

Strategi Green Kinetic Façade untuk Efisiensi Energi dan Kenyamanan Termal pada Bangunan Publik di Kota Penyangga IKN

Andi Sahputra Depari^{1*}, Tiara Rukmaya Dewi¹, Achmad Fatur Rahman¹, Della Candra Puspita¹, Dion Muwafiq Alghiffary¹

¹ Program Studi Arsitektur, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Kalimantan, Kota Balikpapan, Indonesia

*e-mail: [correspondent andi.sahputra@lecturer.itk.ac.id](mailto:correspondent.andi.sahputra@lecturer.itk.ac.id)

(Received: 21 September 2024; Reviewed: 26 September 2024; Accepted: 26 Oktober 2024)

Abstract

Green Kinetic Facade Strategy for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Public Buildings in the Buffer Cities of the New Capital City (IKN). The buffer cities of the New Capital City (IKN) face challenges related to climate change, air pollution, and population migration. It is projected that the population and public buildings in Balikpapan will increase, potentially exacerbating environmental conditions. For instance, buildings at the Kalimantan Institute of Technology, which serves as a hub for academic activities, show a reliance on air conditioning systems. The continuous use of such systems will lead to higher greenhouse gas emissions, as they generally depend on air conditioners. According to data from the Green Building Council Indonesia (GBCI), the building sector accounts for 35% of energy consumption, 12% of global water consumption, 25% of waste, and 40% of greenhouse gas emissions. Therefore, investment in green technology is essential as a mitigation effort. One mitigation strategy to apply sustainability principles to existing buildings is the use of building envelope technologies, such as green kinetic facades. Researchers analyzed the implementation of green kinetic facades on existing buildings through data analysis, simulation, and design approaches. The results showed that green kinetic facades have the potential to improve thermal comfort and energy efficiency. These findings can serve as a reference for achieving sustainable development.

Keywords: Public Buildings, Energy Efficiency, Thermal Comfort, Green Kinetic Façade, IKN

Abstrak

Kota penyangga IKN dihadapkan pada tantangan perubahan iklim, polusi udara, dan migrasi penduduk. Diproyeksikan populasi serta bangunan publik di Balikpapan akan meningkat, yang berpotensi memperburuk kondisi lingkungan. Sebagai contoh, bangunan di Institut Teknologi Kalimantan yang merupakan pusat kegiatan akademik, menunjukkan ketergantungan pada pendingin ruangan. Penggunaan berkelanjutan dari sistem tersebut akan meningkatkan emisi gas rumah kaca yang secara umum bergantung pada pendingin ruangan. Berdasarkan data GBCI, sektor bangunan menyumbang 35% dari konsumsi energi, 12% dari konsumsi air global, 25% limbah dan 40% emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, diperlukan investasi dalam teknologi hijau sebagai upaya mitigasi. Salah satu strategi mitigasi menerapkan prinsip berkelanjutan dalam bangunan eksisting adalah teknologi selubung bangunan seperti green kinetic façade. Peneliti menganalisis penerapan green kinetic façade pada bangunan eksisting melalui pendekatan analisis data, simulasi, dan perancangan. Hasil penelitian menunjukkan green kinetic façade berpotensi meningkatkan kenyamanan termal dan efisiensi energi. Temuan ini dapat menjadi referensi dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan.

Kata Kunci: Bangunan Publik, Hemat Energi, Kenyamanan Termal, Green Kinetic Façade, IKN

PENDAHULUAN

Perpindahan IKN ke Penajam Paser Utara berdampak terutama Kota Balikpapan yang berperan sebagai kota penyangga Ibu Kota Nusantara. Kota ini menjadi pusat industri, simpul vital dalam ekonomi regional, terutama dalam sektor migas dan logistik. Kota Balikpapan menghadapi sejumlah tantangan yang perlu diatasi dalam perannya sebagai pusat bisnis seperti perubahan iklim yang mengakibatkan peningkatan suhu, polusi dari aktivitas industri dan transportasi, serta dampak pembangunan IKN.

Peningkatan suhu tidak hanya berdampak pada lingkungan luar, tetapi juga mempengaruhi kondisi termal di dalam ruangan, khususnya pada bangunan publik seperti perkantoran, pusat perbelanjaan, dan gedung-gedung pemerintahan. Di kampus ITK, yang memiliki sembilan gedung utama, tiga gedung yaitu E, F, dan G digunakan secara rutin untuk kegiatan perkuliahan. Ketiga gedung tersebut masing-masing mampu menampung hingga 1.500 orang, sehingga memerlukan konsumsi energi yang besar serta kondisi termal yang optimal untuk mendukung kenyamanan dan produktivitas mahasiswa dan dosen. Keberlanjutan dan efisiensi energi dalam bangunan ini menjadi penting, mengingat perannya sebagai pusat kegiatan akademik yang berlangsung setiap hari. Ketergantungan yang tinggi terhadap sistem pendingin ruangan di gedung-gedung ini berpotensi meningkatkan emisi gas rumah kaca. Selain itu, dengan pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang dipicu oleh proyek IKN, terutama di sekitar Kota Balikpapan, diperkirakan akan terjadi peningkatan emisi gas rumah kaca secara signifikan dari bangunan publik yang berkembang.

Dewasa ini, banyak pendekatan dalam melakukan efisiensi energi seperti optimalisasi bentuk fisik bangunan khususnya bentuk fasad. Salah satu penerapan keberhasilan *façade* adalah di kolding campus University of Southern Denmark. *Kinetic Façade* di University of Southern Denmark mampu mengurangi konsumsi energi dan beradaptasi dengan iklim. Menggunakan sensor pada kulit bangunan untuk mendeteksi perubahan cuaca. Fasad dilapisi dengan perangkat peneduh vertikal yang terbuat dari 1600 panel aluminium berlubang. Sistem pelindung matahari dilengkapi dengan sensor memantau tingkat cahaya dan suhu, mengatur jendela otomatis melalui motor kecil. Fasad tidak hanya efisien secara energi tetapi juga memberikan tampilan estetika (Larsen, H, 2024).

METODE

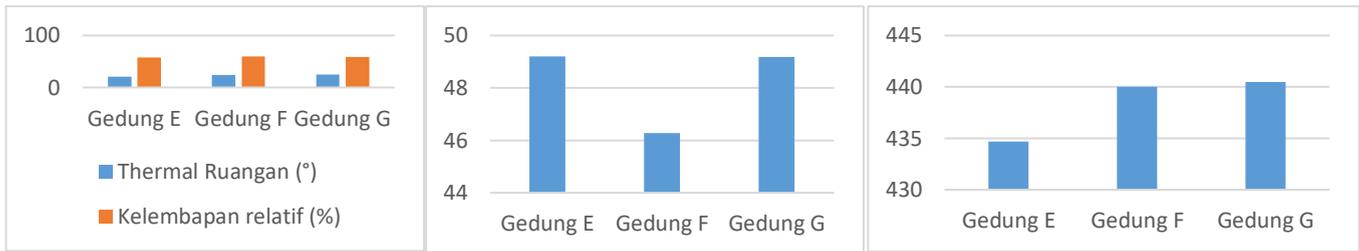
Metode analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif. Selain itu, prinsip desain yang dihasilkan dari analisis kualitatif diintegrasikan ke dalam proses perancangan untuk menghasilkan hasil yang efisien dan praktis. Kajian literatur dilakukan terlebih dahulu untuk meninjau konsep *green kinetic façade*, termasuk penggunaan material ramah lingkungan dan teknologi seperti panel surya dan sistem ventilasi alami. Penelitian ini juga meninjau kenyamanan termal, kebisingan dan pencahayaan serta relevansi *green kinetic façade* dalam konteks bangunan publik. Analisis data selanjutnya menggunakan perangkat simulasi untuk mengevaluasi dampak *green kinetic façade* terhadap konsumsi energi dan kenyamanan termal di dalam bangunan. Simulasi ini membantu peneliti memodelkan skenario penggunaan *façade* untuk mengoptimalkan efisiensi energi. Pada tahap akhir, hasil analisis dan simulasi diintegrasikan ke dalam proses perancangan dengan mempertimbangkan material ramah lingkungan dan teknologi hijau, yang menggunakan *Parametric Design*, metode ini menggunakan algoritma dan kumpulan parameter dalam mengoprasikannya serta perangkat desain *SketchUp*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Gambaran Tapak

1. Pengukuran

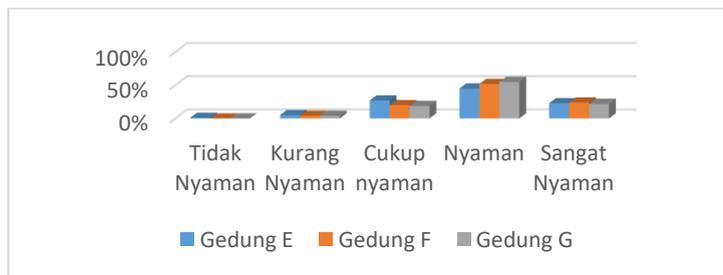
Pengukuran merupakan komponen esensial dalam penelitian ini, yang mencakup tiga aspek utama: kebisingan, termal, dan pencahayaan. Pada aspek termal, kondisi suhu ruangan berkisar antara 24°C hingga 27°C dengan kelembapan relatif sebesar 60% ± 5%. Pengukuran kebisingan menunjukkan bahwa tingkat kebisingan di ruang kerja sesuai dengan standar SNI 03-6386-2000, yang merekomendasikan tingkat kebisingan untuk ruang kelas terbuka pada 40 dBA, dengan batas maksimum 45 dBA. Sementara itu, tingkat pencahayaan (iluminasi) di lembaga pendidikan untuk ruang kelas harus mencapai minimal 250 lux, sesuai dengan SNI 03-6197-2000, dan pada studi kasus bangunan ini, tingkat pencahayaan berada pada kisaran 430-440 lux. Data lebih rinci ditampilkan pada grafik gambar 2.



Gambar 2. Grafik termal ruang rata-rata, kebisingan dan pencahayaan (iluminasi)

2. Survey Kenyamanan pengguna bangunan

Survei kenyamanan pengguna ruang dilakukan untuk memahami dan mengevaluasi tingkat kenyamanan pengguna ruang. Data dari survei ini memberikan bagaimana pengguna berinteraksi dengan ruang. Di dalam survey pengguna ruang tim peneliti mengevaluasi terkait termal ruang, pencahayaan, kebisingan, kebersihan maupun lainnya. Adapun sampel pada survey kenyamanan ini adalah terdiri dari Mahasiswa, Dosen dan Petugas dengan total 898 responden. Berikut dibawah ini hasil survey pengguna ruang.



Gambar 3. Grafik pengguna ruang

b. Analisis

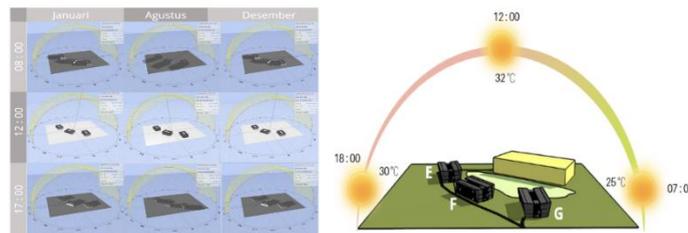
1. Analisis Bangunan

Dari bentuk jalan yang ada di Institut Teknologi Kalimantan dapat dilihat sirkulasi kendaraan cukup dekat dengan badan jalan terutama pada gedung perkuliahan E dan F. Namun jika dilihat dari dekat, terdapat space yang cukup untuk menaruh kinetik fasad tanpa mengganggu aktivitas dari pejalan kaki dan kendaraan. Berikut merupakan visualisasi dari bentuk fasad gedung perkuliahan E, F dan G.



Gambar 4. Ruang untuk kinetic façade

Gedung E, F, dan G memiliki orientasi yang beragam, namun secara umum fasad utama ketiga bangunan ini menghadap ke arah barat laut dan tenggara. Konfigurasi ini mengakibatkan seluruh bagian bangunan terkena paparan sinar matahari langsung. Meski demikian, dampak paling signifikan dari paparan matahari terkonsentrasi pada area atas bangunan, serta sisi kiri dan kanan. Analisis gambar menunjukkan bahwa suhu tertinggi di area tapak mencapai 32 derajat Celcius sekitar pukul 12.00 WITA di tengah hari.



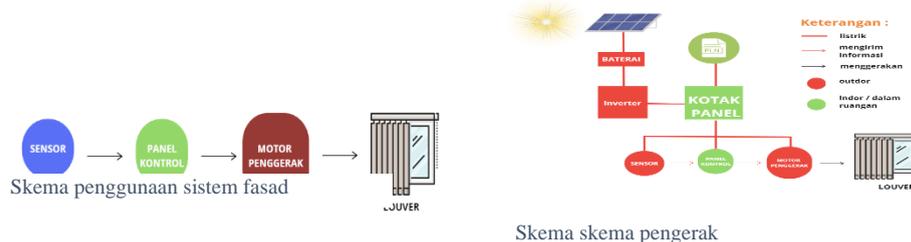
Gambar 5. Pembayangan dan orientasi suhu

2. Analisis Façade

Desain fasad harus direncanakan untuk memaksimalkan efisiensi energi melalui strategi seperti shading, ventilasi alami, dan penggunaan material reflektif dengan memastikan desain fasad dapat menjaga kenyamanan termal di dalam gedung dengan mengatur masuknya sinar matahari dan ventilasi. Selain dari energi yang ada penggunaan material yang reflektif juga dapat menciptakan suhu interior menjadikan sejuk-dingin. Fasad kinetik memerlukan beberapa aspek, aspek utamanya adalah ringan, mudah beradaptasi, variasi penyelesaian akhir, dan kekakuan. Segala aspek yang ada dapat tercapai dengan material *Aluminium Composite Panel (ACP)*.

3. Analisis teknologi kinetic façade

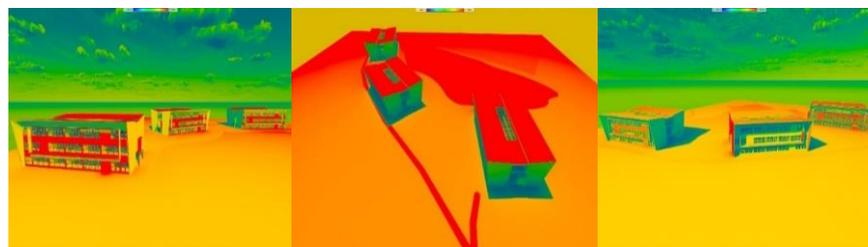
Fasad Kinetik memiliki berbagai macam jenis seperti sistem louver otomatis, panel yang dapat bergerak, yang dapat disesuaikan dan berfungsi untuk melindungi dari panas, ventilasi udara alami, mengurangi kebutuhan cahaya, perlindungan akustik dan polusi. Berdasarkan hasil analisis dapat dilihat paparan sinar matahari yang signifikan di jam perkuliahan hal tersebut dapat memberikan rasa kurang nyaman selama pembelajaran karena suhu di dalam ruangan meningkat dan silau. Untuk mengatasi hal tersebut, penerapan fasad kinetik dengan sistem louver otomatis dan sensor suhu/waktu pada bangunan perkuliahan merupakan salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut, louver dapat bergerak secara memutar otomatis secara horizontal berdasarkan input sensor suhu/waktu yang sudah di program.



Gambar 6. Skema penggunaan sistem fasad dan skema pengerak

c. Simulasi

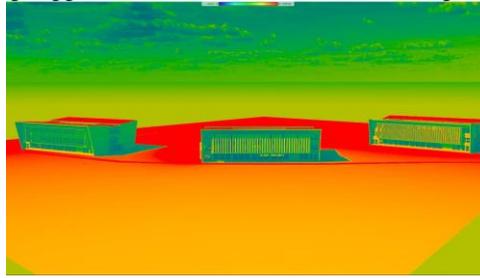
Fasad kinetik yang direncanakan disimulasikan untuk memvisualisasikan distribusi panas yang masuk ke dalam bangunan. Dalam simulasi ini, parameter suhu panas dianalisis berdasarkan gradasi warna, di mana warna merah menunjukkan tingkat panas yang lebih tinggi.



Gambar 7. Sumber titik panas

Dari skema yang terlihat, dapat dilihat bangunan langsung terpapar secara langsung dengan sinar matahari. Ini menimbulkan panas yang cukup mengganggu untuk pengguna di dalam bangunan. Maka dari itu diberikan fasad kinetik pada bagian fasad yang disimulasikan. Penggunaan *louvre* pada fasad dapat mengurangi intensitas panas yang masuk ke dalam bangunan,

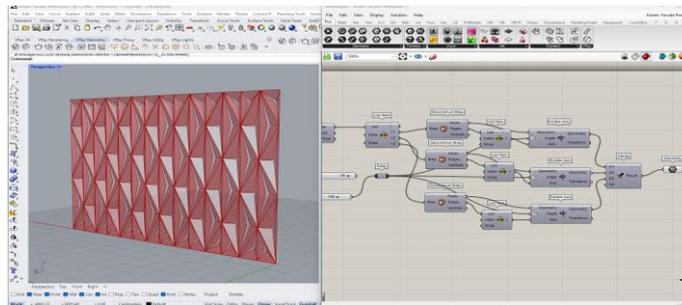
sehingga meningkatkan efisiensi termal. Fasad kinetik yang dirancang untuk beradaptasi dengan kondisi cuaca dinamis akan meningkatkan kenyamanan termal bagi pengguna. Berikut ini adalah skema bangunan yang memanfaatkan fasad.



Gambar 8. Bangunan dengan fasad

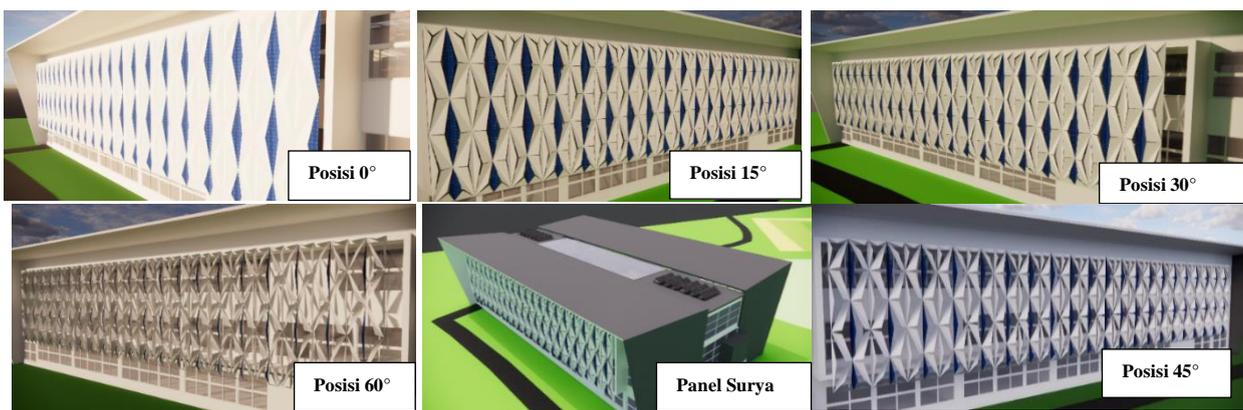
d. Perancangan

Dalam penelitian ini, perancangan memegang peranan yang sangat penting, karena merupakan tahapan lanjutan yang dilakukan setelah pengumpulan data, analisis, dan simulasi. Tahap pertama dalam perancangan menggunakan perangkat lunak *Rhino* dan *Grasshopper*. Melalui platform open-source ini, penelitian diarahkan pada desain fasad kinetik yang responsif terhadap kondisi lingkungan. Simulasi yang dilakukan melalui *Grasshopper* memungkinkan evaluasi perilaku fasad terhadap variabel eksternal seperti cahaya, suhu, dan angin, guna meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal bangunan.



Gambar 9. Pemrograman desain di aplikasi Rhino dan Grasshopper

Tahap selanjutnya adalah proses finalisasi desain menggunakan perangkat lunak seperti *SketchUp*. Pada tahap ini, model yang telah dikembangkan sebelumnya dipindahkan ke *SketchUp* untuk penyempurnaan visual dan struktural. Desain akhir fasad kinetik diterapkan pada model bangunan secara keseluruhan.



Gambar 10. Finalisasi desain fasad

KESIMPULAN

Secara arsitektural, pertumbuhan populasi dan pembangunan fasilitas publik di Balikpapan dan sekitarnya akibat pembangunan IKN dapat meningkatkan tekanan pada berbagai aspek, seperti kenyamanan termal, energi, dan kebisingan. Investasi teknologi hijau sangat diperlukan seperti *Green kinetic façade* yg dapat mengatasi isu tersebut. Fasad dirancang untuk dapat merespons secara dinamis terhadap perubahan kondisi lingkungan eksternal, seperti suhu, pencahayaan, dan kebisingan, dengan tujuan meningkatkan efisiensi energi, kenyamanan termal. Disamping itu peneliti juga mengintegrasikan panel surya sebagai bagian dari konsep *green kinetic façade*, yang memungkinkan fasad tidak hanya responsif secara pasif, tetapi juga aktif menghasilkan energi terbarukan sinar matahari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *green kinetic façade* yang dilengkapi dengan panel surya tidak hanya mampu meningkatkan kenyamanan termal dan efisiensi energi, tetapi juga berpotensi dalam mengurangi kebisingan dari eksternal serta dapat mengoptimalkan pencahayaan alami. Penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan untuk berbagai stakeholder seperti pemerintah, peneliti, dan praktisi arsitektur dalam merancang bangunan publik yang lebih ramah lingkungan. Penerapan teknologi seperti *green kinetic façade* memberikan solusi untuk mengurangi dampak negatif lingkungan dan menciptakan bangunan yang lebih berkelanjutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kemdikbudristek dan LPPM Institut Teknologi Kalimantan atas dukungan pendanaan yang memungkinkan terlaksananya penelitian ini.

REFERENSI

- AHR. (2024) Al Bahr Towers, Abu Dhabi, UAE. <https://www.ahr.co.uk/projects/al-bahr-towers>
- BPS. (2023). Suhu Udara Menurut Bulan di Balikpapan 2020-2022.
- Depari, A. S. (2023). Enhancing Sustainability In Smart Buildings: Exploring Kinetic Facade Design Through Algorithmic Strategies. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(04), 9–18. <https://doi.org/10.56127/jukim.v2i04.750>
- Depari, A. S., Sherlia, & Huldiansyah, D. (2023). Rethinking Parametric Design (RPD) Untuk Visualisasi Permodelan 3d Perkotaan: Studi Kasus Kota Balikpapan. *Agora: Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Arsitektur Usakti*, 21(2), 202–220.
- Green Building Council Indonesia. (2022). Understanding Climate Change. Greenship Associate Training. Jakarta
- Haghighat, S., & Sadeh, H. (2023). Parametric design of an automated kinetic building façade using BIM: A case study perspective. *Journal of Building Engineering*.
- Hanan, Taleb., Rudy, Moarbes. (2022). Improving Illuminance Performance by implementing a Kinetic Façade System: Case Study of Office Building in Dubai. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*.
- Ho-Soon, Choi. (2023). Kinetic Photovoltaic Facade System Based on a Parametric Design for Application in Signal Box Buildings in Switzerland. *Applied Sciences*, doi: 10.3390/app13074633
- Hosseini, S.M., Mohammadi, M., Rosemann, A., Schröder, T.W., & Lichtenberg, J.J. (2019). A morphological approach for kinetic façade design process to improve visual and thermal comfort: Review. *Building and Environment*.
- Ibrahim, J.A., Alibaba, H, A., (2019). Kinetic Façade As A Tool For Energy Efficiency. *International Journal of Engineering Research and Reviews*
- I. G. Dino. (2016). An evolutionary approach for 3D architectural space layout design exploration. *Automation in Construction* 69 131–150.
- Jewell, N. (2015). The Atlanta Falcons New Rose-Shaped Stadium Opens and Closes Like a Camera Aperture. *inhabitat.com*.

- Konis, K., & Selkowitz, S. (2017). The Challenge of Effective Daylighting. *Green Energy and Technology*, pp. 1–31, 10.1007/978-3-319-39463-3_1
- Nie, Z., Chen, S., Zhang, S., Wu, H., Weiss, T., & Zhao, L. (2023). Adaptive Façades Strategy: An architect-friendly computational approach based on co-simulation and white-box models for the early design stage. *Energy and Buildings*.
- Santamouris, M., & Vasilakopoulou, K. (2021). Present and Future Energy Consumption of Buildings: Challenges and Opportunities towards Decarbonisation. e-Prime.
- Sood, R.K., & Patil, A.S. (2021). Analysis and Review of the Kinetic Façades in Kolding Campus, South Denmark University. *Artificial Intelligence and Sustainable Computing*.
- Taherkhani, R., & Aziminezhad, M. (2023). Human-building interaction: A bibliometric review. *Building and Environment*.
- T. Kosonen, L. Halonen. (2017). Kinetic facades: a review of the current state and future potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.