

PENGUNAAN KOMPOSIT LIMBAH KERTAS SEBAGAI *WIND TURBIN WALL* GUNA MENURUNKAN SUHU DALAM BANGUNAN

(Studi Kasus : *Working Space* Lantai 3 *Bookstore* Universitas Islam Indonesia)

Faisha Aulia Rasendriya¹, Sugini², dan Ilham Bhakti³
Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia
Surel: 22512122@students.uii.ac.id

ABSTRAK: Peningkatan kebutuhan akan bangunan ramah lingkungan telah mendorong berbagai gerakan yang berfokus pada pembangunan berkelanjutan untuk menjawab tantangan global terkait lingkungan. Studi kasus pada penelitian ini dilakukan pada *co-working space* di lantai 3 *Bookstore* UII, dengan pemilihan lokasi berdasarkan observasi kondisi eksisting. Ruang tersebut memiliki suhu dalam ruangan yang tercatat melampaui standar yang ditetapkan, yaitu sekitar 32°C, sedangkan standar SNI mengatur suhu maksimal 28°C. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi inovasi teknologi yang dapat menjadi solusi efektif untuk mengatasi masalah suhu tinggi tersebut. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif, dengan observasi langsung untuk mengumpulkan data pengukuran. Selain itu, digunakan software *Computational Fluid Dynamics (CFD)* untuk melakukan simulasi pada tiga alternatif desain yang diusulkan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan *wind turbine wall* berbahan komposit limbah kertas mampu menurunkan suhu ruangan hingga 2–4°C dalam kondisi tertentu. Desain ini juga secara signifikan meningkatkan sirkulasi udara tanpa memerlukan tambahan energi listrik, menjadikannya solusi inovatif, efisien, dan ramah lingkungan.

Kata kunci: bangunan ramah lingkungan, besaran suhu, komposit limbah kertas

PENDAHULUAN

Latar Belakang Isu

Perancangan ini mengangkat isu permasalahan dari *SDGs (Sustainable Development Goals)*, yaitu serangkaian program pembangunan berkelanjutan yang dibuat oleh PBB pada tahun 2015 dan dirancang untuk mengatasi tantangan global yang saling terkait. Permasalahan yang diambil adalah poin nomor 3 dan 11 tentang kehidupan sehat dan sejahtera serta pembangunan kota dan pemukiman yang berkelanjutan. Keterkaitan kedua poin ini dengan arsitektur dapat dilihat dari beberapa aspek, yakni desain yang mendukung kesehatan penghuni sebuah bangunan dapat menciptakan lingkungan yang baik bagi kesehatan fisik dan mental seperti dengan adanya ventilasi yang baik, pencahayaan alami, memperhatikan kenyamanan dan kesejahteraan penghuni, serta menghasilkan desain bangunan yang sehat bagi manusia maupun lingkungan sekitarnya (Sugini, 2024).



Gambar 1. Sustainable Development Goals di Indonesia

Sumber : United Nations Indonesia

Penerapan *Sustainable Development* (Pembangunan berkelanjutan) dan *Sustainable architecture* (Arsitektur berkelanjutan) juga didukung oleh penggunaan bahan material yang berkelanjutan. Material berkelanjutan adalah bahan material yang tidak membahayakan dan merugikan lingkungan serta kesehatan saat digunakan, meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, material ramah lingkungan saat ini memiliki peran

penting dan luas dari beberapa perspektif yang dapat digambarkan mulai dari proses produksi material tersebut hingga teknik penerapannya (Prihatmaji, 2022). Beberapa contoh dari material berkelanjutan adalah bambu, rotan, kayu, *hempcrete* (beton rami), material plastik daur ulang, dsb. Pada perancangan ini, material yang digunakan adalah limbah kertas dan resin yang dicampur dengan komposisi tertentu sehingga menjadi sebuah komposit. Dengan penggunaan limbah kertas diharapkan akan mengurangi sampah pada lingkungan dan mengurangi penggunaan sumber daya alam yang nantinya dapat merugikan lingkungan dan manusia di masa depan (Prihatmaji, 2022).

Penggunaan material berkelanjutan tentunya akan berkaitan dengan teknik konstruksinya, yaitu bagaimana material tersebut dirancang dan dibangun hingga menjadi sebuah satu kesatuan. Di Indonesia, penerapan konstruksi berkelanjutan menjadi hal yang penting dan telah diatur pada Peraturan Menteri PUPR Nomor 9 Tahun 2021. Dalam peraturan tersebut, menjelaskan bahwa pelaksanaan konstruksi diharuskan sadar akan meningkatkan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat, menjaga kelestarian lingkungan, dan mengurangi ketimpangan sosial (Supriyanta, 2024).

Pengelolaan proyek yang ramah lingkungan *green project* diawali tahap perencanaan proses konstruksi hijau, material hijau (*green material*), pengadaan material yang ramah lingkungan (*green procurement*), dan aktivitas pekerjaan dalam proses konstruksi hijau (*green construction*) (Mufida, 2024). Penerapan konstruksi berkelanjutan menjadi penting untuk berkelanjutan terciptanya infrastruktur yang pada gilirannya akan berkontribusi kepada pembangunan berkelanjutan di Indonesia (Pradana & Hariyani, 2021).

Latar Belakang Permasalahan

Kesehatan manusia dipengaruhi oleh lingkungan tempat tinggal dan aktivitas. Kenyamanan termal, yaitu suhu udara, penting untuk menciptakan ruang yang sehat dan nyaman. Suhu yang tidak sesuai dapat mengganggu fokus, menurunkan produktivitas, dan memengaruhi kenyamanan. Lingkungan terlalu panas membuat lesu, sedangkan suhu terlalu dingin menyebabkan ketegangan otot. Perancangan ini memiliki latar belakang tentang permasalahan termal yaitu suhu, bertujuan untuk memperbaiki kondisi kenyamanan ruang yang semula belum memenuhi standar hingga memenuhi standar (Mufida, 2024).

Selain kenyamanan termal, terdapat aspek kenyamanan lain yang perlu ditinjau yaitu kenyamanan akustik dan kenyamanan pencahayaan dalam ruang. Dalam merencanakan dan merancang desain arsitektur suatu bangunan harus memperhatikan kondisi akustik ruang-ruang didalamnya, hal tersebut dapat mempengaruhi kenyamanan dan ketahanan bangunan. Kenyamanan akustik didapatkan dari psikis maupun fisik pengguna yang berkaitan dengan bunyi, meminimalkan gangguan suara yang tidak diinginkan. Dengan akustik yang efektif, maka bunyi maupun suara akan dapat diterima oleh telinga sesuai dengan batas ambang kebisingan yang telah direkomendasikan (NC) dalam suatu ruang sehingga segala aktifitas dalam ruangan akan berjalan (Imran & Demak, 2015). Sedangkan untuk kenyamanan pencahayaan, setiap ruangan mempunyai kebutuhan intensitas cahaya yang berbeda-beda tergantung fungsi dan aktivitas manusia di dalam ruangan tersebut, intensitas cahaya yang dibutuhkan untuk kegiatan bekerja bervariasi dari 200 lux sampai 750 lux. Jenis material juga dapat mempengaruhi distribusi cahaya, yaitu bergantung pada tekstur, kepadatan, warna, sifat, dan permukaan dari material tersebut (Setiawan, 2013).

Kenyamanan termal dan efisiensi energi dalam desain bangunan sangat penting karena keduanya saling memengaruhi dan dapat menentukan kualitas hidup penghuni serta dampak lingkungan bangunan. Energi listrik merupakan salah satu jenis energi yang dibutuhkan untuk kehidupan sehari-hari. Hampir seluruh teknologi yang ada membutuhkan energi listrik agar dapat berfungsi dengan baik. Kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat setiap tahunnya. Hal ini disebabkan karena adanya kesenjangan

antara pertumbuhan ekonomi berdasarkan peningkatan konsumsi listrik di industri Indonesia dengan pertumbuhan konsumsi listrik (Custer, 2018). Efisiensi energi dapat dicapai dengan beberapa cara antara lain yaitu penggunaan pasif desain dalam arsitektur, penggunaan material ramah lingkungan, dan teknologi terbarukan (Maghzaya, 2024).

Latar Belakang Bangunan

Bangunan yang dipilih adalah bangunan *Bookstore* yang terletak di area kampus Universitas Islam Indonesia. Fasad bangunan bookstore menggunakan material kaca yang dipasang dengan frame aluminium, sehingga radiasi panas matahari langsung masuk ke dalam bangunan tanpa ada penghalang, sedangkan kenyamanan termal sebuah bangunan salah satunya ditentukan oleh pengaruh dari besaran suhu didalamnya. Didalam bangunan *bookstore* terdapat pendingin ruangan berupa AC central pada delapan titik disetiap lantainya. Namun pada saat siang hari pendingin ruangan tersebut kurang berfungsi dengan baik karena besarnya radiasi panas matahari yang masuk, sehingga udara didalam tidak terasa sejuk.



Gambar 2. a) *Bookstore* UII ; b) Ruang *working space*
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024

Ruang yang dipilih lebih tepatnya adalah *co-working space*. Dalam kasus ini, *co-working space* terletak tepat di samping fasad kaca dimana panas matahari langsung masuk ke dalam ruangan, sedangkan radiasi panas matahari yang berlebih menyebabkan ketidaknyamanan manusia dalam beraktivitas dalam jangka waktu lama. Oleh karena itu, ruang ini dipilih karena memiliki permasalahan dari aspek kenyamanan termalnya yaitu besaran suhu yang berlebih.

Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan isu permasalahan yang telah dijelaskan, timbul pertanyaan dari penelitian yakni :

Bagaimanakah desain inovasi *wind turbin wall* berbahan dasar komposit kertas yang dapat menurunkan suhu pada bangunan *Bookstore* UII ?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

Mengetahui inovasi *wind turbin wall* menggunakan material komposit limbah kertas untuk menurunkan suhu dalam bangunan *Bookstore* UII.

Batasan

Penelitian ini memiliki batasan yang perlu dipertimbangkan dalam menafsirkan hasilnya, hanya mengevaluasi kenyamanan termal yaitu suhu ruang berdasarkan kecepatan angin didalam *working space* di lantai 3 pada *Bookstore* Universitas Islam Indonesia dengan mensimulasikan kinerja penggunaan *wind turbin wall* untuk menurunkan suhu dalam ruangan melalui kecepatan angin yang masuk.

STUDI PUSTAKA DAN PRESEDEN

Sustainable Development

Pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*) merupakan sebuah pembangunan yang bertujuan untuk menjaga peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat agar tetap stabil, menciptakan kehidupan sosial yang berkelanjutan, serta meningkatkan kualitas lingkungan dan kualitas hidup masyarakat secara umum dari generasi ke generasi. Dalam pembangunan berkelanjutan, masyarakat perlu aktif untuk ikut serta berkontribusi, memaparkan aspirasi untuk mewujudkan pembangunan yang tepat sasaran. Pemberdayaan masyarakat sebagai prioritas dalam pembangunan menjadi kunci untuk mencapai negara yang berkembang. Pemanfaatan media sosial secara bijak dan bertanggung jawab dapat menjadi alat bantu bagi kontribusi masyarakat dalam proses pembangunan (Yulia & Supriatna, 2024).

Sustainable Architecture

"*Sustainable Architecture*" merupakan cara untuk meminimalisasi dampak negatif dari lingkungan dari bangunan dengan meningkatkan efisiensi dan kebijaksanaan dalam penerapan material, energi dan tata ruang. Karena setiap langkah kita akan berdampak pada generasi masa depan Secara sederhana, arsitektur berkelanjutan dapat diartikan sebagai desain arsitektur yang ramah lingkungan (Tanuwidjaja, 2011). Arsitektur berkelanjutan memiliki 5 konsep yang diterapkan, yaitu lompatan perubahan dan transferabilitas, kualitas lingkungan dan konservasi energi, standar etik dan kesetaraan sosial, unjuk kerja ekonomi dan kompatibilitas, dan dampak pada kualitas lingkungan dan estetika (Sugini, 2024). Dengan melakukan pembangunan dengan konsep ini, merupakan salah satu cara untuk mengurangi dampak negatif bagi lingkungan sekitar.

Sustainable Technology

Teknologi berkelanjutan mengacu pada inovasi teknologi yang mempertimbangkan sumber daya alam dan mendorong pembangunan ekonomi dan sosial. Tujuan dari penciptaan teknologi berkelanjutan adalah untuk secara signifikan mengurangi risiko lingkungan dan lingkungan serta menciptakan produk yang berkelanjutan (Putri, 2023).

Kenyamanan Termal

Berdasarkan standar yang ditetapkan SNI 03-6572-2001, tingkatan temperatur kenyamanan untuk orang Indonesia terdiri atas tiga bagian berikut ini :

Tabel 1. Batas kenyamanan termal SNI 03-6572-2001

	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban/RH (%)
Sejuk Nyaman	20,5°C - 22,8°C	50%
Ambang Batas	24°C	80%
Nyaman Optimal	22,5°C - 25,8°C	70%
Ambang Batas	28°C	-
Hangat Nyaman	25,8°C - 27,1°C	60%
Ambang Batas	31°C	

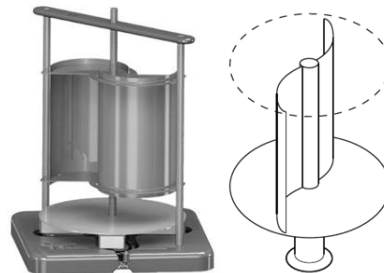
Sumber : BSNI tahun 2001

Standar yang digunakan dalam penelitian ini adalah minimum nyaman optimal (22,5°C – 25,8°C) dan maksimal pada ambang batas (28°C).

Wind Turbin

Inovasi yang dikembangkan dalam perancangan ini mengambil adaptasi bentuk dan fungsi dari turbin/kincir angin. Desain dari turbin angin sendiri memiliki dua tipe utama, yaitu tipe sumbu horizontal dan tipe sumbu vertikal. Turbin angin sumbu vertikal adalah turbin angin sumbu tegak dengan gerakan poros dan rotornya sejajar dengan arah angin, memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah (Nakhoda & Saleh, 2015). Turbin angin sumbu vertikal dikenal dengan beberapa nama dan bentuk antara lain turbin

Savonius, Darrieus, dan turbin H (Latif, 2013). Referensi pada perancangan ini diambil dari desain turbin angin savonius, karena memiliki bentuk dan konstruksi yang sangat sederhana sehingga dapat menghemat waktu dan biaya. Turbin angin Savonius adalah salah satu jenis turbin angin yang digerakkan dengan gaya drag, turbin ini terdiri atas dua hingga tiga bucket atau sudu yang disusun sedemikian rupa sehingga jika dilihat dari atas akan terlihat seperti membentuk huruf S (Nakhoda & Saleh, 2015).



Gambar 3. Turbin angin model savonius
Sumber : *google*

Komposit Limbah Kertas

Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup (KLHK) tahun 2020, mengungkapkan bahwa sampah kertas yang dihasilkan sebanyak 12 % dari sampah sejumlah 34,5 ton. Sementara itu, sejumlah 43% limbah kertas masih belum terkelola. Sampah kertas mayoritas berakhir di TPA (tempat penyimpanan akhir), namun pembuangannya belum maksimal. Tentu saja hal ini berdampak buruk terhadap lingkungan. Rencana material yang akan digunakan pada wind turbin wall bangunan adalah material komposit kertas, yaitu campuran antara limbah kertas yang dihancurkan kemudian dicampur dengan resin *polyurethane*.

Secara umum, komposit terdiri dari bahan yang dikenal sebagai bahan dispersi dan matrik. Bahan dispersi bisa berupa partikel, tetapi biasanya berbentuk serat. Beberapa alasan mengapa serat dipilih sebagai bahan komposit antara lain karena sifatnya yang elastis, kuat, melimpah, ramah lingkungan, dan biaya produksi yang rendah. Bahan dasar alami seperti daur ulang sampah kertas, terdiri dari beberapa jenis kertas murni atau dipadukan dengan serbuk kayu atau serat lainnya, kemudian direkatkan menggunakan perekat organik atau anorganik (Grigoriou, 2003). Menurut jurnal, untuk meningkatkan pemanfaatan limbah kertas, khususnya kertas koran bekas sebagai bahan komposit, terdapat beberapa saran, seperti membersihkan bahan dan cetakan saat pembuatan spesimen untuk mengurangi cacat pada hasilnya, menambah variasi dalam pembuatan komposit untuk mencapai hasil yang lebih optimal, meminimalkan rongga udara dalam komposit yang dihasilkan untuk meningkatkan kinerjanya [20].



Gambar 4. Pesin polyurethane
Sumber : *google*



Gambar 5. Tumpukan limbah kertas
Sumber : *google*

Rumusan Variabel

Tabel berikut merupakan variabel, parameter, dan indikator yang dijadikan acuan dalam penelitian.

Tabel 2 Variabel, parameter dan indikator

Variabel	Parameter	Indikator
<i>Independent</i> (Desain bukaan dan material inovasi teknologi)	Orientasi elemen inovasi teknologi	Besaran suhu ruang yang mampu dikurangi hingga mencapai standar SNI 03-6572-2001 yaitu maksimal sebesar 28°C.
<i>Dependent</i> (Temperatur ruang kerja)	Besaran suhu pada ruang (celcius).	Dapat menurunkan suhu ruangan hingga mencapai standar yang diberikan oleh SNI 03-6572-2001 yaitu minimal sebesar 22,5°C dan maksimal 28°C. Lewat dari standar tersebut dapat dikategorikan tidak nyaman.
<i>Kontrol</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Waktu pengukuran 2. Arah hadap bukaan secara keseluruhan Ruang yang sama (<i>Co-working space</i> lt.3 <i>Bookstore</i> UII). 	

Sumber : Penulis, 2024

Kajian Preseden

Wind Turbin Wall

Architects : JOE DOUCET

Wind Turbin Wall yang dirancang oleh Joe Doucet, adalah konsep turbin angin inovatif yang difokuskan untuk menghasilkan energi bersih dengan estetika minimalis. Turbin ini berbentuk dinding vertikal yang terdiri dari bilah-bilah angin berbentuk panel, yang didesain untuk menangkap energi angin dari berbagai arah. Desainnya memadukan fungsi dan bentuk sehingga dapat ditempatkan di area perkotaan, bahkan di sepanjang dinding bangunan, tanpa mengganggu tampilan visual lingkungan. Wind Turbin Wall memiliki panel-panel yang disusun secara vertikal, berputar di sekitar sumbu horizontal pada rangka utama. Desain modular ini memungkinkan dinding berukuran fleksibel, sesuai kebutuhan atau luas bangunan. Selain itu memiliki beberapa kelebihan, antara lain adalah efektif di kecepatan angin rendah dan mengurangi jejak kabervariasi.



Gambar 6. Wind turbine wall
Sumber : *joedoucet.com*

METODE PENELITIAN

Lokasi Bangunan Eksisting



Gambar 7. Lokasi *Bookstore UII*
Sumber : google earth

Lokasi dari bangunan yang dijadikan studi kasus adalah *Bookstore UII* berada di Jl. Kaliurang No.Km. 14, 4, Lodadi, Umbulmartani, Ngemplak, Sleman Regency, Special Region of Yogyakarta 55582. Lokasi ini termasuk dalam bagian kampus Universitas Islam Indonesia.

Bangunan



Gambar 8. Lokasi *Bookstore UII*
Sumber : dokumentasi pribadi

Bookstore Universitas Islam Indonesia (UII) adalah sebuah bangunan yang berfungsi sebagai pusat penjualan buku dan *merchandise* universitas. Terletak di lingkungan kampus UII, Yogyakarta, bangunan ini memiliki desain modern namun tetap selaras dengan nilai-nilai Islam yang menjadi dasar universitas. Desain arsitekturnya mengedepankan konsep keterbukaan dan kenyamanan dengan ruang-ruang yang luas, pencahayaan alami yang optimal, serta penggunaan material yang ramah lingkungan.

Ruang



Gambar 9. Ruang *workspace bookstore*
Sumber : dokumentasi pribadi

Ruang *co-working space* terletak tepat di samping fasad kaca dimana panas matahari langsung masuk kedalam ruangan, sedangkan radiasi panas matahari yang berlebih menyebabkan ketidaknyamanan manusia dalam beraktivitas dalam jangka waktu lama. Oleh karena itu, ruang ini dipilih karena memiliki permasalahan dari aspek kenyamanan termalnya yaitu besaran suhu yang berlebih.

Tahapan Desain dan Evaluasi



Gambar 10. Skema Metode Tahapan Desain
Sumber : Penulis, 2024

Empathise

Metode yang diterapkan dalam proses penelitian adalah Metode Penelitian Kuantitatif yaitu melakukan observasi/survey langsung pada lokasi penelitian. Dilakukan pengukuran besaran suhu/temperatur udara yang terdapat didalam dan diluar ruangan. Analisa besaran suhu menggunakan teknik mengukur dengan alat termometer untuk mengetahui apakah besaran suhu yang terdapat didalam ruang termasuk ke dalam standar atau tidak.

Define

Berdasarkan data yang telah didapatkan, kesimpulan yang diambil yaitu masalah yang terjadi adalah temperatur suhu ruangan yang berlebihan, tidak sesuai standar dan menyebabkan kondisi termal yang tidak nyaman.

Ideate

Dari permasalahan yang dialami, solusi untuk mengatasinya adalah dengan menerapkan penggunaan *wind turbin wall* pada fasad bangunan yang bermaterial kaca. Wind turbin wall berguna untuk memasukkan angin ke dalam ruangan sehingga temperatur suhu didalam ruangan akan turun berdasarkan kecepatan angin yang masuk.

Prototype

Membuat 3d permodelan bangunan eksisting yaitu bookstore universitas islam indonesia untuk kemudian dilakukan pengujian simulasi dan inovasi *wind turbin wall*.

Test

Metode evaluasi pada penelitian ini menggunakan aplikasi Autodesk CFD (*Computational Fluid Dynamics*) untuk mensimulasikan bagaimana kondisi eksisting suhu dalam ruang *workingspace* yang tidak nyaman. Kemudian mensimulasikan angin yang masuk setelah diterapkannya rancangan wind turbin wall dan peniadaan fasad kaca pada bangunan *bookstore*.

Parameter dan Indikator

Tabel 3 Parameter, indikator dan data

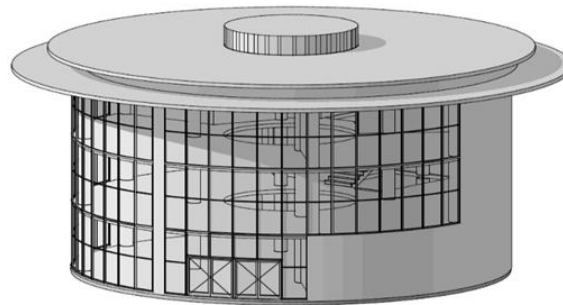
PARAMETER	INDIKATOR	DATA
Kondisi kenyamanan termal yaitu suhu dalam bangunan	Besaran temperatur suhu udara (Celsius)	Hasil pengukuran ,Hasil Simulasi dan dokumentasi survei

Sumber : Penulis, 2024

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Umum

Pada lantai 3 bookstore terdapat ruang workspace yang seluruh fasadnya menggunakan kaca sehingga panas matahari yang masuk cukup besar sehingga kurang nyaman bagi pengguna, oleh karena itu permasalahan ini akan direspon melalui perancangan wind turbin wall untuk mengurangi suhu dalam ruangan.

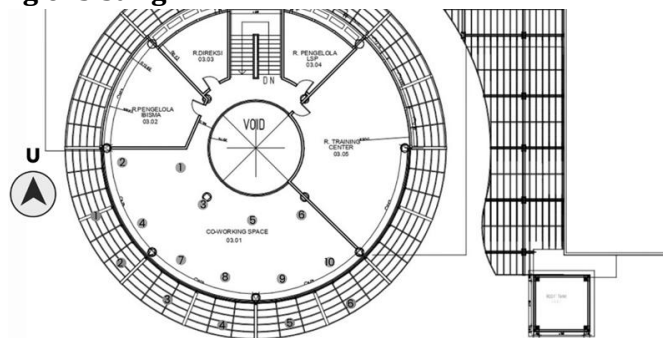


Gambar 11. 3D modelling Bookstore UII
 Sumber : Penulis, 2024

Data Pengukuran Empiris

Data pengukuran suhu ruang eksisting

N	Dalam (°C)	Luar (°C)
1	31,1	31
2	31,1	31,5
3	31,2	31,6
4	31,2	32
5	31,4	32
6	31,4	32
7	31,6	
8	31,6	
9	31,8	
10	32	
Rata-rata	31,5	31,7

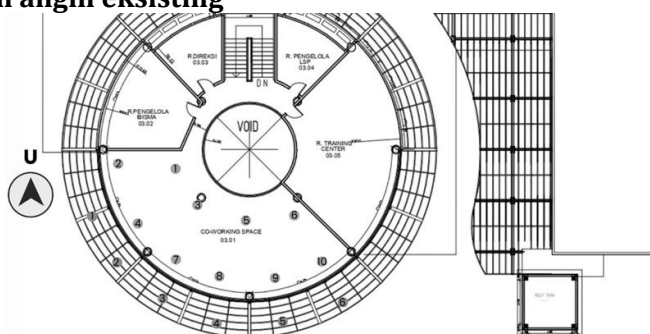


Gambar 12. Titik pengukuran dan data hasil pengukuran suhu
 Sumber : data pribadi

Angka yang didapatkan berdasarkan pengukuran ini melebihi batas dari standar kenyamanan ruang berdasarkan SNI 03-6572-2001 yaitu sebesar 28°C.

Data pengukuran kecepatan angin eksisting

N	Dalam (m/s)	Luar (m/s)
1	0,00	1,6
2	0,00	1,3
3	0,00	0,7
4	0,00	0,7
5	0,00	0,7
6	0,00	0,5
7	0,00	
8	0,00	
9	0,00	
10	0,00	
Rata-rata	0	0,9

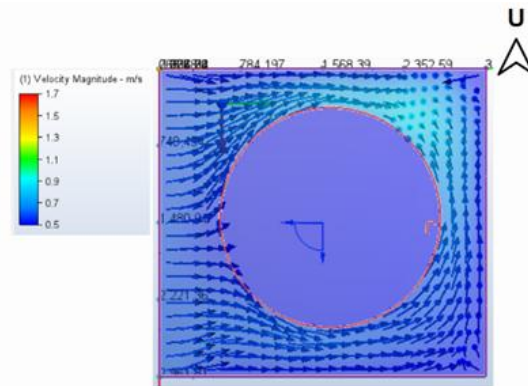


Gambar 13. Titik pengukuran dan data hasil pengukuran angin
 Sumber : data pribadi

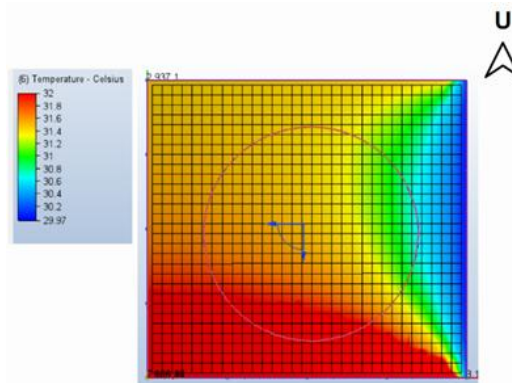
Data di atas menunjukkan bahwa di dalam ruangan tidak terdapat angin yang masuk sehingga suhu udara di dalam ruang tidak nyaman.

Simulasi Eksisting

Berdasarkan data pengukuran yang telah diperoleh, dilakukan simulasi eksisting menggunakan *software Autodesk CFD*.



Gambar 14. Hasil simulasi angin pada bangunan
Sumber : Penulis, 2024

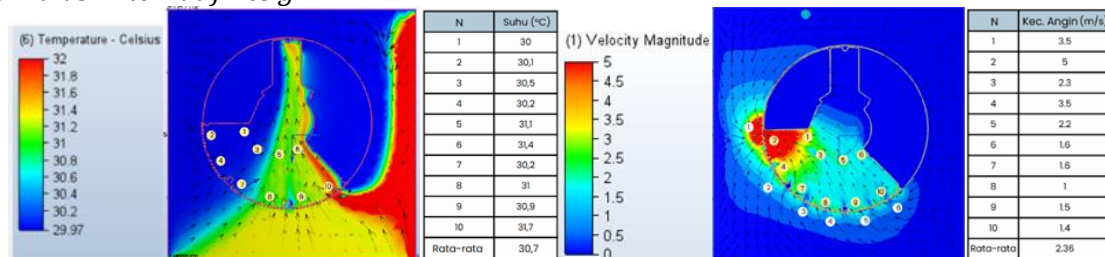


Gambar 15. Hasil simulasi suhu pada bangunan
Sumber : Penulis, 2024

Berdasarkan data di atas dapat dilihat bahwa angin tidak dapat masuk ke dalam ruangan karena tidak terdapat bukaan pada fasad bangunan dan temperatur suhu yang terdapat pada ruang cukup tinggi, suhu yang terdapat dalam ruangan sebesar 32°C dan rata rata dari 11 titik pengukuran adalah 31,5°C. Angka tersebut sudah melebihi batas maksimal dari standar yang telah ditentukan, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi di dalam ruangan tersebut tidak nyaman

Simulasi Alternatif Design

Simulasi Alternatif Design 1

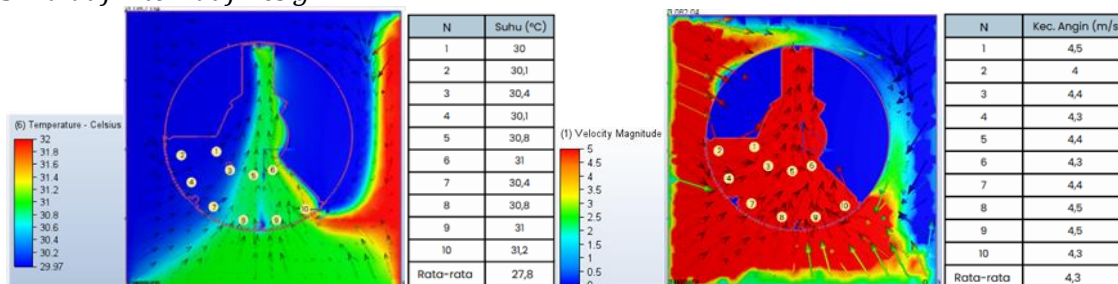


Gambar 16. Titik pengukuran, data hasil pengukuran suhu berdasarkan kecepatan angin
Sumber : Penulis, 2024

Berdasarkan simulasi di atas didapatkan bahwa setelah diterapkannya *eco brick facade*, besaran temperatur suhu pada ruangan berubah dari yang rata - rata sebelumnya 31,5°C

menjadi 30,7°C. Sehingga dapat disimpulkan dengan penggunaan *eco brick facade*, mampu mengurangi temperatur suhu ruangan yang berlebih.

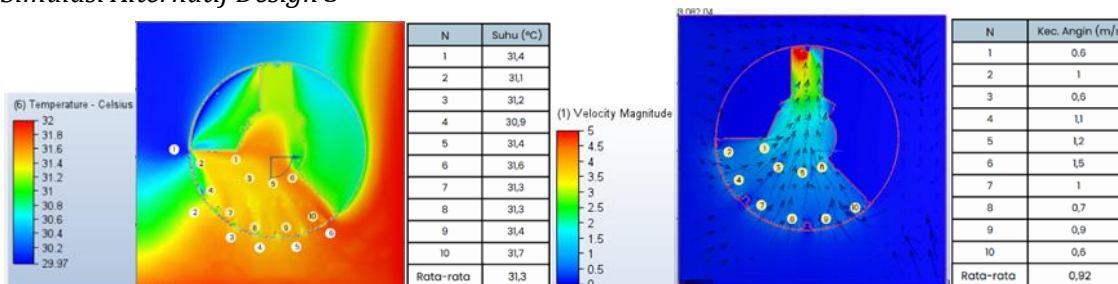
Simulatif Alternatif Design 2



Gambar 17. Titik pengukuran, data hasil pengukuran suhu berdasarkan kecepatan angin
Sumber : Data pribadi

Berdasarkan simulasi di atas didapatkan bahwa setelah diterapkannya *wind turbin wall*, besaran temperatur suhu pada ruangan berubah dari yang rata - rata sebelumnya 31,5°C menjadi 27,8°C. Sehingga dapat disimpulkan dengan penggunaan *wind turbin wall* mampu mengurangi temperatur suhu ruangan yang berlebih dan memenuhi standar.

Simulasi Alternatif Design 3



Gambar 18. Titik pengukuran, data hasil pengukuran suhu berdasarkan kecepatan angin
Sumber : Data pribadi

Berdasarkan simulasi di atas didapatkan bahwa setelah diterapkannya *wind turbin wall*, besaran temperatur suhu pada ruangan berubah dari yang rata rata sebelumnya 31,5°C menjadi 31,3°C. Sehingga dapat disimpulkan dengan *reclaimed wood* mampu mengurangi temperatur suhu ruangan yang berlebih.

Hasil Simulasi

Perbandingan Design dan Bobot

Berdasarkan ketiga alternatif desain yang telah dibuat dan simulasi yang telah dilakukan, didapatkan perbandingan dari ketiganya yang dapat dilihat dari tabel di bawah ini:

Tabel 3 Perbandingan Keunggulan dan Kekurangan masing - masing Alternatif Desain

NO	UTILITAS	FIRMITAS	VENUSTAS
Alternatif 1	Berdasarkan hasil simulasi, alternatif desain 1 cukup efektif dalam menurunkan suhu, namun besaran yang didapatkan belum mencapai standar.	Konstruksi yang digunakan pada alternatif 1 cukup sederhana, hanya menggunakan ± 3 jenis material dan pemasangan tidak terlalu rumit.	Alternatif 1 cukup menarik dari estetika, berasal dari susunan bata yang berirama dan repetisi membuat desain menjadi menarik.
Alternatif 2	Berdasarkan hasil simulasi, alternatif desain 2 sangat efektif menurunkan suhu dan sudah	Konstruksi pada alternatif 2 cukup kompleks dan teknik pemasangannya	Memiliki pola susunan elemen dan perputaran

	mencapai standar SNI, juga memiliki kelebihan yakni desain dibuat dapat memasukkan angin kedalam bangunan dari segala arah sehingga pergerakan angin didalam ruang lebih merata.	lebih rumit, material yang dibutuhkan juga lebih banyak dibandingkan dengan kedua alternatif lainnya.	yang teratur sehingga desain unggul dalam estetika.
Alternatif 3	Berdasarkan hasil simulasi, alternatif desain 3 cukup efektif dalam menurunkan suhu, namun besaran yang didapatkan belum mencapai standar dan juga terdapat kekurangan dari desain yaitu hanya merespons satu arah dari angin sehingga tidak fleksibel.	Konstruksi dari alternatif 3 lebih sederhana dibandingkan dengan alternatif lainnya, namun membutuhkan lebih banyak material pada rangka rel.	Alternatif 3 kurang dalam estetika karena desain berkesan monoton.

Sumber: Penulis, 2024

Berdasarkan deskripsi penilaian pada tabel diatas, dibuat bobot penilaian terhadap masing-masing alternatif dimana nilai yang lebih tinggi menunjukkan kualitas yang lebih baik. Penilaian untuk masing-masing alternatif terhadap aspek utilitas, firmitas dan venustas dapat dilihat dalam tabel berikut

SIMULASI \ ASPEK	BOBOT	I	II	III
UTILITAS	5	3 / 15	4 / 20	3 / 15
FIRMITAS	3	4 / 12	3 / 9	3 / 9
VENUSTAS	1	3 / 3	3 / 3	3 / 3
HASIL		30	32	27

Gambar 19. Bobot penilaian alternatif desain

Dengan demikian, nilai tertinggi didapatkan oleh alternatif kedua yaitu *wind turbin wall* dengan material komposit limbah kertas dan resin, sehingga alternatif tersebut dipertimbangkan untuk dipilih menjadi solusi dari permasalahan desain yang sedang diselesaikan.

Tabel 4 Paired Sample Test

	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
Pair 1 Besaran.suhu. workspace bookstore. lantai.3,jam.11.30 - Besaran.suhu. workspace bookstore. lantai.3,jam.11.30	1,0091	,3646	,1099	,7642	1,2540	9,180	10	,000
Pair 2 Besaran.suhu. workspace bookstore. lantai.3,jam.11.30 - Besaran.suhu. workspace bookstore. lantai.3,jam.11.30	4,9909	1,3427	,4048	4,0889	5,8930	12,328	10	,000
Pair 3 Besaran.suhu. workspace bookstore. lantai.3,jam.11.30 - Besaran.suhu. workspace bookstore. lantai.3,jam.11.30	,7909	,5088	,1534	,4491	1,1327	5,155	10	,000

Berdasarkan tabel "Paired Samples Test", didapatkan nilai Sig. (2-tailed) kurang dari 0,05. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa dengan adanya penggunaan inovasi teknologi berupa wind turbin wall pada bangunan Bookstore UII dapat memengaruhi besaran suhu yang terdapat didalam bangunan.

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi dengan aplikasi Autodesk CFD (*Computational Fluid Dynamics*) didapatkan keadaan eksisting dari ruang coworking-space Bookstore UII sebelum penggunaan inovasi teknologi wind turbin wall adalah tidak nyaman dan relatif panas dikarenakan besaran suhu yang ada didalam ruang tersebut melebihi standar kenyamanan pada SNI, besaran suhu eksisting terbesar yaitu 32°C . Namun setelah diterapkan dan disimulasikan dengan penggunaan inovasi teknologi wind turbin wall dari komposit limbah kertas dan resin, besaran suhu dapat menurun dikarenakan angin dapat masuk kedalam bangunan, dengan suhu terendah yakni sebesar 25°C dimana angka tersebut sudah termasuk dalam standar kenyamanan ruang berdasarkan SNI dan ruang lebih nyaman untuk digunakan. Data yang didapatkan kemudian dibandingkan dan divalidasi dengan aplikasi SPSS dan dapat disimpulkan bahwa penggunaan inovasi teknologi wind turbin wall mempengaruhi besaran suhu dalam ruangan sehingga inovasi tersebut dapat menjadi solusi dalam menurunkan suhu dalam ruangan coworking-space Bookstore UII.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, W. B (2019). "PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT LIMBAH KERTAS UNTUK COOLING- PADA PADA SISTEM PENDINGINAN DENGAN AIR". Tugas Akhir *PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA*
- C. H. Pradana dan D. S. Hariyani, "Penerapan Material yang Ramah Lingkungan pada Bangunan di Indonesia," dalam Prosiding Temu Ilmiah IPLBI (2021) , Strategi Pengembangan Wilayah Perkotaan Dalam Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan, Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia, Des 2021, hlm. C015–C018. doi: 10.32315/ti.9.c015.
- "Clay Roof House / DRTAN LM Architect | ArchDaily. (23 Mar 2016) Tersedia pada: <https://www.archdaily.com/784186/clay-roof-house-drtan-lm-architect>. (Diakses: 22 Oktober 2024).
- Custer, J., Teknik, J., Politeknik, E., & Bengkalis, N. (2018). ANALISIS AUDIT ENERGI DI BENGKEL LAS POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS. Dalam *Seminar Nasional Pakar ke 1 Tahun*.
- Grigoriou, A.H. (2003). Waste Paper–Wood Composites Bonded With Isocyanate. *Wood Sci Technol* [Online]. Vol. 37 (2003) 79–89.
- Imran, M., & Demak, N. A. K. (2015). Analisa kenyamanan akustik pada ruang karaoke di Kota Manado: Studi kasus Happy Puppy Karaoke dan Diva Karaoke. *RADIAL – jurnal perADaban saIns, rekayasa dan teknoLogi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo. VOLUME 6 NO. 1*
- "JOE DOUCET x PARTNERS JDXP." (2024). Tersedia pada : <https://www.joedoucet.com/windturbinewall/>. (Diakses: 29 Oktober 2024).
- Latif, M. (2013). "Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah". Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas Padang. *Jurnal Rekayasa Elektrika* Vol. 10, No. 3, April 2013.
- Maghzaya, A. R. (2024). "ACOUSTIC DESIGN FOR A SUSTAINABLE BUILDING-SUSTAINABLE ACOUSTIC AND LIGHTING FOR BUILDING,".
- Mufida, E. (2024). *Direct and Indirect linkages of thermal comfort with Sustainable Development Goals (SDG)*.
- Mufida, E. (2024). "Selamatkan Bumi_Melalui_Konstruksi_Hijau".

- Nakhoda, Y. I., & Saleh, C. (2015). "Rancang bangun kincir angin pembangkit tenaga listrik sumbu vertikal Savonius portabel menggunakan generator magnet permanen". *Jurnal INDUSTRI INOVATIF* 5(2), 19-24.
- Prihatmaji, Y. P. (2022). Sustainable Material in Building Sustainability Concept & Model. Dalam *Portfolio on Sustainable Building Technology-Modul* (Vol. 2).
- Putri, A. U. (2023). "Mengenal Sustainable Technology – School of Information Systems." Tersedia pada: <https://sis.binus.ac.id/2023/02/02/mengenal-sustainable-technology/> (Diakses pada 19 Oktober 2024).
- Setiawan, A. (2013). Optimasi distribusi pencahayaan alami terhadap kenyamanan visual pada Toko "Oen" di Kota Malang. *JURNAL INTRA*, 1(2), 1-10.
- Sugini. (2024). *SUSTAINABLE IDEA SUSTAINABILITY IN ARCHITECTURE*.
- Supriyanta. (2024). *ACOUSTIC DESIGN FOR A SUSTAINABLE BUILDING MODUL SUSTAINABLE ACOUSTIC AND LIGHTING FOR BUILDING SUSTAINABLE BUILDING TECHNOLOGY PORTOFOLIO*.
- Tanuwidjaja, G. (2011). *DESAIN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN DI INDONESIA: HIJAU RUMAHKU HIJAU NEGERIKU*.
- Tjokroraharjo, A. (2024). *ENERGI EFFICIENCY & CONSERVATION IN SUSTAINABLE BUILDING*
- Yulia, S., & Supriatna, E. (2024). *Educatus: Jurnal Pendidikan KONTRIBUSI MASYARAKAT DALAM MENENTUKAN ARAH PEMBANGUNAN EKONOMI GLOBAL YANG BERKELANJUTAN DI INDONESIA*. 2(2), 1-8.
<https://doi.org/10.69914/educatus.v2i2.6>