

OPTIMASI EAHE SEBAGAI UPAYA PENDINGIN RUANG SIANG HARI DI SURABAYA

by Teknik Arsitektur

Submission date: 17-Jan-2025 02:40PM (UTC+0700)

Submission ID: 2565822506

File name: 12533-Article_Text-50198-1-2-20241216_1.doc (1.24M)

Word count: 2742

Character count: 16772

OPTIMASI EAHE SEBAGAI UPAYA PENDINGIN RUANG SIANG HARI DI SURABAYA

Anik Juniwati

Dosen Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra
Surabaya

e-mail: ajs@petra.ac.id

Danny Santoso Mintorogo

Dosen Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra
Surabaya

e-mail: dannysm@petra.ac.id

Ekadewi Angraini Handoyo

Dosen Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Universitas Kristen Petra Surabaya

e-mail: ekadewi@petra.ac.id

ABSTRAK

Tinggal dan beraktifitas dalam lingkungan bersuhu tinggi di iklim tropis lembab meningkatkan risiko dehidrasi, menurunkan konsentrasi, kelelahan, menimbulkan masalah kesehatan dan menurunkan produktivitas. Upaya pendinginan pasif dengan ventilasi alami sering kali tidak efektif karena suhu tinggi, kelembaban, radiasi matahari, serta kecepatan angin yang tidak mendukung. Sedang meningkatkan kecepatan angin akan mengganggu aktifitas. Salah satu solusi untuk pendinginan adalah dengan memindahkan panas udara ke tanah, atau dikenal sebagai Earth-to-Air Heat Exchanger (EAHE). Penelitian ini merupakan eksperimental studi lanjutan untuk mendapatkan optimasi model EAHE di siang hari di Surabaya. Hasilnya menunjukkan bahwa EAHE efektif menurunkan suhu ruang hingga 2°C. Angka ini cukup signifikan untuk dipakai sebagai pendinginan ruang. Kajian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan kebutuhan udara dingin yang proporsional dengan volume ruang.

Kata kunci: Kenyamanan Termal, Ventilasi, Pendinginan Udara, EAHE

ABSTRACT

People living and working in high-temperature environments are prone to dehydration, reduced concentration, and fatigue, leading to health issues and decreased productivity. Passive cooling through natural ventilation is often ineffective in humid tropical cities due to high temperatures, humidity, and low wind speeds, while high wind speeds can disrupt activities. Earth-to-Air Heat Exchanger

(EAHE) systems provide a cooling solution by transferring air heat to the ground. This experimental study on ventilation using EAHE is an optimization EAHE model on daytime in Surabaya. The result showed that EAHE reduced room temperatures by up to 2°C during the day. This confirms EAHE's potential for cooling applications. Further research is needed to optimize the required air volume for effective space cooling.

Keywords: Thermal comfort, ventilation, air-cooling, EAHE

1. PENDAHULUAN

Panas dan lembab adalah gambaran umum kondisi termal di wilayah katulistiwa. Fenomena pulau panas perkotaan dan isu pemanasan global menjadikan masalah panas semakin berat. Masyarakat yang tinggal dan beraktifitas di kota-kota di wilayah katulistiwa akan melakukan berbagai upaya untuk bisa mendapatkan kondisi termal lebih nyaman dengan menurunkan suhu udara agar hidup lebih sehat dan produktif. Bagi kelompok masyarakat yang mampu membeli mesin AC (*air conditioning*) dan mampu membayar kebutuhan listriknya, maka kebutuhan kenyamanan termalnya bisa terpenuhi. Sementara sebagian besar masyarakat yang lain menggunakan kipas angin agar udara dapat mengalir sehingga dia dapat membuang panas tubuhnya dengan berkeringat. Namun bila suhu udara di luar jendela tinggi, maka kipas angin hanya memutar udara yang panas itu di dalam bangunan, dan menyulitkan penghuni membuang kelebihan panas tubuhnya. Untuk itu sebaiknya udara panas dari luar dapat didinginkan dahulu sebelum masuk ke dalam ruang. Bila ruang luar di depan jendela masih luas, maka salah satu cara mendinginkan udara adalah dengan melewati udara di bawah rindangnya pepohonan atau serambi yang lebar. Namun di daerah yang sangat padat dengan jarak antar bangunan yang sangat rapat, tidak ada ruang untuk mendinginkan udara sebelum masuk ke rumah. Sebaliknya udara justru semakin panas akibat reradiasi dan penyerapan panas material bangunan yang padat dan berkapasitas termal besar.

Surabaya adalah salah satu kota di katulistiwa yang padat penduduk. Oleh karena itu Surabaya merupakan kota dengan rata-rata suhu yang tinggi. Kondisi ini tentu menyebabkan masalah termal kelebihan panas bagi masyarakat Surabaya. Bagi Masyarakat yang mampu secara ekonomi, mungkin masalah termal ini mudah diatasi. Namun bagi Masyarakat yang kurang mampu secara ekonomi, kondisi panas berlebih di dalam ruang aktifitas akan sulit diatasi.

Salah satu peluang untuk mendinginkan udara adalah tanah. Pertukaran panas antara tanah dengan udara atau *Earth to Air Heat Exchange* (EAHE) adalah suatu sistem pertukaran kalor udara ke tanah.

Dalam hal ini tanah mempunyai suhu yang relative stabil, sehingga tanah akan bertindak sebagai sumber kalor atau tempat buang kalor. Udara dimasukan ke dalam pipa-pipa yang tertanam dalam tanah dengan kedalaman tertentu untuk dipakai sebagai ventilasi ruang yang dipakai untuk beraktifitas. Apabila udara dalam pipa lebih dingin maka tanah akan memberikan kalor pada udara, sehingga udara yang keluar dari pipa akan menjadi lebih hangat. Sebaliknya bila udara yang dimasukan kedalam pipa adalah udara panas maka kalor akan terbuang ke tanah yang lebih dingin, sehingga udara yang keluar dari pipa akan lebih dingin. Oleh sebab itu, dalam kasus udara siang hari yang panas, maka sistem EAHE ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk mendapatkan udara yang lebih dingin masuk ke dalam ruang aktifitas manusia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

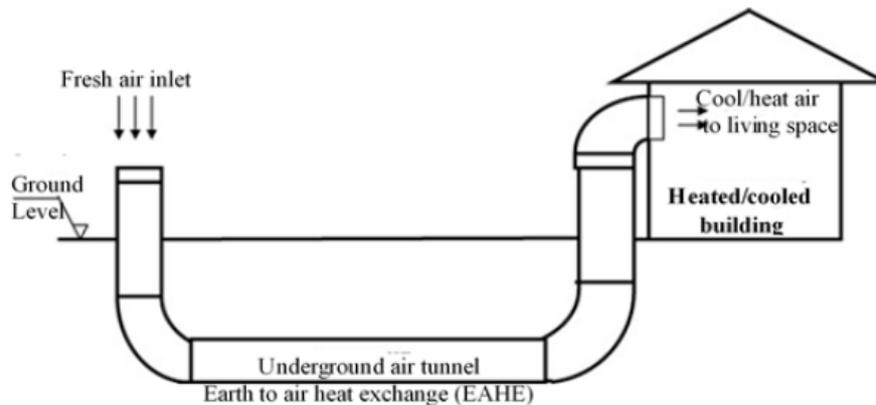
Peningkatan suhu lingkungan menyebabkan dampak serius pada konsumsi energi pendinginan, permintaan listrik, penyakit bahkan kematian terkait panas, kualitas lingkungan perkotaan, kerentanan dan kenyamanan (Santamouris, 2020). Oleh karena itu banyak pihak akan berupaya mengatasi dampak pulau panas perkotaan yang menyebabkan peningkatan suhu lingkungan. Upaya-upaya yang dilakukan adalah menciptakan ruang terbuka hijau, pemakaian warna putih dan terang pada gedung, atap hijau dan sebagainya (Maru, 2015). Di dalam skala ruang, pengguna ruang juga akan berupaya untuk mendapatkan kenyamanan termal. Sebuah artikel yang berjudul Analisis Kenyamanan Suhu Ruang, yang merupakan penulisan hasil penelitian kenyamanan penghuni di ruang yang dipakai untuk beraktifitas dalam rumah-rumah di Kabupaten Jepara. Hasilnya mengungkapkan bahwa sebagian besar responden tinggal di rumah yang tidak menggunakan pendingin ruang hanya memakai ventilasi alami. Upaya lain yang dilakukan oleh sebagian responden adalah menanam tumbuhan, dan hasilnya menunjukan bahwa rumah yang banyak penghijauannya memiliki suhu lebih rendah. Sementara upaya individu untuk mendapat kenyamanan termal adalah memakai pakaian yang berlempang pendek dan celana pendek, namun tidak disebutkan material pakaiannya (Rohman dkk., 2021). Selain itu Rohman dkk juga menyebutkan bahwa suhu yang dianggap nyaman oleh respondennya adalah dibawah 30°C sedang waktu yang nyaman untuk beraktifitas dalam ruang adalah antara jam 06.00-09.00. Penelitian tentang kinerja termal rumah deret di permukiman padat penduduk, yaitu di Kampung Warna-warni Jodipan dan Kampung Muria di Kota Malang (Harjanto dkk., 2019), menyimpulkan bahwa rumah dengan luas kurang dari 30 m² akan menyebabkan temperatur dan kelembaban tinggi, sementara rumah yang lebih besar, dengan luas 30-45 m² dan lebih dari 60 masih memungkinkan untuk nyaman karena masih ada ruang longgar untuk pergerakan udara.

Beberapa penelitian tentang upaya pendinginan ruang di tropis lembab yang dipublikasikan lebih banyak mengulas tentang penggunaan ventilasi alami. Namun (Santoso, 2012) menyatakan kondisi di tropis lembab, dimana suhu udara tinggi, kelembaban relative tinggi dan radiasi yang tinggi juga sementara kecepatan angin rendah sangat sulit memenuhi standard kenyamanan termal menurut ASHRAE 55. Untuk mendapatkan kenyamanan perlu tindakan adaptive dari penghuni ruang, seperti mengatur sirkulasi udara secara mekanik.

Surabaya, sebagai kota di daerah tropis lembab, juga mengalami kenaikan suhu seperti yang disampaikan sebagai hasil penelitian tentang kenaikan suhu permukaan wilayah Surabaya Timur (Jatayu & Susetyo, 2018). Untuk ruang-ruang di bangunan yang padat dan kurang vegetasi, suhu akan semakin tinggi mengingat permukaan yang ada justru menyerap dan mereradiasikan panas. Dengan Sekedar ventilasi alami atau pemakaian kipas angin tidak efektif mendapatkan lingkungan termal yang lebih baik. Hasil eksperimen studi model ventilasi menggunakan EAHE di Surabaya membuktikan bahwa model ruang yang dikondisikan dengan EAHE mempunyai suhu yang lebih stabil dibandingkan ruang yang tidak menggunakan EAHE (Juniwati dkk., 2021). Pada siang hari lebih dingin dan pada malam hari lebih hangat. Mengingat bahwa kebutuhan termal di tropis lembab lebih kepada pendinginan di siang hari, maka dilakupan penelitian lanjutan optimasi EAHE dengan mengaktifkannya hanya pada siang hari. Dari hasil eksperimen EAHE di Surabaya ini, ditengarai bahwa ada peluang penerapan sistem ventilasi menggunakan EAHE sebagai pendingin ruang, terutama untuk ruang-ruang yang padat berderet, yang sulit mendapatkan aliran udara secara alami.

2.1. EAHE (*Earth-to-Air Heat Exchange*)

EAHE (*Earth-to-Air Heat Exchange*) adalah sistem ventilasi yang menggunakan udara lewat pipa yang tertanam dalam tanah, dimana akan terjadi pertukaran kalor antara udara dalam pipa dengan tanah. Secara umum EAHE dapat digambarkan seperti yang terlihat pada gambar 1 dibawah ini.



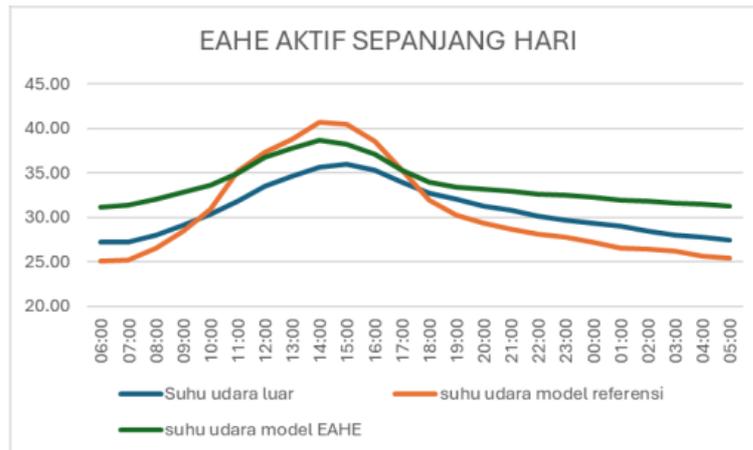
Gambar 1. Earth cooling ventilation.
Sumber: (Ozgener, 2011)

Kinerja EAHE dipengaruhi oleh tiga factor, yaitu: material pipa, fan yang dipakai untuk sirkulasi, karakter dan kelembaban tanah (Ozgener, 2011). Beberapa penelitian mengenai EAHE menunjukkan bahwa benar terjadi penurunan suhu yang cukup signifikan. Penelitian penggunaan EAHE di Chennai, India yang beriklim panas kering menunjukkan bahwa dengan pipa 10mm panjang 21m, pada musim panas bisa menurunkan suhu hingga 5-6°C (Tiwari dkk., 2014). Sementara evaluasi EAHE dengan simulasi CFD, mendapatkan bahwa dengan diameter pipa yang sama 10mm namun panjang 60m, bisa menurunkan suhu hingga 17,7°C, bahkan bila pada pipa dipasang 293 sirip dapat menurunkan suhu hingga 20,5°C (Aashish Sharma, 2015).

2.2. Eksperimental studi EAHE di Surabaya

Hasil eksperimen studi ventilasi menggunakan model EAHE di Surabaya, telah dilakukan oleh Juniwati, 2021. Eksperimen membandingkan dua model ruang ventilasi dimana model ruang pertama sebagai referensi tidak menggunakan EAHE dan ruang yang lain menggunakan ventilasi dengan EAHE. Pola suhu udara rata-rata 24 jam dari hasil eksperimen adalah seperti terlihat pada grafik Gambar 2. Tiga suhu udara yang dibandingkan yang pertama adalah suhu udara ruang luar, kedua adalah suhu udara ruang model referensi tanpa EAHE, dan yang ketiga adalah suhu udara ruang model EAHE. Pola suhu udara ruang model EAHE identik dengan pola suhu udara luar, dimana suhu ruang model EAHE rata-rata 3-4°C lebih tinggi dari suhu udara luar. Sementara pola suhu udara ruang model referensi terlihat fluktuasi nya menyimpang dari udara luar, pada malam hari mulai jam 18.00 menjadi lebih dingin dari udara luar sampai

dengan jam 9.00 pagi. Sedang pada jam 10.00-17.00 suhu udara model referensi akan lebih panas dari suhu udara luar. Perbandingan pola suhu udara ruang model EAHE dengan model referensi, pada siang hari antara jam 11.00 hingga jam 17.00, suhu udara model ruang dengan EAHE lebih dingin hingga 2.1°C dibanding dengan model ruang referensi. Setelah jam 17.00 suhu model ruang EAHE menjadi lebih hangat dari pada model ruang tanpa EAHE, bahkan pada pagi hari antara 06.00 suhu model ruang EAHE lebih panas 7°C.

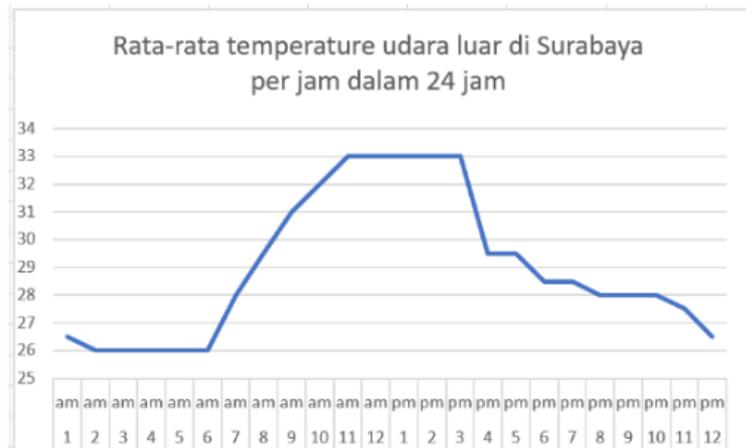


Gambar 2. Grafik pola suhu udara 24 jam hasil eksperimen EAHE yang diaktifkan sepanjang hari.
Sumber: Juniwati, 2021

Berdasarkan pola suhu udara di atas, terlihat bahwa ruang yang diberi udara ventilasi dari pipa EAHE menjadi lebih stabil, lebih hangat di malam hingga pagi hari namun akan lebih dingin di siang hari, disbanding dengan ruang yang tidak diberi EAHE.

2.3. Pola Suhu Udara Harian di Surabaya

Data suhu udara di Surabaya per jam, selama 24 jam pada Bulan Oktober, diambil dari data accuweather.com adalah seperti yang terlihat pada grafik Gambar 1. Grafik tersebut menunjukkan bahwa temperatur mulai naik sejak jam 06.00 (6 am). Pada jam 11.00 – 14.00 (11am - 2pm) temperature mencapai puncak dan setelah itu temperature kembali turun.



Gambar 3. Grafik Temperature udara luar di Surabaya per jam dalam 24 Jam di Bulan Oktober

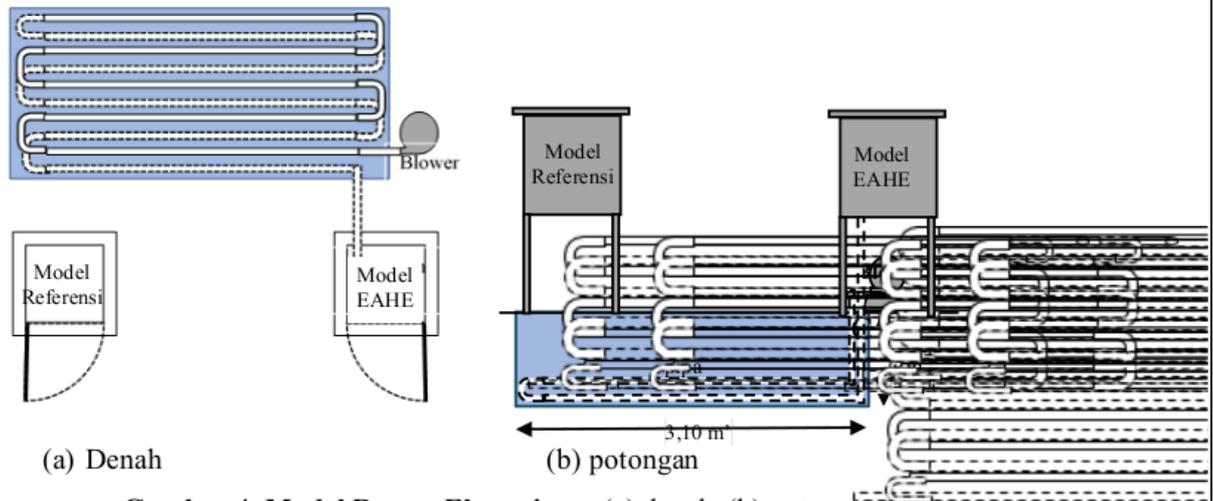
Sumber: Juniwati, diolah dari data accuweather.com

Dari pola suhu harian Surabaya tersebut, dikonfirmasi bahwa jam puncak panas yang terjadi adalah pada jam 11.00 – 14.00. Maka dengan mempertimbangkan pola suhu udara harian dengan pola suhu udara dalam ruang model yang diberi ventilasi dari pipa EAHE, disimpulkan untuk kondisi Surabaya EAHE lebih dibutuhkan pada siang hari untuk menurunkan suhu ruang.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan model eksperimen EAHE, yang telah dipakai dalam penelitian sebelumnya (Juniwati, A. et al, 2021). Digunakan 2 model ruang eksperimen. Model ruang pertama disebut model referensi yaitu model tanpa suplai udara EAHE. Model ruang kedua disebut model EAHE, yaitu model yang menerima suplai udara dari EAHE. Gambar model ruang eksperimen adalah seperti terlihat pada Gambar 2.

Pada model ruang eksperimen, udara segar ditiup oleh blower kedalam pipa. Blower berkapasitas 3600 rpm, dengan pipa outlet 2,5 inchi. Material pipa yang digunakan adalah pipa baja hitam dengan diameter 2 inchi dan total panjang pipa adalah 36m. Model ruang berupa ruang kubus 1,00 m x 1,00 m yang diangkat setinggi 1,00 m dari tanah agar pengaruh termal dari permukaan tanah tidak signifikan. Lokasi eksperimen di halaman timur kampus timur Universitas Kristen Petra dengan lingkungan sekitar berupa tanah dan Semak.



Gambar 4. Model Ruang Eksperimen (a) denah, (b) potongan

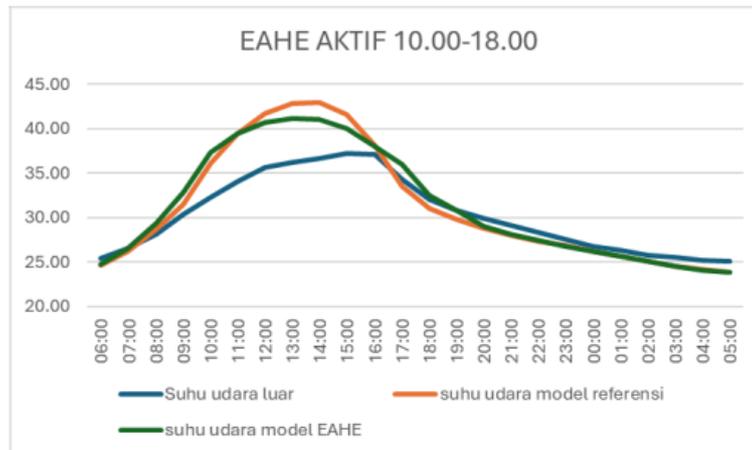
Eksperimen kali ini merupakan optimasi dari eksperimen sebelumnya yang sudah dijelaskan pada tinjauan pustaka di atas. Optimasi dilakukan dengan menerapkan sistem on-off dimana EAHE hanya diaktifkan pada siang hari. Dilakukan dua eksperimen dengan varian waktu, yang pertama EAHE diaktifkan pada pukul 10.00 dimatikan pada pukul 18.00, Yang kedua diaktifkan pada waktu yang sama, pukul 10.00 namun dimatikan lebih cepat yaitu pada pukul 15.00. Eksperimen dilakukan pada bulan oktober dan diukur dengan menggunakan HOBO data logger.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen studi atas sistem ventilasi yang menggunakan EAHE di Surabaya dengan mengaktifkan sistem EAHE hanya pada siang hari memperlihatkan bahwa EAHE dapat menurunkan suhu ruang. Pada eksperimen yang pertama dimana EAHE diaktifkan pada pukul 10.00 dan dimatikan pada pukul 18.00 hasilnya adalah seperti terlihat pada Gambar 5.

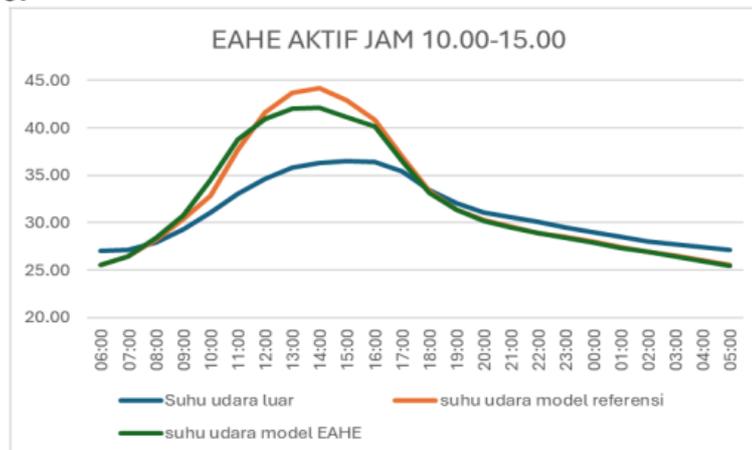
Pola suhu udara ruang model EAHE mulai jam 06.00 - 11.00 mendekati pola suhu ruang model referensi. Pada jam 10.00 sistem EAHE mulai diaktifkan. Terlihat pada grafik, pada jam 11.00 suhu udara model EAHE perlahan menjadi lebih rendah dari suhu udara model referensi. Selisih terbesar terjadi pada pukul 14.00 sebesar 1,90K lebih rendah dari suhu udara model referensi. Kemudian selisih tersebut berkurang dan pada jam 16.00 menjadi sama dengan suhu udara model referensi dan cenderung menjadi lebih tinggi sedikit hingga pukul 20.00. Setelah itu pola suhu kedua

ruang menjadi identik karena sama-sama tidak ada udara ventilasi dari EAHE.



Gambar 5. Grafik pola suhu udara 24 jam hasil eksperimen EAHE yang diaktifkan 10.00 – 18.00

Dari hasil eksperimen pertama, dilihat bahwa setelah jam 15.00, pemberian udara ventilasi dengan sistem EAHE tidak efektif, karena malah mendapatkan suhu udara yang lebih tidak dari model yang tidak diberi EAHE. Oleh karena ini pada eksperimen kedua EAHE diaktifkan pada pukul 10.00 dan dimatikan pada pukul 15.00. Hasilnya adalah seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pola suhu udara 24 jam hasil eksperimen EAHE yang diaktifkan 10.00 – 15.00

Pola suhu udara ruang model EAHE pada pahi hari sama dengan eksperimen sebelumnya. Titik perubahan suhu udara ruang model EAHE juga sama dengan eksperimen sebelumnya, yaitu pada jam 11.00 suhu udara model EAHE perlahan menjadi lebih rendah dari suhu udara model

referensi. Waktu untuk mencapai selisih terbesar juga sama, terjadi pada pukul 14.00 sebesar 2,06K dimana suhu udara model EAHE lebih rendah dari suhu udara model referensi. Perbedaan dengan model berikutnya adalah setelah selisih suhu udara berkurang, pada jam 16.00 pola suhu udara model EAHE menjadi sama dengan suhu udara model referensi serta identik hingga di pagi hari pada kedua ruang semua tidak ada udara ventilasi dari EAHE.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari eksperimen studi ventilasi ruang menggunakan EAHE yang diaktifkan hanya pada siang hari adalah efektif bila diaktifkan pada jam 10.00 dan dimatikan pada jam 15.00. Suhu udara model dengan EAHE bisa mencapai 2K lebih dingin dibanding dengan model tanpa EAHE. Eksperimen ini memberi harapan bahwa penerapan EAHE pada siang hari di Surabaya bisa membantu mendapatkan udara lebih dingin untuk ruang yang dipakai beraktifitas, sehingga lingkungan termal ruang menjadi lebih baik. Untuk penelitian selanjutnya bisa diujikan penerapan ventilasi menggunakan EAHE pada ruang kecil sederhana dengan skala 1:1, dengan volume sekitar 30m³ saja, bisa dibantu dengan membuat perhitungan perkiraan kebutuhan volume udara dingin yang dihasilkan EAHE dibanding dengan volume ruang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aashish Sharma, A. T. (2015). *CFD Analysis of Earth-Air Heat Exchanger to Evaluate the Effect of Parameters on Its Performance*. 1, 14–19.
https://www.researchgate.net/publication/311302201_CFD_Analysis_of_Earth-Air_Heat_Exchanger_to_Evaluate_the_Effect_of_Parameters_on_Its_Performance
- Harjanto, S. T., Pramitasari, P. H., & Utomo, B. J. W. (2019). Karakteristik Konsumsi Energi Bangunan Pada Permukiman Padat Penduduk di Kota Malang. *PAWON: Jurnal Arsitektur*, 3(01), 87–98.
- Jatayu, A., & Susetyo, C. (2018). Analisis Perubahan Temperatur Permukaan Wilayah Surabaya Timur Tahun 2001-2016 Menggunakan Citra LANDSAT. *Jurnal Teknik ITS*, 6.
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24504>
- Juniwati, A., Mintoogo, D. S., Abednego, A. E., Kurnia, S., & Handoyo, E. A. (2021). Experimental study on ventilation using earth-to-air heat exchanger in Surabaya. *IOP Conference*

- Series: Earth and Environmental Science*, 907(1), 012015.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/907/1/012015>
- Maru, R. (2015). The Relationship between Temperature Patterns and Urban Morfometri in the Jakarta City, Indonesia. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 9.
<https://doi.org/10.5572/ajae.2015.9.2.128>
- Ozgener, L. (2011). A review on the experimental and analytical analysis of earth to air heat exchanger (EAHE) systems in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4483–4490. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.103>
- Rohman, A., Nurbaiti, U., & Fianti, F. (2021). ANALISIS KENYAMANAN SUHU RUANG. *EnviroScienteeae*, 17, 1.
<https://doi.org/10.20527/es.v17i1.11346>
- Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy and Buildings*, 207, 109482.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482>
- Santoso, E. I. (2012). KENYAMANAN TERMAL INDOOR PADA BANGUNAN DI DAERAH BERIKLIM TROPIS LEMBAB. 1(1).
- Tiwari, G., Vikram, S., Joshi, P., d, S., Deo, A., d, P., & Agam, G. (2014). Design of an Earth Air Heat Exchanger (EAHE) for Climatic Condition of Chennai, India. *Open Environmental Sciences*, 8, 24–34.
<https://doi.org/10.2174/1876325101408010024>

OPTIMASI EAHE SEBAGAI UPAYA PENDINGIN RUANG SIANG HARI DI SURABAYA

ORIGINALITY REPORT

7%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Pendidikan Indonesia Student Paper	3%
2	repository.petra.ac.id Internet Source	1%
3	A Juniwati, D S Mintorogo, A E Abednego, S Kurnia, E A Handoyo. "Experimental study on ventilation using earth-to-air heat exchanger in Surabaya", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021 Publication	1%
4	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1%
5	repo.iain-tulungagung.ac.id Internet Source	<1%
6	alfarizi205.wordpress.com Internet Source	<1%
7	123dok.com Internet Source	<1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 10 words

Exclude bibliography On