan material ini membantu mengurangi limbah dan dampak lingkungan di masa depan.

C. *Sustainable Construction*

Struktur dan arsitektur memiliki hubungan yang sangat erat, di mana struktur berfungsi sebagai dasar yang menopang elemen nonstruktur dalam bangunan. Struktur tidak hanya memastikan stabilitas dan keamanan bangunan, tetapi juga bisa menjadi elemen desain yang menambah estetika(Muafani, 2021). Tanpa struktur yang kokoh, elemen-elemen arsitektural seperti dinding, jendela, dan atap tidak akan dapat berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, arsitek dan insinyur harus bekerja sama untuk memastikan bahwa desain bangunan tidak hanya indah tetapi juga aman dan fungsional.

Sistem modular dalam arsitektur merupakan pendekatan inovatif yang menggunakan unit prafabrikasi(Kusumowardani, 2021). Modul-modul ini dibuat di pabrik dan dirakit di lokasi konstruksi. Karakteristik utama dari sistem modular adalah efisiensi, kecepatan, dan fleksibilitas. Dengan sistem ini, proses konstruksi menjadi lebih cepat karena modul-modul tersebut sudah siap dipasang begitu tiba di lokasi. Selain itu, sistem modular juga memungkinkan penyesuaian desain sesuai kebutuhan tanpa harus memulai dari awal.

Implementasi sistem modular dalam detail arsitektural dapat dilihat pada berbagai aspek, salah satunya adalah pemasangan panel-panel akustik. Panel akustik digunakan untuk meningkatkan kualitas suara dalam ruangan dengan mengurangi pantulan suara(Dillano Gharata dkk., 2023).

Keuntungan menggunakan sistem modular dalam pemasangan panel akustik sangat signifikan. Selain menghemat waktu, sistem ini juga mengurangi kesalahan pemasangan karena setiap modul sudah diproduksi dengan standar kualitas yang tinggi. Hal ini tidak hanya menghasilkan ruangan dengan kualitas akustik yang optimal, tetapi juga memastikan estetika ruangan tetap terjaga. Dengan demikian, sistem modular menjadi solusi yang praktis dan efektif dalam berbagai proyek arsitektur modern.

D. *Environmental Health & Indoor Health*

Kenyamanan lingkungan mengacu pada kenyamanan fisik seseorang dalam lingkungan tertentu. Kenyamanan lingkungan dalam Arsitektur dibagi menjadi 4 aspek yaitu: ergonomis, visual, audial, dan termal (Mufida, 2024). Kenyamanan lingkungan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain suhu, kelembapan, kualitas udara, pencahayaan, dan kualitas akustik. Memahami faktor-faktor ini dapat membantu menciptakan rumah atau tempat kerja yang lebih sehat, nyaman, dan hemat energi.

Kenyamanan lingkungan dapat dicapai dengan melakukan *environmental control*. *Environmental control* didefinisikan sebagai sistem pengendalian lingkungan pada bangunan untuk mengatur suhu dalam ruangan, kelembapan, kualitas udara, dan kualitas akustik. Pengendalian lingkungan pada bangunan sangatlah penting demi menciptakan sebuah ruang dalam yang sehat bagi penggunanya.

E. *Acoustic Design for a Sustainable Building*

Kualitas akustik yang baik dalam sebuah bangunan merupakan suatu hal yang vital. Tanpa kualitas akustik yang baik, sebuah bangunan tidak akan bisa diklaim sebagai bangunan berkelanjutan sampai pengguna dari bangunan tersebut merasa nyaman dengan kualitas akustiknya(Supriyanta, 2024). Salah satu skor terendah dari komponen kualitas ruang dalam di survei kepuasan pengguna adalah skor akustik. Dampak dari kualitas akustik yang buruk dalam suatu bangunan dapat menurunkan peforma kognitif.

Inovasi panel akustik demi meningkatkan kualitas akustik dalam sebuah bangunan sangatlah diperlukan. Meningkatkan skor kepuasan pengguna dalam sebuah bangunan, mengurangi dampak buruk kesehatan, serta membantu sebuah bangunan untuk dapat dikalim sebagai bangunan berkelanjutan adalah beberapa hal yang menjadi manfaat dari inovasi ini.

F. *Energy Efficiency & Conservation*

Keberlanjutan tidak hanya mencakup kesehatan manusia, namun juga mencakup dampak terhadap lingkungan bangunan. Rekayasa akustik berkontribusi pada lingkungan binaan yang lebih ramah lingkungan, sehingga menghasilkan manusia yang lebih bahagia dan masa depan yang lebih berkelanjutan untuk generasi mendatang(Siska, 2015).

Insulasi suara yang tepat dapat mengecilkan kebutuhan mekanikal yang berlebihan sehingga mengurangi *carbon footprint* dan penggunaan energi(Priyono & Yusdiansyah, 2021). Penggunaan material yang di daur ulang dan material bio-based untuk fixture akustik juga dapat mengurangi dampak lingkungan dari konstruksi sebuah bangunan.

G. Panel Akustik

Panel akustik merupakan material yang dirancang khusus untuk menyerap suara dengan tujuan mengurangi kebisingan, mengeliminasi dengungan, dan mengontrol waktu gema dalam suatu ruangan. Panel ini efektif dalam menyerap suara pada frekuensi tinggi dan menengah, yang pada akhirnya meningkatkan kualitas akustik secara keseluruhan di dalam ruangan tersebut menurut (Trevor Cox & D'Antonio, 2009)menguraikan bahwa pemanfaatan material penyerap suara sangat penting dalam menyelesaikan permasalahan akustik, mengurangi tingkat kebisingan, dan mengendalikan waktu gema dalam ruang (reverberation time).

H. *Reverberation Time*

Reverberation Time didefinisikan sebagai jumlah detik yang diperlukan untuk intensitas suara menurun sebesar 60 desibel dari level awalnya(Sabine, 1993). Hal ini merupakan faktor kritis untuk mengukur kualitas akustik sebuah ruang: RT60 = 0,49 V/SA, di mana V adalah volume ruangan (dinyatakan dalam kaki kubik) dan SA adalah total absorpsi (dinyatakan dalam kaki persegi), di mana A adalah koefisien absorpsi rata-rata ruangan, dan S adalah luas permukaan. Satuan modern untuk absorpsi suara, sabin, dinamai menurut namanya, dan dianggap sebagai alat kuantitatif terpenting dalam akustik arsitektural saat ini.

I. Ruang Rapat

Ruang rapat adalah area yang dirancang khusus untuk mendukung pengambilan keputusan kelompok, kolaborasi, dan pertukaran informasi secara efektif(Freitas dkk., 2015). Di dalam ruang ini, individu atau kelompok dapat berdiskusi, merumuskan strategi, dan menyelesaikan berbagai masalah yang membutuhkan keterlibatan banyak pihak. Keberadaan ruang rapat sangat penting untuk menunjang dinamika kerja yang produktif dan kolaboratif, baik dalam konteks perusahaan, organisasi, maupun institusi pendidikan. Kualitas dan desain ruang rapat yang baik akan sangat mempengaruhi kenyamanan dan keberhasilan proses komunikasi dan kerja sama antar individu yang terlibat di dalamnya(Syuaib dkk., 2022).

J. Kapuk

Serat kapuk adalah salah satu serat alami yang memiliki potensi baik sebagai bahan penyerap suara. Serat kapuk memiliki potensi baik sebagai bahan penyerap suara karena sifat-sifat khususnya yang meningkatkan peluang gesekan antara gelombang suara dan serat.(Makki & Oktariani, 2019).

Struktur serat kapuk yang unik membantu meningkatkan efektifitas dalam meredam gelombang suara, sehingga menghasilkan kualitas penyerapan suara yang lebih baik. Dengan kemampuannya yang unggul dalam menyerap suara, serat kapuk bisa menjadi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk berbagai aplikasi akustik. Potensi ini menjadikan serat kapuk sebagai pilihan material yang menarik bagi pengembangan teknologi bahan penyerap suara yang efisien dan berkelanjutan.

K. *PET Felt Ceiling System*

Sistem atap ini terbuat dari bahan felt PET (Polyethylene Terephthalate), yang dikenal memiliki sifat akustik yang baik dan ramah lingkungan. PET Felt Ceiling System dirancang untuk memberikan isolasi suara yang optimal, sekaligus menghadirkan estetika yang menarik dalam ruangan. Bahan felt PET memiliki kemampuan untuk menyerap suara dan mengurangi gema, sehingga sangat ideal untuk digunakan di ruang-ruang yang memerlukan kontrol akustik yang baik, seperti kantor, ruang konferensi, dan area komersial lainnya. Produk ini tersedia dalam berbagai warna dan ukuran, memungkinkan fleksibilitas dalam desain dan penempatan, sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan gaya interior yang berbeda.

Selain kemampuannya dalam mengontrol akustik, PET Felt Ceiling System juga mudah dipasang dalam sistem grid konvensional, menjadikannya pilihan praktis dan efisien untuk berbagai proyek konstruksi dan renovasi. Bahan felt PET terbuat dari daur ulang botol plastik, menjadikannya pilihan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Ini tidak hanya meningkatkan kualitas akustik ruangan tetapi juga memberikan kontribusi positif terhadap lingkungan.

L. *Linear Acoustic Panel*

Panel akustik linear ini dirancang untuk ditempatkan di dinding ruangan, seperti di area komersial, kantor, dan ruang pendidikan. Panel ini memiliki desain yang memungkinkan celah udara di belakang setiap lane, yang berfungsi untuk meningkatkan performa akustik, terutama terhadap frekuensi rendah. Dengan desain ini, panel dapat mengurangi pantulan suara dan meningkatkan kejernihan suara di dalam ruangan. Terbuat dari serat polyester yang 100% didaur ulang, panel ini tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga memiliki daya tahan yang tinggi, menjadikannya pilihan yang baik untuk penggunaan jangka panjang.

Autex menyediakan panel ini dalam berbagai warna dan pola, memungkinkan desain interior yang fleksibel dan estetis. Panel akustik ini juga mudah dipasang dan dirawat, menjadikannya solusi praktis untuk meningkatkan kualitas akustik ruangan.

M. *Hanging Acoustic Screen*

Sistem layar akustik yang digantung ini dirancang untuk digunakan di ruang terbuka dengan berbagai gaya, yaitu Static, Folding, dan Expanding. Layar ini terbuat dari serat polyester dengan pola potong air yang indah, memberikan isolasi suara sambil tetap memungkinkan pandangan terbuka. Desain inovatif ini memungkinkan layar untuk berfungsi sebagai partisi fleksibel dalam ruang terbuka, memberikan privasi akustik tanpa menghalangi pencahayaan alami

METODE PENELITIAN

Untuk merancang panel akustik yang efektif dalam mengurangi waktu reverberasi di ruang rapat IRC FTSP UII, langkah pertama adalah mengukur permukaan ruangan, termasuk dimensi, tinggi langit-langit, dan material pada dinding, lantai, serta langit-langit. Data ini kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak analisis akustik I-Simpa untuk simulasi akustik dan menghitung waktu reverberasi (RT).

Hasil analisis dari I-Simpa memberikan informasi mengenai waktu reverberasi. Proses ini memungkinkan perancangan panel akustik yang sesuai dengan kebutuhan ruang rapat, memastikan waktu reverberasi ideal untuk komunikasi yang jelas dan nyaman.

Tabel 1 Metode Perancangan

Proses	Kegiatan
Emphatize	Memperdalam Isu
Define	Merumuskan Masalah
Ideate	Menetapkan Objek Rancangan

Proses	Kegiatan
Prototype	Membuat Model Objek Rancangan
Test	Uji Objek Rancangan

Sumber : Penulis

Tabel 2 Rumusan Variable

Variabel	Parameter	Indikator
Independent (Surface)	Luasan permukaan penyerap suara	Luasan lebih dari 270 m^2
Dependent (Reverberation Time)	Pengurangan waktu dengung	SNI-03-6386-2000 waktu dengung sebesar 0,6 – 0,9 detik
Control (Material & Size)	Kapuk dengan ketebalan 250-500 mm	Serat kapuk memiliki potensi baik sebagai bahan penyerap suara

Sumber : Penulis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari mengukur luasan ruangan studi kasus, dianalisis. Berikut data luasan permukaan, material, koefisien arbsorpsi dan difusi suara dari setiap material.

Tabel 3 Luasan Permukaan Eksisting

Nama Permukaan	Luas (m^2)
Beton	186,41
Kaca	53,02
Lantai	158,67
Panel Akustik Eksisting	19.38
Dinding	77,76

Sumber : Penulis

Tabel 4 Koefisien Arbsorpsi dan Koefisien Difusi

Nama Permukaan	Frekuensi (Hz)	Koefisien Arbsorpsi	Koefisien Difusi	*Diffusion Law*
Beton	125	0,10	0,10	*Lambert*
	250	0,05	0,10	*Lambert*
	500	0,06	0,10	*Lambert*
	1000	0,07	0,10	*Lambert*
	2000	0,09	0,10	*Lambert*
	4000	0,08	0,10	*Lambert*
Kaca	125	0,35	0,10	*Lambert*
	250	0,25	0,10	*Lambert*
	500	0,18	0,10	*Lambert*
	1000	0,12	0,10	*Lambert*
	2000	0,07	0,00	*Specular*
	4000	0,04	0,10	*Lambert*
Lantai	125	0,02	0,20	*Lambert*
	250	0,03	0,20	*Lambert*
	500	0,03	0,20	*Lambert*
	1000	0,03	0,20	*Lambert*
	2000	0,03	0,00	Specular
	4000	0,02	0,20	*Lambert*
Panel Akustik Eksisting	125	0,09	0,40	*Lambert*
	250	0,28	0,40	*Lambert*
	500	1,00	0,00	Specular
	1000	0,84	0,40	*Lambert*
	2000	0,73	0,40	*Lambert*
	4000	0,64	0,40	*Lambert*

Nama Permukaan	Frekuensi (Hz)	Koefisien Arbsorpsi	Koefisien Difusi	*Diffusion Law*
Dinding	125	0,01	0,15	*Lambert*
	250	0,01	0,15	*Lambert*
	500	0,02	0,15	*Lambert*
	1000	0,02	0.15	*Lambert*
	2000	0,02	0,15	*Lambert*
	4000	0,03	0,15	*Lambert*
Panel Akustik Kapuk	125	0,32	0,50	*Lambert*
	250	0,69	0,50	*Lambert*
	500	0,98	0,50	*Lambert*
	1000	0,98	0,50	*Lambert*
	2000	0,98	0,50	*Lambert*
	4000	0,98	0,50	*Lambert*

Sumber : Penulis

Berdasarkan simulasi yang dilakukan, hasil perhitungan waktu reverberasi eksisting menunjukkan bahwa ruangan memiliki nilai waktu reverberasi 60 rata-rata sebesar 1,85 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa ruangan tidak memenuhi SNI.

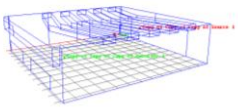
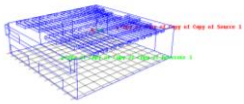
Tabel 5 Simulasi *Reverberation Time* Eksisting

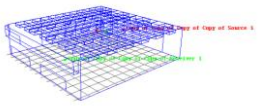
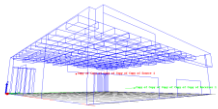
Frekuensi (Hz)	RT30 (s)	RT60 (s)
125	1,92	1,77
250	2,41	2,22
500	1,72	1,71
1000	1,87	1,84
2000	1,98	1,97
4000	1,70	1,60
Global	2,10	2,04
Rata-Rata	1,93	1,85

Sumber : Penulis

Penurunan waktu reverberasi yang dicapai melalui simulasi menunjukkan bahwa panel alternatif ke-8 menjadikan ruangan sesuai SNI.

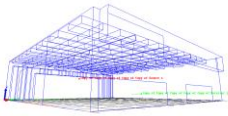
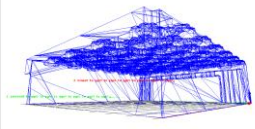
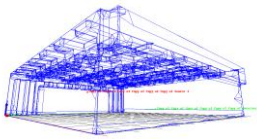
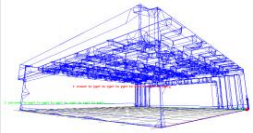
Tabel 6 *Reverberation Time* Alternatif Desain 1,2,3, dan 4

Alternatif	Gambar	Frekuensi (Hz)	RT30 (s)	RT60 (s)
1		125	1,18	1,48
		250	1,10	1,44
		500	1,08	1,46
		1000	1,10	1,63
		2000	1,61	2,11
		4000	1,05	1,28
		Global	1,21	1,76
		Rata-Rata	1,18	1,57
2		125	1,14	1,15
		250	1,15	1,47
		500	1,03	1,49
		1000	1,16	1,35
		2000	1,51	1,87
		4000	1,06	1,18
		Global	1,20	1,52
		Rata-Rata	1,17	1,42
3		125	1,05	1,39
		250	1,11	1,22
		500	1,07	1,05

		1000	1,22	1,47
		2000	1,55	1,69
		4000	1,13	1,16
		Global	1,19	1,48
		Rata-Rata	1,19	1,33
4		125	0,95	1,09
		250	1,01	1,29
		500	1,06	1,59
		1000	1,13	1,72
		2000	1,40	2,01
		4000	0,94	1,13
		Global	1,07	1,65
		Rata-Rata	1,08	1,47

Sumber : Penulis

Tabel 7 *Reverberation Time* Alternatif Desain 5,6,7, dan 8

Alternatif	Gambar	Frekuensi (Hz)	RT30 (s)	RT60 (s)
5		125	0,92	0,96
		250	0,93	1,08
		500	1,01	1,51
		1000	1,07	1,12
		2000	1,38	2,01
		4000	0,96	1,29
		Global	1,04	1,58
		Rata-Rata	1,05	1,33
6		125	1,00	1,19
		250	1,18	1,77
		500	1,07	1,57
		1000	1,07	1,37
		2000	1,21	1,50
		4000	0,92	1,04
		Global	1,07	1,47
		Rata-Rata	1,08	1,40
7		125	0,81	0,85
		250	0,85	1,12
		500	0,97	1,23
		1000	1,03	1,02
		2000	1,33	1,92
		4000	0,96	1,61
		Global	0,98	1,53
		Rata-Rata	0,99	1,29
8		125	0,72	0,69
		250	0,55	0,64
		500	0,40	NaN
		1000	0,46	0,54
		2000	0,58	1,23
		4000	0,50	0,88
		Global	0,68	0,80
		Rata-Rata	0,53	0,79

Sumber : Penulis

Pemilihan panel akustik dilakukan dengan pembobotan. Nilai pembobotan yang tertinggi adalah utilitas dengan 5 poin, diikuti oleh venusitas dengan 3 poin, dan firmitas dengan 1 poin. Penjumlahan ketiga nilai tersebut dilakukan untuk setiap alternatif guna menunjukkan alternatif panel yang terbaik.

Tabel 8 Pembobotan

Nilai	Poin	Alter-natif 1	Alter-natif 2	Alter-natif 3	Alter-natif 4	Alter-natif 5	Alter-natif 6	Alter-natif 7	Alter-natif 8
Utilitas	5	10	10	10	15	15	15	20	25
Venisitas	3	6	6	3	6	12	12	12	12
Firmitas	1	5	4	5	4	4	3	3	2
Jumlah		21	21	18	25	31	30	35	39

Sumber : Penulis

Tabel 9 Narasi Pembobotan

Alternatif	Utilitas	Venisitas	Firmitas
1	Pengurangan RT hanya sebesar 0,75 detik untuk RT30 dan 0,27 detik untuk RT60.	Estetika cukup, polanya monoton dan sangat sederhana.	Konstruksinya mudah, dan beban tumpuan rendah.
2	RT belum sesuai SNI (0,6 - 0,8 detik), pengurangan hanya 0,76 detik untuk RT30 dan 0,43 detik untuk RT60.	Estetika cukup, pola sangat sederhana.	Relatif mudah untuk dipasang.
3	RT belum mencapai SNI (0,6-0,8 detik), pengurangan hanya 0,74 detik untuk RT30 dan 0,52 detik untuk RT60.	Estetika kurang baik, pola sederhana dan monoton.	Konstruksi sederhana dan mudah dipasang.
4	RT cukup baik tetapi belum sesuai SNI (0,6-0,8 detik), pengurangan hanya 0,85 detik untuk RT30 dan 0,38 detik untuk RT60.	Estetika yang cukup. Pola monoton dan terlalu sederhana.	Konstruksi cukup kompleks, dan beban tumpuan cukup berat.
5	RT cukup baik tetapi belum sesuai SNI (0,6-0,8 detik), pengurangan hanya 0,88 detik untuk RT30 dan 0,52 detik untuk RT60.	Estetika baik. Pola lebih kompleks	Konstruksi cukup kompleks, dan beban tumpuan cukup berat
6	RT cukup baik tetapi belum sesuai SNI (0,6-0,8 detik), pengurangan hanya 0,85 detik untuk RT30 dan 0,45 detik untuk RT60.	Estetika baik, dengan pola kompleks dan pengulangan teratur.	Konstruksi kompleks, dan beban tumpuan cukup berat
7	RT baik tetapi belum sesuai SNI (0,6-0,8 detik), pengurangan hanya 0,94	Estetikanya baik dengan pola kompleks, pengulangan	Konstruksi kompleks, dan beban tumpuan cukup berat

	detik untuk RT30 dan 0,56 detik untuk RT60.	teratur, dan permainan kedalaman.	
8	RT terbaik, sesuai SNI (0,6-0,8 detik), pengurangan mencapai 1,4 detik untuk RT30 dan 1,06 detik untuk RT60.	Memiliki estetika yang baik. Pola dan pengulangan yang tidak monoton.	Memiliki tingkat konstruksi yang sangat kompleks.

Sumber : Penulis

Hasil analisis statistik menggunakan SPSS mendukung/menolak hipotesis awal yang diajukan. Temuan ini memberikan wawasan yang berharga mengenai hubungan antara *reverberation time* dan luasan *surface*. Apabila hipotesis H1 diterima, ini menunjukkan adanya perbedaan signifikan yang dapat dijadikan dasar untuk rekomendasi kebijakan atau praktik yang lebih baik. Sebaliknya, jika H0 diterima, ini menunjukkan bahwa variabel yang diteliti tidak memiliki pengaruh signifikan, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menggali faktor-faktor lain yang mungkin berperan. Akan tetapi, analisis statistik yang dilakukan disini hanya untuk melihat peran luasan *surface* terhadap *reverberation time* dan tidak memengaruhi keberhasilan inovasi panel akustik yang telah dibuat karena tolak ukur yang dituju adalah Standar Nasional Indonesia.

1. H0 = Tidak ada perbedaan penerapan panel akustik berbahan kapuk pada ruang rapat IRC FTSP UII
2. H1 = Ada perbedaan penerapan panel akustik berbahan kapuk pada ruang rapat IRC FTSP UII

Adapun rumusan hipotesis penelitan sebagai berikut:
1. H0 = Tidak ada perbedaan rata-rata antara RT30 dan RT60 pada ruangan eksisting+panel akustik berbahan kapuk. Hal ini berarti tidak ada pengaruh dari panel akustik berbahan kapuk terhadap RT di dalam ruang rapat IRC FTSP UII
2. H1 = Ada perbedaan rata-rata antara RT30 serta RT60 pada ruangan eksisting dan ruang eksisting+panel akustik berbahan kapuk. Hal ini berarti ada pengaruh dari panel akustik berbahan kaput terhadap RT di dalam ruang rapat IRC FTSP UII

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Ruang.Rapat.IRC.Null - Ruang.Rapat.IRC.ALT8	1.23000	.24042	.17000	-.93005	3.39005	7.235	1	.087
Pair 2	Ruang.Rapat.IRC.Null - Ruang.Rapat.IRC.ALT1	.51500	.33234	.23500	-2.47096	3.50096	2.191	1	.273
Pair 3	Ruang.Rapat.IRC.Null - Ruang.Rapat.IRC.ALT2	.57000	.26870	.19000	-1.84418	2.98418	3.000	1	.205
Pair 4	Ruang.Rapat.IRC.Null - Ruang.Rapat.IRC.ALT3	.63000	.15556	.11000	-.76768	2.02768	5.727	1	.110
Pair 5	Ruang.Rapat.IRC.Null - Ruang.Rapat.IRC.ALT4	.61500	.33234	.23500	-2.37096	3.60096	2.617	1	.232
Pair 6	Ruang.Rapat.IRC.Null - Ruang.Rapat.IRC.ALT5	.70000	.25456	.18000	-1.58712	2.98712	3.889	1	.160
Pair 7	Ruang.Rapat.IRC.Null - Ruang.Rapat.IRC.ALT6	.65000	.28284	.20000	-1.89124	3.19124	3.250	1	.190
Pair 8	Ruang.Rapat.IRC.Null - Ruang.Rapat.IRC.ALT7	.75000	.26870	.19000	-1.66418	3.16418	3.947	1	.158

Gambar 1 *Paired Samples Test*
Sumber : Penulis

Berdasarkan tabel "Paired Samples Test, diketahul jika nilal Sig. (2-talled) kurang dari 0,05. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan adanya penggunaan panel akustik

berbahan kapuk pada ruang rapat IRC FTSP UII dapat memengaruhi RT dalam ruangan. Alan tetapi menurut SNI, alternatif rancangan panel akustik berbahan kapuk yang paling berpengaruh adalah alternatif 8.

KESIMPULAN

Alternatif 8 memiliki performa terbaik dalam mengurangi waktu reverberasi, dengan nilai RT 30 dan RT 60 yang paling rendah, yaitu masing-masing 0,53 detik dan 0,79 detik. Angka Ini menunjukkan kemampuan yang sangat baik dalam menyerap suara dan mengurangi gema. Sebaliknya, nilai RT tertinggi ditemukan pada Alternatif 1, dengan RT 30 sebesar 1,18 detik dan RT 60 sebesar 1,57 detik, yang menunjukkan efektivitas yang lebih rendah dalam pengendalian gema. Alternatif lainnya menunjukkan nilai RT yang berkisar antara 0,99 hingga 1,19 detik untuk RT 30 dan 1,29 hingga 1,57 detik untuk RT 60, menempatkan Alternatif 8 sebagai pilihan terbaik berdasarkan kriteria waktu reverberasi.

Pada tabel pembobotan, Alternatif 8 juga menunjukkan performa terbaik dengan total nilai tertinggi sebesar 39, berdasarkan penilaian kualitas yang meliputi utilitas, venusitas, dan firmitas. Alternatif 7 dan Alternatif 5 menyusul dengan total nilai masing-masing 35 dan 31. Hasil ini menekankan bahwa Alternatif 8 tidak hanya unggul dalam kinerja akustik tetapi juga dalam kualitas keseluruhan berdasarkan kriteria pembobotan. Dengan demikian, Alternatif 8 merupakan pilihan yang paling direkomendasikan untuk panel akustik berbahan kapuk yang dilapisi oleh karpet, baik dari segi efektivitas pengendalian gema maupun dari segi kualitas dan ketahanan.

DAFTAR PUSTAKA

Barta, D. G., Simion, I., Tiuc, A. E., & Vasile, O. (2024). Mycelium-Based Composites as a Sustainable Solution for Waste Management and Circular Economy. Materials, 17(2). https://doi.org/10.3390/ma17020404

Delhomme, F., Hajimohammadi, A., Almeida, A., Jiang, C., Moreau, D., Gan, Y., Wang, X., & Castel, A. (2020). Physical properties of Australian hurd used as aggregate for hemp concrete.

Dillano Gharata, V., Dwi Satria, W., Hidayat, R., Diva Calista, J., & Shafiyyah Muchlas Bastari, A. (2023). Penerapan Prinsip Akustik Ruang Auditorium (Studi Kasus: Auditorium Gedung Kuliah Umum 1 Institut Teknologi Sumatera). Jurnal Arsitektur TERRACOTTA | No.1 |, 5, 101–115.

Fadila, M., Nurmawati, E., Fasa, M. I., & Suharto. (2022). Peran Sumber Daya Alam Bagi Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia Dalam Persfektif Islam. JEKSYAH : Islamic Economics Journal.

Freitas, C. F., Barroso, J., & Ramos, C. (2015). A survey on smart meeting rooms and open issues. International Journal of Smart Home, 9(9), 13–20. https://doi.org/10.14257/ijsh.2015.9.9.02

Kusumowardani, D. (2021). Penerapan Teknologi Modular Dalam Konsep Perancangan Arsitektur (Vol. 6, Nomor 2).

Makki, A. L., & Oktariani, E. (2019). Acoustic absorptive properties of Kapok fiber, Kapok fiber layered tricot fabric and Kapok fiber layered double weave fabric. Journal of Physics: Conference Series.

Man, D. (2020). Acoustical Abilities of Woven Bamboo to Absorbing and Transmitting of the Sound.

Muafani. (2021). STRUKTUR KUDA-KUDA DAN RANGKA ATAP SEBAGAI ELEMEN PENDUKUNG ARSITEKTUR GEDUNG OLAH RAGA.

Mufida, E. (2024). Direct and Indirect linkages of thermal comfort with Sustainable Development Goals (SDG.

Mureşan Borlea, S. I., Tiuc, A. E., Nemeş, O., Vermeşan, H., & Vasile, O. (2020). Innovative use of sheep wool for obtaining materials with improved sound-absorbing properties. Materials, 13(3). https://doi.org/10.3390/ma13030694

Prihatmaji, Y. P. (2022). Sustainable Material in Building Sustainability Concept & Model. Dalam Portfolio on Sustainable Building Technology-Modul (Vol. 2).

Priyono, F. D. J., & Yusdiansyah. (2021). Kemampuan Insulasi Suara Delapan Jenis Bahan Berbasis Serat Kayu.

Sabine, W. C. (1993). Collected Papers on Acoustics.

Sahara, & Kusmiran, A. (2021). PENGEMBANGAN KOMPOSIT PANEL AKUSTIK BERBAHAN DASAR BIJI DAN KULIT KAPUK RANDU UNTUK MENINGKATKAN KOEFISIEN ABSORBSI BAHAN.

Siska, D. (2015). Analisa Kebisingan dan Studi Akustik dalam Tatanan Bangunan. Dalam Juli 2015 JURNAL ARSITEKNO (Vol. 6, Nomor 6).

Sugini. (2024). SUSTAINABLE IDEA SUSTAINABILITY IN ARCHITECTURE.

Supriyanta. (2024). ACOUSTIC DESIGN FOR A SUSTAINABLE BUILDING MODULE 5-SUSTAINABLE ACOUSTIC AND LIGHTING FOR BUILDING SUSTAINABLE BUILDING TECHNOLOGY PORTOFOLIO.

Syuaib, M., Abdullah, S., Nuryunigsih, & Rahim, R. (2022). ATRIBUT LINGKUNGAN PERILAKU (STUDI KASUS: RUANG AULA SMA NEGERI 1 LUWU UTARA).

Trevor Cox, & D'Antonio, P. (2009). Acoustic absorbers and diffusers: theory, design and application (1 ed.).

Wijanarka, B. S., Sukardi, T., Rahdiyanta, D., & Ngadiyono, Y. (2019). Evaluation of implementation of health and safety in industry and vocational school in Yogyakarta Special Region. Journal of Physics: Conference Series, 1273(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1273/1/012063