

ENHANCING SUSTAINABILITY IN SMART BUILDINGS: EXPLORING KINETIC FACADE DESIGN THROUGH ALGORITHMIC STRATEGIES

by Andi Sahputra Depari

Submission date: 14-Jul-2023 12:28AM (UTC-0400)

Submission ID: 2130896194

File name: 2._Jurnal_JUKIM_Andi_Sahputra_Depari.doc (6.36M)

Word count: 2467

Character count: 16775

**ENHANCING SUSTAINABILITY IN SMART BUILDINGS: EXPLORING KINETIC FACADE
DESIGN THROUGH ALGORITHMIC STRATEGIES**

Andi Sahputra Depari

Prodi Arsitektur, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Kalimantan

Article History

Received :
Revised :
Accepted :
Published :

Corresponding author*:

Andi Sahputra Depari

Contact:

andi.sahputra@lecturer.itk.ac.id

Cite This Article:

DOI:

Abstract: *The issue of sustainability is a global concern that is frequently discussed. Achieving sustainability in buildings is particularly important and can be accomplished through various means, such as the implementation of the Smart Building concept. Smart Building is a modern architectural approach that utilizes technology to minimize energy consumption and promote sustainability in buildings. While the concept of Smart Building is quite expansive, this study focuses on the kinetic facade design as a strategy to achieve building sustainability within the framework of the Smart Building concept. The methodology employed in this study involves the utilization of the Rhinoceros and Grasshopper graphical algorithms for the implementation of the kinetic facade design. Algorithmic methods are known for their flexibility in incorporating the latest technology and following global design trends, thus providing diverse design expression possibilities. Through a comprehensive literature review, data collection, and simulation processes, the study has successfully generated kinetic facade design outcomes that can be applied to real-world case studies. The findings of this study are of fundamental importance in the field of design and can greatly contribute to the considerations and implementation of kinetic facades in building projects. These results provide valuable insights and guidance for architects and designers aiming to enhance building sustainability through innovative and technology-driven approaches.*

Keywords: *Sustainability, Smart Building, Kinetic Façade, Algorithm, Design*

Abstrak: Isu keberlanjutan merupakan sebuah isu global yang cukup sering dibahas, keberlanjutan dapat dicapai dari berbagai sektor terkhususnya pada sebuah bangunan. Keberlanjutan pada bangunan dapat diimplementasikan dari berbagai cara seperti penerapan konsep *Smart Building*. Konsep *Smart Building* merupakan sebuah konsep arsitektur modern dimana memanfaatkan teknologi dalam meminimalisir konsumsi energi yang berlebihan demi mencapai keberlanjutan pada bangunan. Konsep *Smart building* memiliki cakupan yang sangat luas, namun pada penelitian ini peneliti menekankan pada desain kinetic facade sebagai strategi dalam mencapai keberlanjutan bangunan melalui konsep *Smart Building*. Metode perancangan kinetic facade yang diimplemtasikan pada penelitian ini adalah melalui pendekatan algoritma grafis Rhinoceros and Grasshopper. Metode algoritma diyakini mampu memberi ruang ekpresi perancangan yang bervariasi karna fleksibilitas hingga penerapan teknologi terbaru yang mengikuti tren perancangan global. Melalui kajian literatur, pengumpulan data hingga proses simulasi yang telah dilakukan, telah dihasilkan hasil *desain kinetic fasade* yang dapat diimplentasikan pada gedung yang telah menjadi studi kasus. Hasil penelitian ini merupakan sebuah temuan perancangan fundamental, sehingga akan sangat berguna dalam perancangan serta pertimbangan dalam penerapan *kinetic facade*.

Kata Kunci: Jurig Sarengseng, Social Media, Warisan Budaya Tak Benda.

PENDAHULUAN

Di era Industri 4.0 saat ini, teknologi otomasi sangat memberikan perubahan di berbagai sektor. Teknologi otomatis tersebut berimplikasi memberikan kemudahan bagi pengguna di berbagai sektor dan dapat meminimalisir penggunaan energi. Dari berbagai sumber, smart building merupakan sebuah konsep teknologi otomatis pada bangunan yang memberikan kenyamanan dan efisiensi. Menurut Nurdiansyah dkk (2016), bangunan pintar memiliki nilai investasi awal yang tidak sedikit, namun memiliki dampak atau manfaat berkepanjangan dengan menerapkan konsep tersebut. Secara umum penerapan bangunan pintar bertujuan untuk mengurangi biaya operasional, menjamin kelangsungan penggunaan bangunan, dan mencegah terlalu seringnya penggantian peralatan bangunan (Hakim, 2010).

Penerapan konsep smart building berdasar pada sistem berkelanjutan, dimana wajib memperhatikan berbagai unsur seperti: sosial, teknologi dan lingkungan dengan mengintegrasikan beberapa sub-sistem pada bangunan secara sinergis, sistem otomasi bangunan, sistem HVAC, pencahayaan, transportasi, pencegahan kebakaran, keamanan, komunikasi dan penghematan energi. Menurut Mannan & Muchlis (2001), kenyamanan dan kemudahan yang diperoleh dari konsep bangunan pintar dapat berupa peningkatan fungsi bangunan yang dapat diterapkan pada beberapa elemen seperti pada fasad bangunan. Berdasarkan dari hal tersebut, penelitian ini peneliti menekankan pendekatan smart building pada salah satu elemen krusial seperti fasad bangunan.

Fasad arsitektur atau bangunan telah menjadi topik yang hangat dalam melakukan experiment dan inovasi sejak abad ke 20, sampai saat ini topik ini tetap menjadi salah satu isu yang menarik dalam studi arsitektur (Cucuzzella, C, et.al 2023). Penelitian tersebut melakukan experiment tipe *contemporary façade* serta mengklasifikasi karakter dari permukaan ekterior bangunan. Sebuah fasad merupakan sebuah bentuk visual expression dari sebuah konsep bangunan, penggunaan, program, struktur sampai dengan proses konstruksi (Clarke, S 2006). Permukaan depan sebuah bangunan dapat menunjukkan kualitas serta pilihan perancangan struktur yg sesuai. Secara umum, fasad juga dapat berdampak terhadap desain samapi dengan konfigurasi interior bangunan. Secara singkat pengaturan serta keseluruhan konsep arsitektur dapat menjadi peran utama dalam menunjukkan kualitas desain.

Dengan penjelasan yang telah dikemukakan tersebut, fasad sangat dibutuhkan untuk memunculkan identitas bangunan. Hal tersebut dibuktikan karena dapat menjadi penghubung inner dan outer spaces. Konfigurasi fasad bangunan juga dapat memainkan peran dalam menciptakan hubungan dengan lingkungan perkotaan, dan seringkali dapat menjadi faktor dalam menentukan pemahaman orang tentang skala ruang yang mengelilingi bangunan.

Dengan demikian, fasad bangunan dapat melalui elemen visual yang memungkinkan user memperoleh berbagai pengalaman serta memberi ide visual kota. Perancangan fasad bangunan dengan identitas arsitektur dan budaya akan mampu memberikan emosional rasa yang berbeda (Hertzman, E et.al 2008). Oleh karena itu, dengan penerepan citra bangunan yang tidak terhapuskan di benak pengguna, fasad memiliki dampak yang cukup besar pada pembentukan citra kota.

Selain itu, fasad dapat menghadirkan unsur-unsur simbolik yang berasal dari budaya, sejarah, dll. Simbolisme sering disajikan dalam desain fasad melalui penggunaan perangkat metafora, referensial, atau analogis (Chupin, J.P 2010). Dalam banyak hal, lingkungan binaan dalam masyarakat tertentu mencerminkan budaya dan identitas masyarakat dan fasad bangunan adalah aspek yang paling menonjol dari refleksi tersebut. Secara umum, sebagian besar arsitektur dunia memiliki bobot simbolis. Identitas budaya masyarakat sering tercermin di suatu lingkungan binaan dalam suatu masyarakat, terlepas dari karya asli sang Arsitek (Tekel, A et.al 2016).

Di lain sisi, fasad juga memungkinkan memiliki tujuan praktis, seperti dinding eksterior menyediakan lingkungan interior yang aman berdasarkan kebutuhan pengguna bangunan. Fasad memberikan

perlindungan fisik terhadap user, memenuhi kebutuhan dasar manusia untuk berindung dari cuaca buruk serta sebagai bentuk privasi pengguna. Perlindungan yang dapat di minimalisir dari sebuah fasad seperti struktur internal terhadap pengaruh lingkungan dan iklim, termasuk hujan, salju, angin, panas, dingin, kelembaban, kebisingan (Sener, D 2006).

Dengan semua fungsi tersebut, tidak heran jika fasad merupakan suatu topik yang penting dan signifikan, baik dari perspektif historis maupun kontemporer. Konsekuensinya, desainer semakin dituntut untuk lebih memperhatikan desain dan karakter (Al-Ameen, R 2015). Mengembangkan fasad bangunan adalah proses komunikasi dan pengambilan keputusan yang berfokus pada bagaimana bangunan akan dibentuk dan dilihat. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan menyajikan terori fundamental serta mendesain fasad bangunan menggunakan metode algoritma grafis. Dipilihnya metode algoritma grafis karena dalam pengaplikasiannya lebih efisien jika disbanding metode desain lainnya seperti AutoCAD maupun SkechUp. Disamping itu, penelitian ini juga akan memberikan gambaran teoretis tentang fasad dan desainnya yang terus berkembang.

METODE PENELITIAN

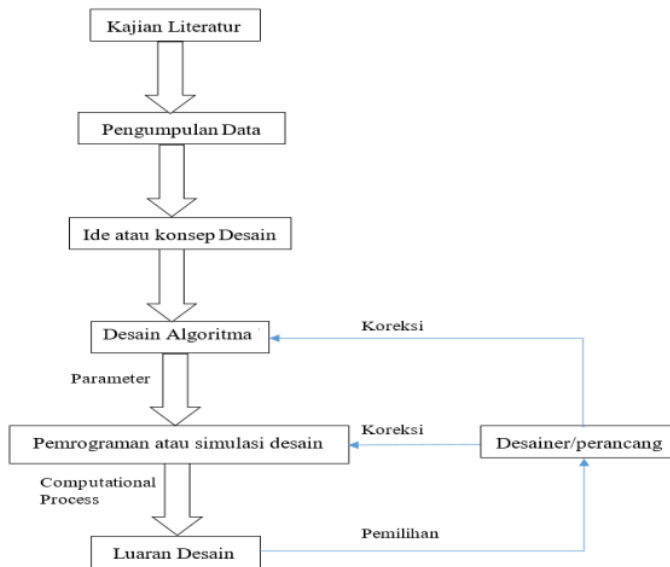
Proses perancangan kinetic fasad membutuhkan teknologi yang tinggi serta waktu yang signifikan, termasuk pertimbangan mengenai desain dari perangkat bergerak eksternal, system operasi, kontrol real-time dari elemen shading, tinjauan konstruksi, stabilitas struktural peneduh, sampai energi. Sederhananya, penerapan sistem adaptasi cerdas merupakan kunci efektivitas implementasi *kinectic facade*. Oleh karena itu, membuat keputusan yang tepat dan memilih teknik yang tepat sangat penting dalam mengembangkan kinetic fasad (Kamil and Flora 2012). Dengan melakukan tinjauan pustaka yang sistematis, penelitian ini akan memfokuskan penelitian ini pada perancangan kinetic facade melalui pendekatan algoritma.

Research Approach

Disamping melakukan kajian literatur, penelitian ini akan melakukan simulasi perancangan melalui pendekatan algoritma grafis *Rhinoceros and grasshopper*. Versi aplikasi atau software yang digunakan pada simulasi dalam penelitian ini adalah *Rhinoceros and grasshopper* versi 7. Software tersebut dikembangkan oleh *Robert McNeel & Associates* dan bukan merupakan open source application.

Algorithmic Analysis

Proses desain algoritma merupakan tahapan penting dalam penelitian ini, proses ini akan menentukan alur kerja dari awal hingga akhir. Berikut dibawah ini proses serta tahapan perancangan

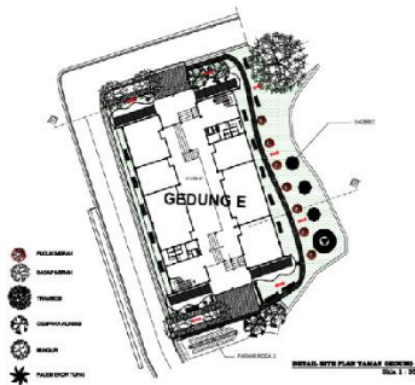


Gambar 1. Alur analisis
Sumber: Penulis (2023)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Studi Kasus (Site Analysis)

Institut Teknologi Kalimantan (ITK) merupakan kampus berbasis teknik pertama di Kota Balikpapan, ITK didirikan pada tahun 2012 dengan fokus pada bidang teknologi guna menunjang kebutuhan dunia industri di wilayah Kalimantan serta nasional. Saat ini Kampus ITK telah memiliki delapan gedung dalam menunjang kegiatan belajar, dari kedelapan gedung tersebut terdapat 3 bangunan dengan fungsi utama sebagai kegiatan belajar dan mengajar di kelas. Gedung E merupakan gedung yang diperuntukan untuk kegiatan belajar mengajar.



Gambar 2. Denah gedung E
Sumber: Dokumen Perencanaan ITK (2021)

Sebagai gedung yang diperuntukan untuk kegiatan belajar dan mengajar. Bangunan tentu wajib dapat mengakomodir kegiatan pembelajaran dengan efektif. Gedung ini ketika pembelajaran di khususnya di siang hari cukup bergantung pada penggunaan *Air Conditioner* (AC), mengingat kelas yang memiliki kenyamanan termal yang baik akan mendukung proses pembelajaran.

Lokasi kampus ITK berada di Kota Balikpapan yang mana kondisi cuacanya cukup fluktuatif. Disamping kondisi cuaca yang fluktuatif, efisiensi energi dibutuhkan guna mendukung *Green University*. Merespon hal tersebut dibutuhkan alternatif pendukung mengingat gedung yang menjadi studi kasus tersebut telah terbagun dan digunakan. Salah satu alternatif untuk mencapai kenyamanan termal serta keberlanjutan adalah dengan penambahan *Secondary Skin* pada bukaan kaca yang selama ini langsung terpapar sinar matahari. Berikut dibawah ini bangunan yang akan menjadi studi kasus perancangan.

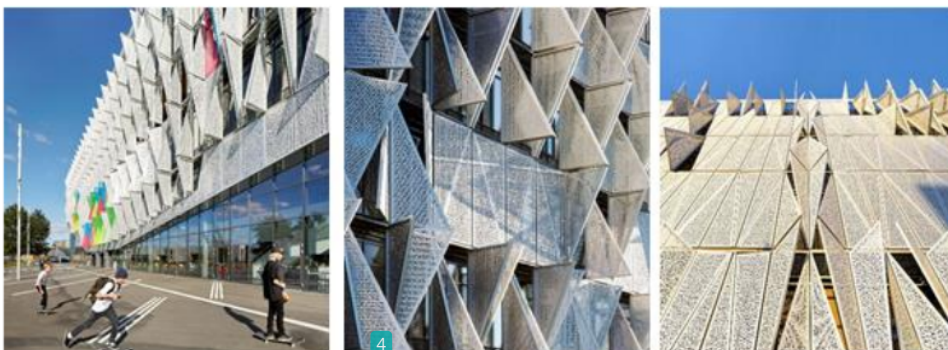


Gambar 3. Gedung E
Sumber: Penulis (2023)

Dari gambar diatas dibutuhkan suatu alternatif pendukung untuk dapat mengakomodir kegiatan pembelajaran serta mendukung efisiensi energi guna mendukung *Green University*. Gambar diatas merupakan studi kasus bangunan yang akan dirancang *secondary skin*. Lantai 1 pada bangunan ini difungsikan untuk ruang Inkubator Bisnis Teknologi (IBT) serta kelas, sedangkan lantai 2 dan 3 pada merupakan ruang kelas yang diperuntukan untuk kegiatan pembelajaran. Keseluruhan ruang tersebut secara umum bergantung pada AC ketika pada proses aktivitas sehari-hari, sehingga dibutuhkan alternatif lain agar dapat menekan penggunaan AC.

Analisis rekomendasi desain preseden

Rekomendasi desain pada isu yg dibahas di penelitian ini adalah perancangan *Kinetic Façade* pada gedung E atau sering juga disebut *secondary skin*. Secara umum, Façade adalah kata dari bahasa Perancis untuk bagian depan utama bangunan yang menghadap ke jalan atau ruang terbuka. Konsep *Kinetic Façade* teridentifikasi sebagai suatu konsep yang berhubungan dengan alam, teknologi serta arsitektur untuk menciptakan elemen fungsional serta memecahkan masalah desain. Berikut dibawah ini beberapa penerapan *Kinetic Façade* pada bangunan.



Gambar 4. Kinetic Fasad di University of Southern Denmark Campus Kolding

Sumber: <https://arcdog.com/portfolio/sdu-university-of-southern-denmark-campus-kolding/> (2023)

Kinetic Facade di University of Southern Denmark dirancang untuk menekan konsumsi penggunaan energi. Cara kerja *kinetic facade* tersebut beradaptasi dengan kondisi iklim dengan penerapan sensor pada kulit bangunan serta memungkinkan menyesuaikan dengan perubahan siang hari dan cahaya yang diinginkan. Saat jendela ditutup, jendela akan terbentang rata di sepanjang fasad, sementara jendela menonjol dari fasad saat setengah terbuka atau terbuka seluruhnya serta memberikan penampilan yang sangat ekspresif pada bangunan. Sistem pelindung matahari dilengkapi dengan sensor yang secara terus-menerus mengukur tingkat cahaya dan panas serta mengatur jendela secara mekanis melalui motor kecil.



Gambar 5. Kinetic Facade di Abu Dhabi Investment Council New Headquarters - Al Bahr Towers
Sumber: <https://archello.com/story/36573/attachments/photos-videos/6> (2023)

Konsep desain untuk desain inovatif AHR berasal dari prinsip desain yang dibentuk oleh Islam, yang telah dilengkapi dengan penerapan 'Mashrabiya' transparan dinamis yang membuka dan menutup sebagai respons terhadap pergerakan matahari, meningkatkan insulasi panas 50%. Fasad dan bangunan ini merupakan perpaduan antara teknik tradisional dan modern.

Perancangan Arsitektural

1. Grasshopper Optimization Algorithm (GOA)

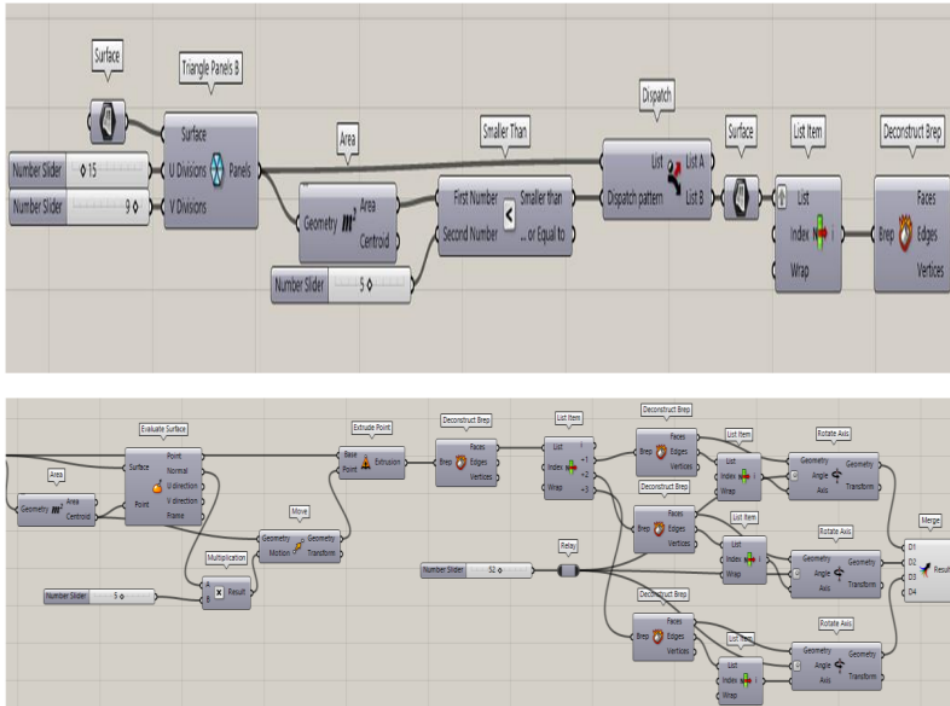
Hal terpenting dalam metode algoritma melalui permodelan parametric adalah *algorithm logic*. *Grasshopper Optimization Algorithm* (GOA) adalah algoritma optimasi metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku belalang di alam. Metode ini meniru pola belalang yang berkerumun dan melompat untuk menyelesaikan masalah pengoptimalan yang kompleks secara efisien. Algoritma dimulai dengan populasi awal belalang, masing-masing mewakili solusi potensial untuk masalah. Melalui proses pencarian dan pengoptimalan, belalang memperbarui posisi mereka secara iteratif berdasarkan seperangkat aturan yang telah ditentukan sebelumnya. Dengan menyeimbangkan eksplorasi dan eksploitasi, GOA bertujuan untuk menyatu menuju optimal global sambil mempertahankan keragaman dalam populasi. Algoritme telah berhasil diterapkan pada berbagai masalah optimisasi, termasuk desain teknik, penjadwalan, dan pengelompokan data, yang menunjukkan keefektifan dan keserbagunaannya.

Salah satu keuntungan utama dari Algoritma Optimasi Belalang adalah kemampuannya untuk menangani masalah optimisasi yang kompleks dan multimodal. Inspirasi algoritme dari perilaku belalang memungkinkannya menjelajahi berbagai wilayah ruang pencarian secara efisien, membuatnya sangat berguna saat menangani masalah yang memiliki optima lokal ganda. Selain itu, pendekatan swarm intelligence GOA memungkinkan eksekusi paralel, sehingga cocok untuk memecahkan masalah pengoptimalan berskala besar yang membutuhkan sumber daya komputasi yang signifikan. Implementasi algoritme yang sederhana dan fleksibel, bersama dengan konvergensi dan ketangguhannya yang cepat, menjadikannya pilihan yang menarik bagi para peneliti dan praktisi di berbagai bidang. Namun, seperti algoritme pengoptimalan lainnya, performa GOA dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti penyetelan parameter dan representasi masalah, yang perlu dipertimbangkan secara hati-hati untuk mencapai hasil yang optimal.

2. Pemrograman serta perancangan

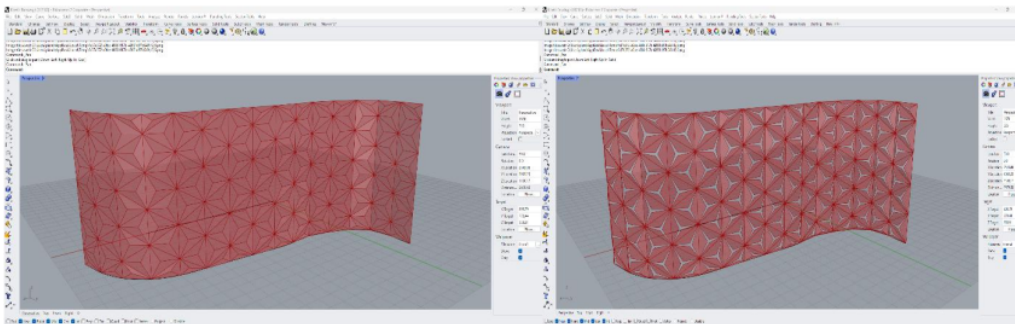
Pemrograman di *Grasshopper* memungkinkan untuk mengelola dan memodelkan bahkan geometri yang kompleks. Sebagian besar antarmuka *Grasshopper* difokuskan pada kanvas, di mana pengguna melakukan desain beberapa elemen dan menghubungkannya dengan kabel.

Komponen *Grasshopper* ditulis dapat dengan Python, yang merupakan bahasa populer di kalangan desainer komputasi karena integrasinya ke dalam banyak perangkat lunak pemodelan 3D dan sintaksnya yang relatif sederhana. *Grasshopper* memungkinkan pemodelan menggunakan alat tipe vektor seperti set bentuk geometris dan 3D dasar (*parametric primitives*) tersedia yang dapat digunakan untuk membuat objek kompleks melalui operasi perakitan, modifikasi, dan deformasi. Dimungkinkan juga untuk membuat bentuk 3D mulai dari bentuk dan jalur dua dimensi. Berikut dibawah ini pemrograman desain menggunakan grafis *Grasshopper* untuk menghasilkan desain yang hendak di capai.



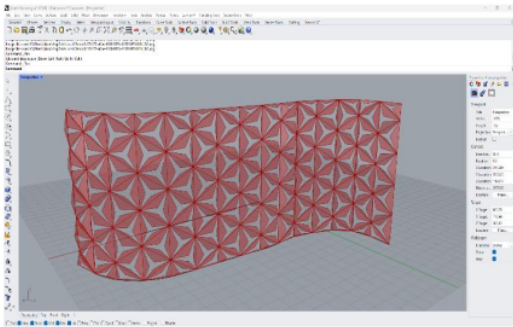
Gambar 6. Algoritma grafis grasshopper
Sumber: Analisis Penulis (2023)

Berikut dibawah ini merupakan investigasi permodelan dari hasil algoritma yang di buat ke beberapa segmen perancangan.

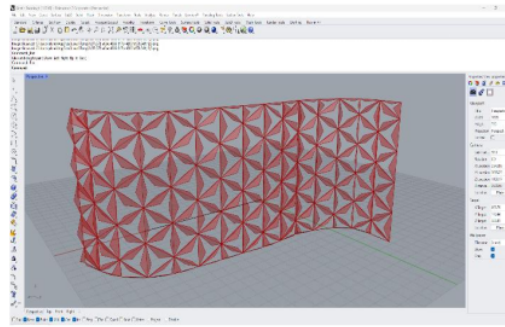


Gambar 8. Kinetic Facade pada 0°

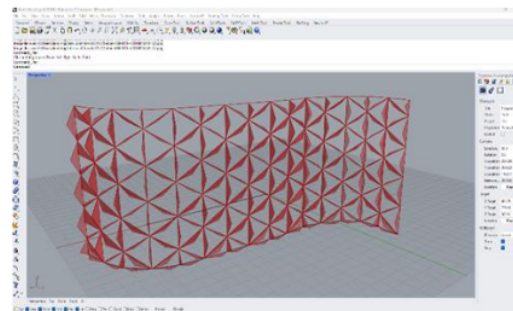
Gambar 7. Kinetic Facade pada 30°



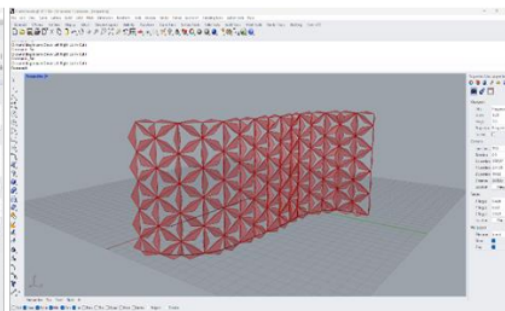
Gambar 9. Kinetic Facade pada 45°



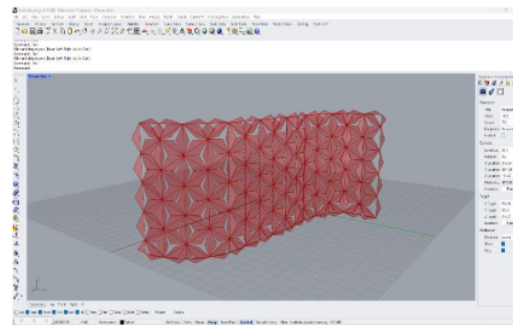
Gambar 10. Kinetic Facade pada 60°



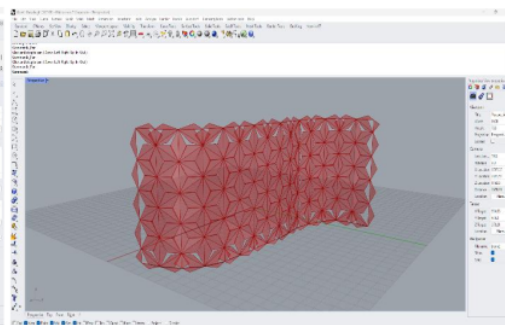
Gambar 11. Kinetic Facade pada 90°



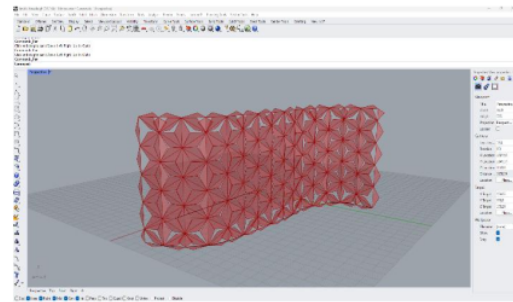
Gambar 12. Kinetic Facade pada 120°



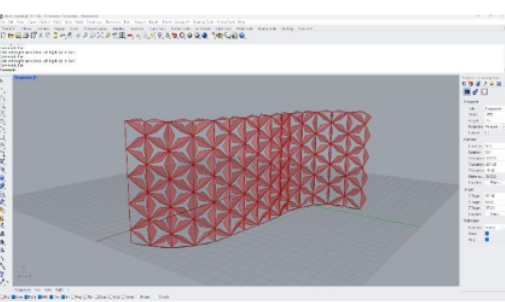
Gambar 13. Kinetic Facade pada 150°



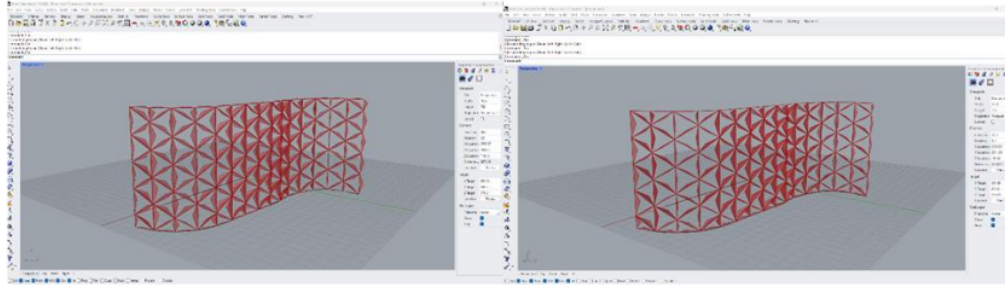
Gambar 14. Kinetic Facade pada 180°



Gambar 15. Kinetic Facade 200°

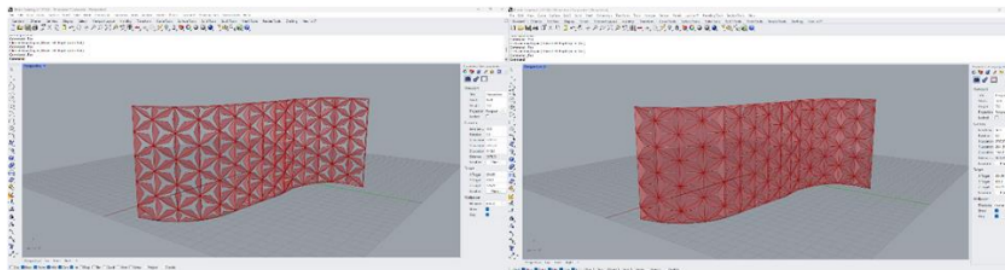


Gambar 16. Kinetic Facade 230°



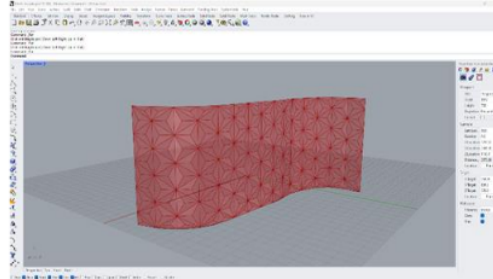
Gambar 17. Kinetic Facade 250°

Gambar 18. Kinetic Facade 270°



Gambar 19. Kinetic Facade 300°

Gambar 20. Kinetic Facade 330°



Gambar 21. Kinetic Facade 360°

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Implementasi teknologi terbaru dalam menghasilkan sebuah karya desain merupakan suatu keharusan dalam mengikuti tren metode perancangan arsitektur global yang semakin berkembang. Metode perancangan algoritma merupakan suatu metode modern terbaru yang banyak diadopsi oleh kalangan praktisi arsitektural maupun pada sektor pendidikan yang semakin maju. Metode algoritma menjadi metode otomatis yang baik dalam menghasilkan sebuah karya desain, bahkan dalam proses otomatis tingkat skala besar. Dalam penelitian ini, Peneliti melakukan investigasi simulasi untuk mengeksplor kemungkinan desain kinetic fasad menggunakan algoritma grafis yang sangat berkembang seperti *Rhinosor* dan *Grasshoper*. Kajian literatur secara mendalam dilakukan untuk mendalami karakteristik, preseden hingga metode yang telah digunakan sebelumnya yang berguna mengorganisasi simulasi yang akan dilakukan. Proses kajian juga bertujuan untuk mengumpulkan data data terkait perancangan algoritma, kinetic facade hingga implementasinya.

Proses desain algoritma dilakukan setelah kajian literatur serta pengumpulan data selesai, desain algoritma awal akan menentukan serta memutuskan indikator grafis yang akan digunakan. Dari hasil

simulasi permodelan yang bersumber dari algoritma grafis grasshopper menghasilkan berbagai skenario desain kinetic façade. Skenario tersebut dibagi berdasarkan pemutaran atau gerak yang akan ditimbulkan oleh motor penggerak. Hasil penelitian permodelan ini dapat menjadi pertimbangan awal dalam menerapkan *kinetic façade* sebagai salah satu konsep *smart building* serta dalam mendukung keberlanjutan.

Saran

Penelitian ini berbasis simulasi yang luarannya dapat di tindaklanjuti dengan melakukan investigasi lebih detail seperti implementasi di lapangan dengan pertimbangan iklim, material, teknologi dan lainnya yang secara umum dapat mengimplementasikan prinsip efisiensi energi dengan penerapan *secondary skin* seperti *kinetic façade*.

Ucapan Terima Kasih

Sebagai bentuk apresiasi penulis, pada kesempatan ini kami tim peneliti sangat mengapresiasi dan berterimakasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu. Harapannya penelitian ini dapat memberikan sumbangsih pemikiran kepada masyarakat umum terkait topik yang dibahas pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Ameen, R. *Anticipating Change for the Future Architectural Envelope*; Ryerson University: Toronto, ON, Canada, 2015.
- [2] Chupin, J.P. *Analogie Et Théorie En Architecture (De La Vie, De La Ville Et De La Conception, Mème)*; Éditions Infolio: South Melbourne, Australia, 2010.
- [3] Clarke, S. *A Brief History of the Envelope & Evolution of Future Façades*; WFM Media: New Delhi, India, 2006. Available online: <https://wfmmmedia.com/future-facade-envelope-and-evolution/> (accessed on 10 August 2021).
- [4] Cucuzzella, C. Rahimi, N. Soulikias, A. *The Evolution of the Architectural Façade since 1950: A Contemporary Categorization*. *Architecture* 2023, 3, 1–32. <https://doi.org/10.3390/architecture3010001>
- [5] Hanan M. Taleb & Rudy Moarbes (2023): Improving illuminance performance by implementing a kinetic façade system: case study of office building in Dubai, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, DOI: 10.1080/13467581.2022.2160636
- [6] Kamil, S., and S. Flora September 2012. "Design Considerations for Adopting Kinetic Facades in Building Practice." *Proceedings of the 30th eCAADe Conference* 2 pp. 629–637, Prague, Czech Republic.
- [7] Mahmoud, A. H. A., and Y. Elghazi. 2016. "Parametric based Designs for Kinetic Facades to Optimize Daylight Performance: Comparing Rotation and Translation Kinetic Motion for Hexagonal Facade Patterns." *Solar Energy* 126: 111–127. doi:10.1016/j.solener.2015.12.039.
- [8] Mawada, A., and A. Ahmed. 2015. "Review of Sustainability in Buildings." *Sustainable Cities and Society* 14: 171–177. doi:10.1016/j.scs.2014.09.002.
- [9] Peronato, G., Kämpf, J. H., Rey, E., & Andersen, M. (2017). *Integrating urban energy simulation in a parametric environment: a Grasshopper interface for CitySim* (No. CONF
- [10] Rogers, H. *Theory of Recursive Functions and Effective Computability*; The Massachusetts Institute of Technology Press: Cambridge, MA, USA, 1987.
- [11] Sener, D. *Understanding Façade between Design and Manufacturing: A Case Study on High-Rise Office Buildings in Istanbul*. Master's Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2006.
- [12] Tekel, A.; Akbarishahabi, L.; Yildirim, K.; Bande, B. *The Role of Symbolic Architecture on Aesthetic Judgment: A Cross-cultural Investigation on the Perception of African "Calabash" Figure*. *Gazi Univ. J. Sci.* 2016, 29, 525–536.

ENHANCING SUSTAINABILITY IN SMART BUILDINGS: EXPLORING KINETIC FACADE DESIGN THROUGH ALGORITHMIC STRATEGIES

ORIGINALITY REPORT

11%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

8%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Clarkston Community Schools

Student Paper

4%

2

www.jurnal.unsyiah.ac.id

Internet Source

3%

3

Annisa Ainul Umami, Ute Lies Siti Khadijah, Elnovani Lusiana. "Pelestarian Warisan Budaya Takbenda di Kampung Pulo Kabupaten Garut", Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 2023

Publication

2%

4

Submitted to University of Sheffield

Student Paper

1%

5

Submitted to University of Sydney

Student Paper

1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On

