

PENGARUH KETINGGIAN *SOLAR CHIMNEY* TERHADAP KINERJA TERMAL PADA BANGUNAN

**(Studi Kasus : Gedung Moh. Natsir Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan Universitas Islam Indonesia)**

Nafa Nurhanifah Putri¹, Sugini², dan Isyryn Yus Fauziah³

¹Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia

¹Surel: 19512069@students.uii.ac.id

ABSTRAK: *Energi merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Tingkat ketergantungan manusia terhadap penggunaan energi listrik semakin hari semakin tinggi yang diakibatkan laju pertumbuhan populasi manusia dan perkembangan teknologi. Keterbatasan sumber daya untuk pembangkit listrik menjadi sebuah hal yang harus diperhatikan karena sumber daya yang terbatas dan dapat habis sewaktu-waktu. Seiring dengan makin tingginya ketergantungan manusia terhadap listrik mengharuskan kita untuk mampu menghemat energi listrik sebaik mungkin. Salah satu cara terbaik dalam menghemat energi listrik adalah dengan mengembangkan sumber daya yang berpotensi untuk dijadikan energi terbarukan. Lokasi penelitian terletak di ruang kelas IV/02 lantai 4 dan ruang studio PPAR lantai 3 Gedung Moh. Natsir Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Ruang ini sangat minim akan penghawaan alami dan tidak memenuhi standar. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah penggunaan solar chimney sebagai strategi bangunan dengan penghawaan alami. Dari permasalahan yang ada, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ketinggian solar chimney mempengaruhi kinerja termal pada bangunan dan untuk mengetahui pada ketinggian berapakah solar chimney yang paling efektif terhadap kinerja termal pada bangunan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode komparatif yaitu dengan membandingkan alternatif desain solar chimney ketinggian lantai 4 dan lantai 3. Dari penelitian yang telah dilakukan akan menghasilkan ketinggian solar chimney berapakah yang paling efektif terhadap kenyamanan termal.*

Kata kunci : energi alternatif, kinerja termal, penghawaan alami, *solar chimney*.

PENDAHULUAN

Pada penelitian ini berfokus pada variasi ketinggian *solar chimney* pada ruang kelas IV/02 lantai 4 dan ruang studio PPAR lantai 3 Gedung Moh. Natsir Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII. Isu yang diambil yaitu kurangnya penghawaan alami pada ruang kuliah.

Energi Alternatif

Energi merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Mulai dari kebutuhan rumah tangga hingga konvensional. Tingkat ketergantungan manusia terhadap penggunaan energi listrik semakin hari semakin tinggi yang diakibatkan laju pertumbuhan populasi manusia dan perkembangan teknologi. Keterbatasan sumber daya untuk pembangkit listrik menjadi sebuah hal yang harus diperhatikan karena sumber daya yang terbatas dan dapat habis sewaktu-waktu. Seiring dengan makin tingginya ketergantungan manusia terhadap listrik mengharuskan kita untuk mampu menghemat energi listrik sebaik mungkin. Salah satu cara terbaik dalam menghemat energi listrik adalah dengan mengembangkan sumber daya yang berpotensi untuk dijadikan energi terbarukan.

Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki potensi cukup besar

dalam pemanfaatan energi matahari. Terletak di garis khatulistiwa membuat negara ini selalu mendapat sinar matahari sepanjang tahun. Potensi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi terbarukan bagi penduduk Indonesia, yaitu dengan menerapkan sistem penghawaan alami. Dengan kondisi ini, diharapkan pemanfaatan energi matahari di Indonesia dapat berjalan dengan maksimal dan dapat meningkatkan kenyamanan termal pada bangunan. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah penggunaan solar chimney sebagai strategi bangunan dengan penghawaan alami.

Solar chimney

Solar chimney sendiri merupakan suatu sistem yang digunakan untuk ventilasi pada bangunan. Teknologi ini berguna untuk meningkatkan ventilasi alami bangunan menggunakan konveksi udara yang dipanaskan oleh energi matahari pasif. Sederhananya, *solar chimney* adalah poros vertikal yang memanfaatkan energi matahari untuk meningkatkan ventilasi alami melalui bangunan.

Solar chimney juga disebut cerobong panas juga dapat digunakan dalam arsitektur untuk mengurangi energi yang digunakan oleh sistem mekanis (sistem yang memanaskan dan mendinginkan bangunan melalui cara mekanis). Selama beberapa dekade, AC dan ventilasi mekanis telah menjadi standar pengendalian lingkungan pada bangunan. *Solar chimney* dapat memberikan banyak manfaat. Sinar matahari langsung menghangatkan udara di dalam cerobong asap yang menyebabkannya naik dari atas dan menarik udara masuk dari bawah. Penarikan udara ini dapat digunakan untuk ventilasi bangunan untuk menarik udara melalui pertukaran panas bumi atau sebagai ventilasi pada area tertentu.

Ventilasi alami dapat dibuat dengan menyediakan ventilasi di tingkat atas bangunan untuk memungkinkan udara hangat naik secara konveksional dan keluar ke atas. Pada saat bersamaan, udara yang lebih dingin dapat masuk melalui ventilasi di tingkat yang lebih rendah. Vegetasi seperti pohon dapat ditanam di sisi bangunan untuk memberikan keteduhan udara luar yang lebih sejuk. Proses ventilasi alaminya dapat ditambah dengan *solar chimney*. Cerobong harus lebih tinggi dari tingkat atap, dan harus dibangun pada dinding yang menghadap ke arah matahari. Penyerapan panas dari matahari dapat ditingkatkan dengan menggunakan permukaan kaca pada sisi yang menghadap matahari. Bahan penyerap panas diletakkan di sisi yang berlawanan. Ukuran permukaan penyerap panas lebih penting daripada diameter cerobong asap. Area permukaan yang besar memungkinkan pertukaran panas yang lebih efektif dengan udara yang diperlukan untuk pemanasan oleh radiasi matahari. Pemanasan udara di dalam cerobong akan meningkatkan konveksi, dan karenanya aliran udara melalui cerobong asap. Buka ventilasi di cerobong harus menghadap jauh dari arah angin yang ada.

Penelitian ini dilakukan mengingat masih kurangnya kesadaran akan pentingnya pemanfaatan penghawaan alami untuk kenyamanan termal bangunan. Padahal, salah satu menggunakan energi terbarukan seperti energi matahari dapat menghasilkan penghawaan alami yang sekaligus dapat menghemat penggunaan AC. Oleh karena itu, dengan adanya penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ketinggian *solar chimney* mempengaruhi kinerja termal pada bangunan dan untuk mengetahui pada ketinggian berapakah *solar chimney* yang paling efektif terhadap kinerja termal pada bangunan.

STUDI PUSTAKA

Pada penelitian ini menggunakan studi pustaka sebagai dasar dalam membuat penelitian. Studi pustaka yang digunakan yaitu kenyamanan termal, *solar chimney*, dan *prinsip kerja solar chimney*.

Kenyamanan Termal

Kenyaman termal merupakan suatu kondisi dari pikiran manusia yang merasakan kepuasan dengan lingkungan termal (Nugroho, 2011). Kenyamanan yang berkaitan dengan suatu bangunan diartikan sebagai kondisi dimana bangunan tersebut mampu memberikan rasa nyaman bagi pengguna. Manusia dikatakan merasa nyaman secara termal apabila ia tidak perlu menaikkan atau menurunkan suhu dalam ruang. Hal ini berarti bahwa kenyamanan termal tercipta apabila kondisi dalam ruang tidak terlalu panas ataupun terlalu dingin. Sedangkan menurut Olygay (1963), ia menjelaskan bahwa *comfort zone* merupakan suatu zona dimana manusia dapat mengurangi tenaga yang harus dikeluarkan dari tubuh untuk beradaptasi dengan lingkungan. Kenyamanan thermal sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti radiasi matahari (R_a), suhu ruang (T_a), kelembapan udara (R_h), kecepatan angin (V), hingga pakaian yang digunakan pengguna bangunan itu sendiri (C_{lo}) (Sumaryata et al., 2019). Untuk dapat mencapai tingkat kenyamanan termal yang baik, maka perlu adanya integrasi yang baik antar faktor-faktor tersebut, karena satu sama lainnya berhubungan. Untuk evaluasi kenyamanan thermal dapat menggunakan ASHRAE dan CBE.

Solar Chimney

Solar chimney merupakan sistem yang digunakan sebagai ventilasi alami yang efeknya dapat meningkatkan kualitas udara dalam bangunan. Solar chimney memiliki 3 komponen, yaitu kolektor, turbin, dan chimney. Kolektor digunakan untuk menghasilkan udara panas, turbin digunakan untuk mengubah udara menjadi energi mekanik, dan chimney (cerobong) berfungsi sebagai tempat untuk udara mengalir. Cara kerja singkatnya, udara akan dipanaskan oleh energi matahari, kemudian udara panas akan bergerak ke atas dan keluar melalui chimney (Tumpal Ramos Simangunsong, 2018).

Solar chimney juga disebut cerobong panas juga dapat digunakan dalam arsitektur untuk mengurangi energi yang digunakan oleh sistem mekanis (sistem yang memanaskan dan mendinginkan bangunan melalui cara mekanis). Selama beberapa dekade, AC dan ventilasi mekanis telah menjadi standar pengendalian lingkungan pada bangunan. *Solar chimney* dapat memberikan banyak manfaat. Sinar matahari langsung menghangatkan udara di dalam cerobong asap yang menyebabkannya naik dari atas dan menarik udara masuk dari bawah. Penarikan udara ini dapat digunakan untuk ventilasi bangunan untuk menarik udara melalui pertukaran panas bumi atau sebagai ventilasi pada area tertentu.

Prinsip Kerja Solar Chimney

Prinsip kerja *solar chimney* yaitu saat radiasi surya mengenai kolektor, nantinya plat absorber akan menyerap radiasi tersebut dan dikonversikan dalam bentuk panas. Panas ini kemudian akan berpindah ke fluida kerja pada absorber. Akibat perbedaan temperature, nantinya akan terjadi aliran udara bertemperatur tinggi ke rendah secara alamiah (Tumpal Ramos Simangunsong, 2018).

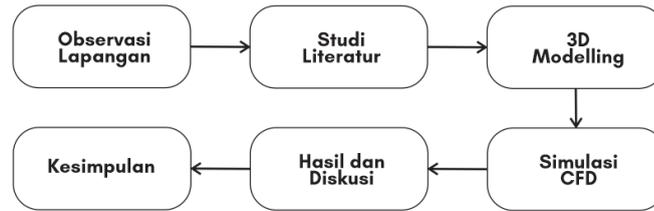
Menurut *Autodesk Sustainability Workshop*, terdapat 2 prinsip dasar dalam mendesain solar chimney.

1. *Stack Ventilation*, yaitu dijelaskan bahwa udara dapat mengalir ke atas karena terdapat perbedaan temperature. Udara yang panas akan mengalir / bergerak keatas karena memiliki kerapatan dan tekanan yang lebih rendah daripada udara yang dingin. Efek ini sering disebut *Stack Effect* atau *Buoyancy Ventilation*.
2. *Bernoulli's Principle*, menyatakan bahwa perbedaan kecepatan dapat membuat udara bergerak ke atas, yang mana sesuai dengan huku Bernoulli yang menyatakan "Semakin cepat udara bergerak, semakin rendah tekanannya".

METODE

1. Metode

Pada observasi lapangan didapatkan data kecepatan angin dan gambar kerja ruang kelas IV/02 lantai 4 dan ruang studio PPAR lantai 3 Gedung Moh. Natsir Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII . Kemudian dari data tersebut dibuat 3d *modelling* menggunakan ARCHICAD dan menguji kecepatan angin menggunakan *software* CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Terakhir, dianalisis dengan membandingkan kinerja *solar chimney* apabila menggunakan ketinggian yang berbeda menggunakan metode komparatif.



Gambar 4 Skema Metode

2. Variabel dan Parameter

Berikut variabel, parameter, dan indikator yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1 Variabel, Parameter, dan Indikator

	Variabel	Parameter	Indikator
Independen	Ketinggian	Ketinggian <i>Solar Chimney</i>	Penyerapan radiasi matahari memerlukan variasi ketinggian untuk mendapatkan kinerja <i>solar chimney</i> yang efektif.
Dependen	Kecepatan Angin	Kecepatan angin yang masuk ke dalam ruang	Kecepatan udara standar 0.25m/s menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Ventilasi Dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan.

3. Hipotesis Konseptual

- H0 : Tidak ada perbedaan antara eksisting dengan solar chimney ketinggian lantai 3
H1 : Ada perbedaan antara eksisting dengan solar chimney ketinggian lantai 3
- H0 : Tidak ada perbedaan antara eksisting dengan solar chimney ketinggian lantai 4
H1 : Ada perbedaan antara eksisting dengan solar chimney ketinggian lantai 4
- H0 : Tidak ada perbedaan antara solar chimney ketinggian lantai 3 dengan solar chimney ketinggian lantai 4
H1 : Ada perbedaan antara solar chimney ketinggian lantai 3 dengan solar

chimney ketinggian lantai 4

4. Hipotesis Operasional

1. H0

Ketinggian *solar chimney* tidak berpengaruh terhadap efektivitas kinerja termal pada ruang kelas IV/02 dan ruang studio PPAR lantai 3.

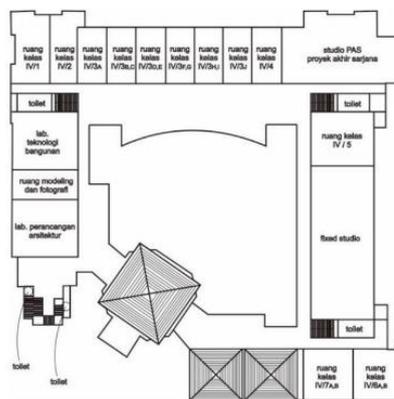
2. H1

Ketinggian *solar chimney* berpengaruh terhadap efektivitas kinerja termal pada ruang kelas IV/02 dan ruang studio PPAR lantai 3.

DATA DAN ANALISIS

1. Bangunan Eksisting

Bangunan FTSP UII terdiri dari empat sisi yang pada sisi utara terdapat sepuluh ruangan. Pada penelitian ini menggunakan sampel ruang kelas IV/2 lantai 4 dan ruang PPAR lantai 3 yang kurang memaksimalkan pada penghawaan alami. Berdasarkan data windrose DI Yogyakarta rata-rata kecepatan angin adalah 11,9 km/h dari arah Selatan. Berikut merupakan 3D Modelling yang akan diujikan.



Gambar 5 Denah FTSP

Bangunan eksisting ruang kelas IV/2 memiliki ukuran 6 x 1,5 m dengan 2 bukaan berukuran 90 x 90 cm di sisi selatan dan utara. Selain itu, di bagian atas ruang ini juga terdapat 4 bukaan yang lebih kecil dengan ukuran 50 x 90 cm di sisi selatan dan utara.

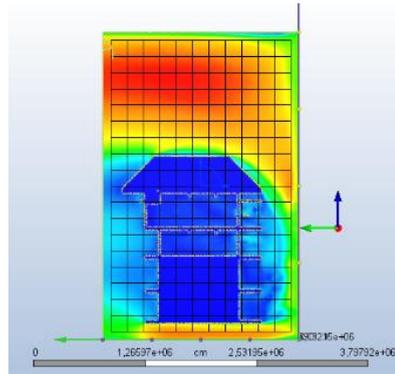


Gambar 6 3D Modelling

2. Uji Simulasi

Berdasarkan data windrose DI Yogyakarta rata-rata kecepatan angin adalah 11,9 km/h dari arah selatan. Hasil pengujian ruang kuliah IV/02 dan ruang studio PPAR menggunakan CFD software yang menunjukkan perilaku angin di luar ruangan. Angin yang masuk ke dalam bangunan cukup rendah, yaitu 0.2353 m/s. Oleh karena itu, penghawaan alami ruangan pada ruang kuliah IV/02 dan ruang studio PPAR belum memenuhi standar SNI 03-6572-2001, yaitu kecepatan udara yang baik adalah 0.25 m/s. Berikut pada gambar 9 merupakan hasil simulasi 3D *modelling* menggunakan

CFD.



Gambar 13 Hasil Simulasi Eksisting

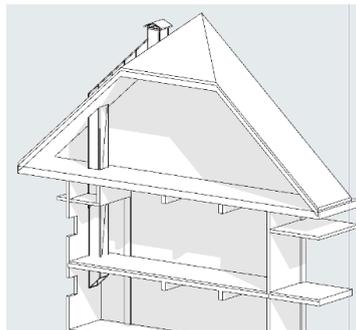
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Model Uji

Dalam penelitian ini akan menggunakan 2 buah model uji untuk dapat mengetahui ketinggian manakah yang paling efektif terhadap kinerja termal ruang.

a. Model A

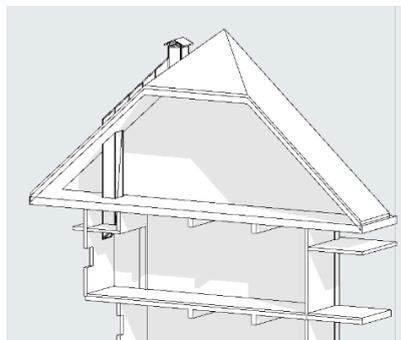
Model ini menggunakan ketinggian solar chimney sampai lantai 3, yaitu di ruang studio PPAR.



Gambar 14 Model Uji A

b. Model B

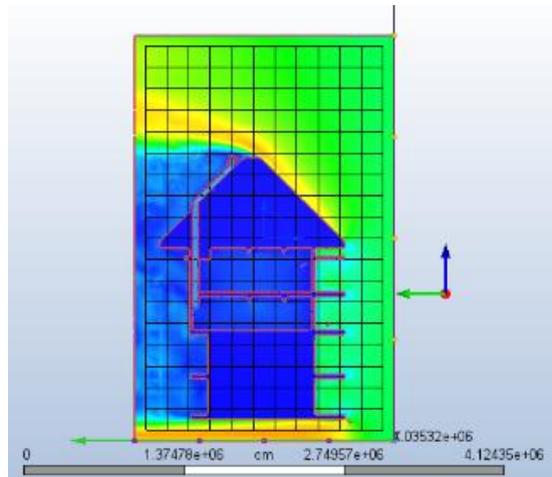
Model ini menggunakan ketinggian solar chimney hanya sampai lantai 4, yaitu di ruang kelas IV/02.



Gambar 15 Model Uji B

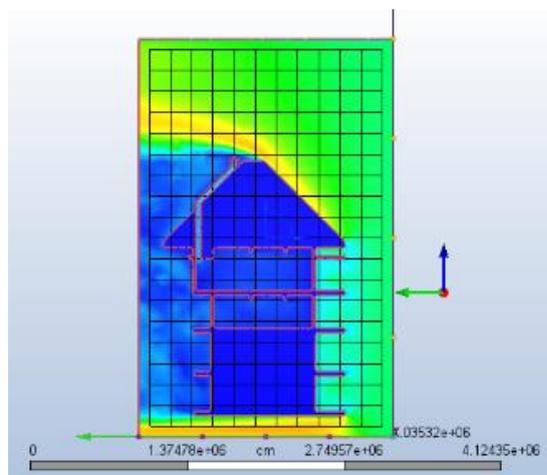
2. Uji Simulasi

Hasil simulasi model uji menggunakan solar chimney dengan ketinggian lantai 3 (ruang studio PPAR) menghasilkan 20 titik ukur.



Gambar 16 Hasil Simulasi Ketinggian Solar Chimney Lantai 3

Hasil simulasi model uji menggunakan solar chimney dengan ketinggian lantai 4 (ruang kelas IV/02) menghasilkan 20 titik ukur.



Gambar 17 Hasil Simulasi Ketinggian Solar Chimney Lantai 3

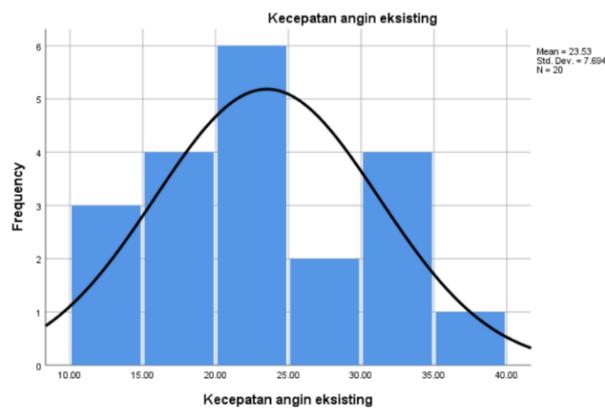
Dari hasil simulasi CFD dengan 20 titik ukur, disajikan dalam tabel di bawah ini (tabel 2). Hasilnya, ditemukan pada ketinggian lantai 3 yaitu mean sebesar 33.089 cm/s, median sebesar 33.238 cm/s, dan modus sebesar 22.268 cm/s. Sedangkan pada ketinggian lantai 4 yaitu mean sebesar 32.024 cm/s, median sebesar 32.265 cm/s, dan modus sebesar 36.765 cm/s.

Tabel 2 Hasil Simulasi CFD Software

DATA EKSISTING DAN SAMPEL SOLAR CHIMNEY				
	N	Eksisting (cm/s)	Ketinggian	
			Lantai 3	Lantai 4
Lantai 4	1	15.777	30.757	22.934
	2	21.572	34.100	32.953
	3	19.863	44.913	48.488
	4	30.069	34.321	36.765
	5	34.896	27.856	29.550
	6	23.447	20.051	21.042
	7	22.717	35.882	37.220
	8	24.237	39.397	38.083
	9	28.411	35.598	36.765
	10	28.470	21.009	22.071
Lantai 3	11	21.572	38.894	36.695
	12	31.921	53.269	51.405
	13	34.116	37.210	38.364
	14	12.572	22.268	20.884
	15	13.778	33.579	31.577
	16	14.105	32.896	26.125
	17	20.432	36.406	23.705
	18	38.857	27.755	21.804
	19	15.653	22.268	20.458
	20	18.125	26.347	24.125
Mean		24.267	33.089	32.024
Median		23.082	33.238	32.265
Modus		21.572	22.268	36.765

3. Hasil Analisis Data

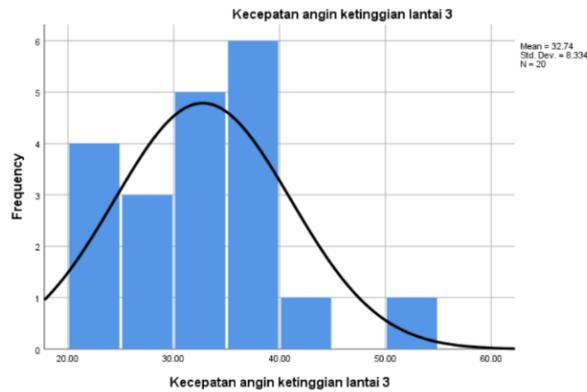
Hasil analisis data kecepatan angin eksisting menggunakan software SPSS menghasilkan grafik histogram di bawah ini (gambar 16). Dari hasil pengujian, kecepatan angin eksisting rata-rata sebesar 23.53 cm/s atau setara dengan 0.2353 m/s. Hal ini berarti bahwa kecepatan angin dalam ruang belum memenuhi standar yaitu sebesar 0.25 m/s atau 25 cm/s.



Gambar 18 Histogram Kecepatan Angin Eksisting

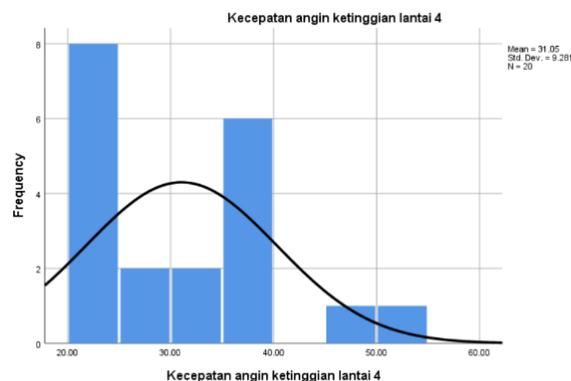
Dari hasil pengujian, kecepatan angin rata-rata yang masuk ke dalam ruang dengan model uji ketinggian lantai 3 yaitu sebesar 32.74 cm/s atau setara dengan 0.3274 m/s. Hal ini berarti bahwa terdapat perubahan kecepatan angin dalam ruang apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting sebelumnya yang bernilai 23.53 cm/s atau

setara dengan 0.2353 m/s.



Gambar 19 Histogram Kecepatan Angin Model Uji Ketinggian Lantai 3

Dari hasil pengujian, kecepatan angin rata-rata yang masuk ke dalam ruang dengan model uji ketinggian lantai 4 yaitu sebesar 31.05 cm/s atau setara dengan 0.3105 m/s. Hal ini berarti bahwa terdapat perubahan kecepatan angin dalam ruang apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting sebelumnya yang bernilai 23.53 cm/s atau setara dengan 0.2353 m/s. Namun kecepatan angin rata-rata dengan model uji ketinggian lantai 4 ini sedikit lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan angin rata-rata pada model uji ketinggian lantai 3.



Gambar 20 Histogram Kecepatan Angin Model Uji Ketinggian Lantai 4

4. Hasil Uji Hipotesis

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ketinggian solar chimney mempengaruhi kinerja termal pada bangunan dan untuk mengetahui ketinggian *solar chimney* yang paling efektif terhadap kinerja termal pada bangunan. Terdapat hipotesis awal yaitu pengaruh perbedaan ketinggian *solar chimney* terhadap kinerja termal bangunan khususnya penghawaan alami.

Dalam proses pengambilan keputusan menggunakan software yang memiliki signifikansi 0,05 (5%) dan tingkat kepercayaan 95%. Terdapat 2 jenis hipotesis yang diuji, yaitu hipotesis operasional dan konseptual. Hipotesis konseptual terdapat 3 jenis yang nantinya akan membandingkan tiap model. 3 perbandingan model adalah sebagai berikut :

- Eksisting >< Model Uji Ketinggian Lantai 3
- Eksisting >< Model Uji Ketinggian Lantai 4

c. Model Uji Ketinggian Lantai 3 >< Model Uji Ketinggian Lantai 4

Pada tabel di bawah (tabel 4), *pair 1* dan *pair 2* signifikan dengan nilai 0.001 dan 0.004 yang berarti tolak H_0 dan terima H_1 , sehingga terdapat perbedaan diantara keduanya, yaitu kecepatan angin eksisting dengan kecepatan angin pada *solar chimney* ketinggian lantai 3 dan kecepatan angin eksisting dengan kecepatan angin pada *solar chimney* ketinggian lantai 4. Sebaliknya, *pair 3* nilai signifikan 0.073 berarti terima H_0 atau tidak terdapat perbedaan di antara kecepatan angin pada *solar chimney* ketinggian lantai 3 dan kecepatan angin pada *solar chimney* ketinggian lantai 4.

Tabel 3 Hasil Perbandingan Sampel

		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	Kecepatan angin eksisting - Kecepatan angin ketinggian lantai 3	-9.20930	10.25107	2.29221	-14.00695	-4.41165	-4.018	19	.001
Pair 2	Kecepatan angin eksisting - Kecepatan angin ketinggian lantai 4	-7.52115	10.20353	2.28158	-12.29655	-2.74575	-3.296	19	.004
Pair 3	Kecepatan angin ketinggian lantai 3 - Kecepatan angin ketinggian lantai 4	1.68815	3.97681	.88924	-.17305	3.54935	1.898	19	.073

Dari hasil analisis data di atas (tabel 4), nilai signifikan *pair 1* (kecepatan angin eksisting dengan kecepatan angin ketinggian lantai 3) dan *pair 2* (kecepatan angin eksisting dengan kecepatan angin ketinggian lantai 3) berarti bahwa terdapat perbedaan kecepatan angin pada model uji *solar chimney* ketinggian lantai 3 dengan ketinggian lantai 4. Sehingga hipotesis awal yang menyebutkan bahwa perbedaan ketinggian atap *solar chimney* berpengaruh pada kinerja termal khususnya penghawaan alami pada bangunan terbukti benar.

Selain itu, dari hasil perbandingan rata-rata kecepatan angin pada model uji *solar chimney* ketinggian lantai 3 dan 4 tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan pada kinerja termal bangunan. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang ditulis oleh Sugini & Mufida (2019) yang berjudul “*Significance of the Position and High at Solar Chimney Performance on Dense Low-cost House in Warm Humid Climate*” yang menjelaskan bahwa perbedaan ketinggian *solar chimney* tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan terhadap kinerja termal bangunan.

KESIMPULAN

Penggunaan *solar chimney* merupakan sebuah usaha untuk memaksimalkan penghawaan alami pada bangunan. Hasil simulasi menggunakan *solar chimney* dengan ketinggian lantai 3 dan lantai 4 memberikan pengaruh kinerja termal pada bangunan. Perubahan kecepatan angin dari eksisting dengan *solar chimney* ketinggian lantai 3 mampu menambah kecepatan rata-rata angin dari 0.2353 m/s menjadi 0.3274 m/s. Sedangkan dengan *solar chimney* ketinggian lantai 4 kecepatan rata-rata anginnya sebesar 0.3105 m/s. Hal ini berarti bahwa pada model uji lantai 3 mampu menambah kecepatan angin sebesar 0.0923 m/s dan model uji lantai 4 mampu menambah kecepatan angin sebesar 0.0753 m/s.

Dari perbedaan kecepatan angin pada dua model uji, dapat disimpulkan bahwa ketinggian *solar chimney* memang mempengaruhi kinerja termal pada bangunan. Selain itu, ketinggian *solar chimney* yang paling efektif terhadap kinerja termal yaitu pada ketinggian lantai 3. Namun, meskipun ketinggian *solar chimney* berpengaruh terhadap kinerja termal, perbedaannya tidak terlalu signifikan.

Dari hasil perbandingan ketinggian *solar chimney* tersebut dapat memberikan alternatif dalam memilih ketinggian yang tepat untuk efektivitas kinerja termal bangunan, sehingga nantinya dapat memberikan kenyamanan pada pengguna bangunan dan mampu menjadi alternatif penghawaan pada ruang.

DAFTAR PUSTAKA

Penulisan dibantu dengan referensi artikel jurnal dan website yang sesuai dengan topik penelitian.

Artikel Jurnal

- Simangunsong, Tumpal Ramos. (2018). Studi Eksperimental Performansi Cerobong Matahari (Solar Chimney) Untuk Pendinginan Pasif Pada Ruang Uji. Universitas Sumatera Utara.
- Sutanto, Bayu. Fitriana, Sofi. Rivai, Tsaniya Silmi. *Smart Building With Solar Chimney: Konsep Desain Bangunan dengan Atap Solar Chimney sebagai Hunian Mandiri Energi*. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Sari, Lestari Indria. (2016). Rancang bangun solar chimney sebagai alat pengkonversi energi surya menjadi energi mekanik dengan kolektor bersip. Undergraduate thesis, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- A.B. Kasaeian, Sh. Molana, K. Rahmani, D. Wen. (2016) *A Review on Solar Chimney Systems*. University of Leeds: United Kingdom.
- Febrita, Yuswinda. (2011). Ventilasi *Solar Chimney* Sebagai Alternatif Desain Passive Cooling Di Iklim Tropis Lembab. Universitas Lambung Mangkurat.
- Amin S, M. Nur. (2016). Analisis Penggunaan Wind Tower dan Solar Chimney Sebagai Solusi Penghawaan Alami di Daerah Istimewa Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sugini. Dr. (2012). *Thermal Comfort: Concept and Application to Design (Kenyamanan Termal Ruang: Konsep dan Penerapan pada Desain)*. Graha Ilmu.
- Sugini, Mufida, E., & Risdiyano. (2021). *Potential of Sloped Solar Chimney for the Architectural Development of Sustainable Applied Technology Models for Passive Air Ventilation*. Journal of Design and Built Environment, 21(1), 13– 20. <https://doi.org/10.22452/jdbe.vol21no1.2>
- Sugini, & Mufida, E. (2019). *Significance of the position and height at performance vertical solar chimney on dense low-cost house in warm humid climate urban*. Journal of Design and Built Environment, 19(3), 24–30.

Website

Solar Chimney. https://en.m.wikipedia.org/wiki/Solar_chimney. Diakses pada 14 Maret 2022.