

UPCYCLING KINETIK : INTEGRASI LIMBAH CD DALAM DESAIN FASAD ADAPTIF PADA BANGUNAN WISATA MULTIKULTURAL

Stephanus Wirawan Dharmatanna*¹, Anik Juniwati², Elvina Shanggrama Wijaya³

¹Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra)

stephanus.dharmatanna@petra.ac.id

²Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra)

ajs@petra.ac.id

³Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra)

elvinawijaya@petra.ac.id

*Corresponding author

To cite this article: Dharmatanna, S. W., Juniwati, A., & Wijaya, E. S. (2026). UPCYCLING KINETIK : INTEGRASI LIMBAH CD DALAM DESAIN FASAD ADAPTIF PADA BANGUNAN WISATA MULTIKULTURAL. Jurnal Ilmiah Arsitektur, 16(1). 40-51

Author information

Stephanus Wirawan Dharmatanna, fokus riset bidang Arsitektur Digital serta Arsitektur Kenyamanan Termal dan Kearifan Lokal, ORCID : 0000-0003-0761-7903, Scopus ID : 57395576700, Sinta ID : 6792418

Elvina Wijaya, fokus riset bidang Teknologi Bangunan. Orcid ID : 0009-0003-5851-7985, Scopus ID : 57226329949, Sinta ID : 6803072

Anik Juniwati, fokus riset bidang Arsitektur Kenyamanan Termal. Orcid ID : -, Scopus ID : 57170649000, Sinta ID : 6162665

Homepage Information

Journal homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars>

Volume homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars/issue/view/537>

Article homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars/article/view/10655>

UPCYCLING KINETIK: INTEGRASI LIMBAH CD DALAM DESAIN FASAD ADAPTIF PADA BANGUNAN WISATA MULTIKULTURAL

Stephanus Wirawan Dharmatanna^{*1}, Anik Juniwati², Elvina Shanggrama Wijaya³

¹Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra)
stephanus.dharmatanna@petra.ac.id

²Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra)
ajs@petra.ac.id

³Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra)
elvinawijaya@petra.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel :

Dikirim : 21 Desember 2025
Direvisi : 18 Juni 2026
Disetujui : 23 Juni 2026
Diterbitkan : 30 Juni 2026

Kata Kunci :

Adaptive Facade; Limbah CD; Desain Kinetik; Material Daur Ulang; Simbolik Arsitektur.

ABSTRAK

Penelitian ini mengeksplorasi integrasi limbah compact disc (CD) ke dalam desain modul fasad kinetik yang diterapkan pada bangunan Tourism Hall di Desa Jarak, Indonesia. Penelitian menggunakan pendekatan research through design dengan metode eksploratif kualitatif yang mencakup pengembangan konsep, simulasi digital, pembuatan mock-up skala 1:1, fabrikasi, dan implementasi modul pada bangunan. Modul fasad dirancang untuk merespons hembusan angin secara pasif melalui sistem engsel pivot serta memanfaatkan karakter reflektif CD untuk menghasilkan efek visual yang dinamis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebanyak 52 modul berukuran 94 cm × 24 cm berhasil diterapkan pada bangunan dengan memanfaatkan total 2.392 keping limbah CD. Modul mampu bergerak secara pasif pada hembusan angin alami dengan kecepatan rata-rata sekitar 7 m/s serta menghasilkan pantulan cahaya yang memperkuat kualitas visual bangunan. Selain mendukung prinsip upcycling dan pengurangan limbah, penggunaan variasi warna pada panel juga berfungsi sebagai representasi visual keberagaman masyarakat Desa Jarak. Temuan ini menunjukkan bahwa limbah CD tidak hanya berpotensi sebagai material daur ulang, tetapi juga dapat diintegrasikan ke dalam sistem fasad adaptif yang memiliki nilai fungsional, estetis, dan representatif. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan evaluasi berbasis pengguna serta pengukuran performa lingkungan secara kuantitatif.

ARTICLE INFO

Article History :

Submitted : December 21, 2025
Revised : June 18, 2026
Accepted : Juni 23, 2026
Publihed: June 30, 2026

Keywords:

Adaptive Facade; CD Waste; Kinetic Design; Recycled materials; Symbolic Architecture

ABSTRACT

This research explores the integration of recycled compact discs (CDs) waste into the design of kinetic façade modules applied to the Tourism Hall building in Jarak Village, Indonesia. The study employs a 'research through design' approach using qualitative exploratory methods, encompassing concept development, digital simulation, the creation of a 1:1 scale mock-up, fabrication, and the implementation of the modules on the building. The façade modules were designed to respond passively to wind gusts via a pivot hinge system, whilst utilising the reflective properties of CDs to produce dynamic visual effects. The results of the study show that 52 modules, each measuring 94 cm × 24 cm, were successfully installed on the building, utilising a total of 2,392 pieces of waste CD material. The modules are capable of moving passively in natural wind at an average speed of approximately 7 m/s, producing light reflections that enhance the building's visual quality. In addition to supporting the principles of upcycling and waste reduction, the use of varied colours on the panels also serves as a visual representation of the diversity of the community in Jarak Village. These findings demonstrate that CD waste not only has potential as a recycled material but can also be integrated into an adaptive façade system that possesses functional, aesthetic and representative value. Further research is recommended to develop user-based evaluations and quantitative measurements of environmental performance.

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi dan perubahan tren konsumen, keberadaan *compact disc* (CD) sebagai media penyimpanan telah mengalami penurunan signifikan dalam penggunaannya. Akibatnya, ribuan bahkan jutaan CD yang sudah tidak digunakan telah menjadi limbah yang berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan (Sutjitra et al., 2016). Lebih lanjut, CD yang berbahan dasar logam dan plastik (Zakaria, 2019) telah menjadi sumber limbah yang terabaikan. Tingginya jumlah limbah CD ini menimbulkan masalah lingkungan yang serius dikarenakan CD terbuat dari bahan-bahan yang sulit terurai, menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengeksplorasi pemanfaatan limbah CD untuk menciptakan modul fasad inovatif.

Fasad sendiri berasal dari kata latin *facies* yang berarti wajah dan merujuk pada bagian sisi depan bangunan yang menghadap jalan sedang bagian lain dianggap bagian eksterior yang bersifat semi publik atau semi pribadi (Garden, 1988). Fasad bangunan sendiri dapat memiliki luasan yang beragam, yang dapat lebih besar nilainya daripada luasan dasar bangunan. Untuk itu, mengubah limbah CD menjadi sebuah produk fungsional yang dapat digunakan sebagai elemen fasad bangunan dapat menjadi salah satu solusi aplikatif yang menarik untuk memanfaatkan limbah dengan cara yang kreatif, serta menggabungkan aspek estetika dan fungsionalitas. Hal ini mendorong eksplorasi dalam desain material yang ramah lingkungan serta menciptakan pola atau susunan (modul) yang responsif terhadap perubahan lingkungan, baik secara visual maupun dalam hal fungsional. Dengan demikian penelitian ini akan membahas secara mendalam proses

perancangan, pengembangan dan aplikasi praktis dari modul fasad yang terbuat dari limbah CD, serta potensi kontribusinya terhadap praktik arsitektur yang berkelanjutan.

Di lain pihak, pembangunan *Tourism Hall* di Desa Jarak, Wonosalam, mencerminkan semangat untuk memperkuat potensi pariwisata sambil memelihara nilai-nilai kebersamaan dan kerukunan antar umat beragama. Hal ini diperkuat dengan kehadiran 15 mahasiswa dari Miami Dade College, Amerika Serikat yang datang selama 3 hari

untuk mempelajari pluralisme dan multikulturalisme pada tahun 2015 lalu (Wots Sp, 2019). Penduduk Desa Jarak menurut data pusat statistik pada tahun 2021 berjumlah 3,245 penduduk (Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang, 2022) memiliki warga yang majemuk karena terdapat lebih dari satu agama yang diyakini, yaitu agama Islam, Kristen, serta Hindu dan Aliran Kepercayaan (Hasan, 2019). Pada Desa Jarak, Wonosalam sendiri telah dikembangkan wisata lintas desa, yang diperlengkapi dengan perencanaan dan pembangunan fasilitas, serta pembinaan UMKM kuliner untuk mendukung wisata tersebut (Juniwati et al., 2023).

Pada konteks ini pembuatan modul fasad dari limbah CD menjadi suatu langkah yang menarik untuk menghadirkan simbolisasi keberagaman dan persatuan dalam desain bangunan. Limbah dari CD yang tidak terpakai telah menjadi fenomena yang semakin meresahkan dalam masyarakat modern. Penggunaan limbah CD yang beragam warna sebagai bahan untuk modul fasad mengandung makna yang mendalam, dimana setiap warna CD melambangkan individu serta masyarakat yang hidup berdampingan dalam harmoni (Dharmatanna, Wijaya, et al., 2024). Modul fasad kinetik yang terdiri dari CD dengan berbagai warna ini bukan hanya sekedar elemen arsitektur, tetapi menjadi representasi visual yang kuat tentang keberagaman dan keharmonisan warga Desa Jarak yang memperlihatkan bahwa meskipun memiliki perbedaan mereka dapat bersatu dalam keindahan yang beragam. Harapannya, bukan hanya keberadaan modul fasad yang dihadirkan, tetapi juga pesan yang dibawa, yakni pentingnya memelihara kerukunan dan kesatuan di tengah-tengah perbedaan, sebuah nilai yang dijunjung tinggi oleh masyarakat Desa Jarak, Wonosalam.



Gambar 1. Keadaan awal *Tourism Hall*, Desa Jarak - Wonosalam
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

Pembangunan *Tourism Hall* yang dapat dilihat pada gambar 1 ini berada di puncak bukit Pecaringan memiliki lokasi yang strategis dengan kecepatan angin konsisten mencapai 7 m/s dan menawarkan peluang unik untuk menerapkan inovasi modul fasad dengan sistem kinetik. Penggunaan istilah "kinetik" dalam konteks ini mengacu pada kemampuan sistem untuk dipengaruhi oleh perubahan geometri baik secara keseluruhan maupun sebagian tanpa mengorbankan integritasnya (Moloney, 2011).

Keadaan ini memberikan kesempatan yang luar biasa untuk menggunakan modul fasad yang responsif terhadap angin sebagai elemen desain yang tidak hanya estetis, tetapi juga fungsional. Modul fasad dengan sistem kinetik dari limbah CD diharapkan memiliki kemampuan untuk bergerak atau berubah bentuk dalam merespon kekuatan angin yang berada di puncak bukit tersebut. Penggunaan modul fasad kinetik dari bahan limbah CD menjadi relevan dan cocok untuk diterapkan pada *Tourism Hall* di Desa Jarak, Wonosalam.

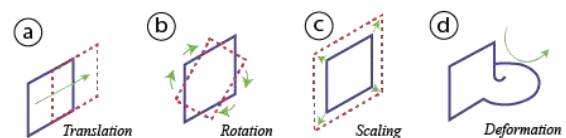
Penggunaan modul fasad yang dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan sekitar, seperti angin yang cukup kencang, tidak hanya menciptakan visual yang menarik tetapi juga meningkatkan efisiensi energi serta memperkuat konsep keberlanjutan dalam desain bangunan. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya membawa nilai estetika, tetapi juga kebermaknaan fungsional yang sesuai dengan kondisi alam di puncak Bukit Pecaringan serta turut mendukung visi pembangunan pariwisata yang berkelanjutan di Desa Jarak, Wonosalam.

Fasad kinetik juga telah menjadi salah satu tren terkini dalam desain fasad yang sedang berkembang di berbagai negara. Pada beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi arsitektur telah mengarah pada penggunaan fasad kinetik yang bergerak karena angin sebagai elemen penting dalam desain bangunan. Fasad kinetik mengacu pada sistem yang menggunakan elemen yang dapat bergerak, seperti panel, sirip, atau kisi-kisi, yang merespon terhadap angin, menciptakan perubahan dalam tampilan atau konfigurasi bangunan. Sistem ini tidak hanya memberikan efek visual yang menarik, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal dalam bangunan. Fasad kinetik adaptif memiliki keunggulan dalam

kemampuannya untuk menyesuaikan diri dengan kondisi yang berubah-ubah, seperti cuaca, waktu, dan lokasi. Fasad kinetik responsif dapat diklasifikasikan menjadi dua faktor utama yang luas: yaitu konfigurasi fasad dan fungsi fasad. Dalam pengertian kinetik, perlu dibedakan antara kinetik dan pendekatan lain untuk merancang desain yang dapat bergerak. Dalam ilmu teori dan praktisi arsitektur, kinetik atau gerakan dapat diartikan sebagai beberapa hal berikut (Moloney, 2011):

- Perubahan aktivitas penghuni
- Gerakan fisik dari penghuni.
- Pergerakan yang dihasilkan dari efek optik perubahan cahaya dan kelembaban udara.
- Gerakan yang terjadi akibat pergerakan bahan tertentu.
- Representasi gerakan melalui bentuk dan permukaan yang muncul secara dinamis.
- Metode desain yang menggunakan transformasi bentuk geometris atau teknik animasi lainnya.

Adapun perubahan pergerakan fasad kinetik secara umum adalah translasi, rotasi, perubahan skala, dan deformasi material, dapat dilihat pada gambar 2. Konsep fasad kinetik telah diidentifikasi oleh alam, teknologi dan arsitektur untuk menciptakan elemen multifungsi untuk memecahkan masalah desain dengan strategi multidisiplin (İLERİSOY & BAŞEĞMEZ, 2018). Konsep utama dalam penerapan kinetik adalah efisiensi pergerakan kinetik. Semakin mudah sistem motorik kinetik, maka semakin optimal dan efisien sistem kinetik tersebut (Alkhayyat, 2013).



Gambar 2. Klasifikasi Fasad Kinetik : a) Translation, b) Rotation, c) Scaling dan, d) Deformation (Dharmatanna, 2024)

Pengelompokkan sistem kontrol kinetik menjadi enam kategori berdasarkan tingkat kompleksitasnya (Fox & Yeh, 2000)

- Kontrol langsung: Diatur secara langsung dari luar sistem oleh sumber energi.
- Kontrol tidak langsung: Pergerakan perangkat tergantung pada umpan balik sensor.
- Kontrol internal: Perangkat tidak memiliki kontrol langsung atau mekanisme seperti

engsel mekanis.

4. Kontrol tidak langsung yang responsif: Pergerakan perangkat bergantung pada beberapa umpan balik dari sensor.
5. Kontrol tidak langsung yang responsif di mana-mana: Perangkat memiliki kemampuan prediksi yang kuat dengan menggunakan sistem kontrol berbasis algoritma prediktif.
6. Kontrol tidak langsung heuristik responsif: Pergerakan perangkat bergantung pada jaringan algoritma yang ditulis dengan kemampuan belajar.

Secara keseluruhan, konsep kinetik dapat menjadi strategi yang signifikan untuk mengoptimalkan fungsi pengaturan fasad yang perlu merespons rangsangan yang berbeda untuk memenuhi kenyamanan penghuni (Dharmatanna, Wulandari, et al., 2024). Tujuan ini akan diselidiki dengan mengidentifikasi dan mengubah faktor fasad penting yang mempengaruhi kondisi kenyamanan dengan tujuan untuk merespon fluktuasi iklim. Sejauh ini, pencapaian teknologi dalam bidang teknik struktur, mekanik, dan material serta teknologi informasi dan komunikasi memiliki efek yang sangat besar pada desain kinetik. Hal ini dikarenakan pengetahuan dasar dari berbagai disiplin ilmu diperlukan untuk menghasilkan desain kinetik (Susam, 2013).

Terdapat lima strategi desain dalam arsitektur kinetik. Strategi pertama bertujuan untuk menyelidiki aspek formal pembuatan desain, termasuk semua aspek modul, konsep, dan morfologi. Strategi selanjutnya menunjukkan aspek inovasi dari teknologi yang dibutuhkan sebelum, selama, dan setelah pergerakan. Strategi ketiga akan mengevaluasi dasar pemikiran proposal kinetik sebelum direalisasikan. Strategi keempat akan mengubah proposal yang dievaluasi menjadi lingkungan yang dibangun secara aktual, dan strategi kelima akan meningkatkan dan mempertahankan produk kinetik akhir melalui aspek kebijakan (Megahed, 2017). Dalam konteks ini, pendekatan kinetik menawarkan perspektif baru dan inovasi desain dalam penelitian dan praktiknya (Angeliki Fotiadou, 2007; Osório et al., 2014).

Penelitian mengenai fasad kinetik dalam satu dekade terakhir menunjukkan kecenderungan untuk berfokus pada peningkatan performa bangunan, khususnya terkait adaptasi terhadap kondisi lingkungan, efisiensi energi, kenyamanan termal, dan

strategi transformasi bentuk bangunan (Megahed, 2017; İlerisoy & Başegmez, 2018). Perkembangan tersebut memperlihatkan bahwa sistem kinetik mampu meningkatkan respons bangunan terhadap perubahan iklim melalui mekanisme pergerakan yang adaptif. Di sisi lain, penelitian mengenai material daur ulang dalam arsitektur lebih banyak menekankan aspek keberlanjutan material, pengurangan limbah, dan nilai ekonomi sirkular. Dalam konteks Indonesia, kajian mengenai fasad kinetik telah mengidentifikasi berbagai peluang implementasi serta persepsi positif pengguna terhadap penggunaan limbah CD sebagai elemen fasad (Dharmatanna, Wijaya, et al., 2024; Dharmatanna, Wulandari, et al., 2024). Namun demikian, penelitian yang mengintegrasikan material limbah ke dalam sistem fasad kinetik adaptif sekaligus memanfaatkannya sebagai media representasi identitas sosial dan budaya suatu komunitas masih relatif terbatas. Kesenjangan tersebut membuka peluang untuk mengembangkan pendekatan desain yang tidak hanya responsif terhadap lingkungan, tetapi juga mampu menyampaikan nilai simbolik dan identitas lokal melalui pemanfaatan material daur ulang.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan modul fasad kinetik berbahan limbah CD yang adaptif terhadap kondisi lingkungan sekaligus merepresentasikan nilai keberagaman masyarakat Desa Jarak. Penelitian ini mengeksplorasi potensi limbah CD sebagai material fasad yang responsif terhadap angin serta memiliki nilai simbolik yang mendukung identitas bangunan wisata multikultural. Kontribusi penelitian ini terletak pada integrasi aspek keberlanjutan material, adaptivitas fasad, dan representasi sosial dalam satu sistem desain arsitektur.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksploratif kualitatif melalui metode eksperimen desain, yang merujuk pada kategori "*research through design*" (Groat & Wang, 2013). Pendekatan ini menempatkan proses perancangan sebagai inti dari penggalian pengetahuan, di mana eksplorasi bentuk, material, dan fungsi menjadi sumber data utama. Dalam konteks ini, desain modul fasad kinetik dari limbah CD tidak hanya dipahami sebagai hasil akhir, melainkan juga sebagai

sarana untuk mengevaluasi gagasan keberlanjutan, adaptivitas, dan representasi sosial dalam arsitektur. Fokus utama adalah merancang dan menguji modul fasad kinetik berbahan limbah CD pada bangunan *Tourism Hall* di Desa Jarak sebagai medium eksplorasi arsitektur berkelanjutan dan representatif.

Proses diawali dengan pengembangan bentuk menggunakan perangkat lunak SketchUp, dilanjutkan dengan pembuatan *mockup* skala 1:1 untuk mengamati gerakan panel terhadap hembusan angin, yang kemudian dilanjutkan dengan pengujian performa. Uji performa di lapangan merupakan praktik khas dari metode "*design as inquiry*" yang menekankan pada iterasi dan refleksi kritis terhadap proses kreatif, seperti yang disarankan oleh Groat & Wang. Evaluasi dilakukan secara visual terhadap performa gerak, refleksi cahaya, dan kesesuaian estetika dengan konteks bangunan. Dalam pendekatan ini, proses perancangan menjadi bagian integral dari pencarian pengetahuan, di mana desain tidak hanya dilihat sebagai produk akhir, tetapi juga sebagai alat reflektif untuk memahami potensi material, lingkungan, dan simbolik dalam desain fasad kinetik.



Gambar 3. Skema Pemikiran Desain (Sumber: Penulis,2023)

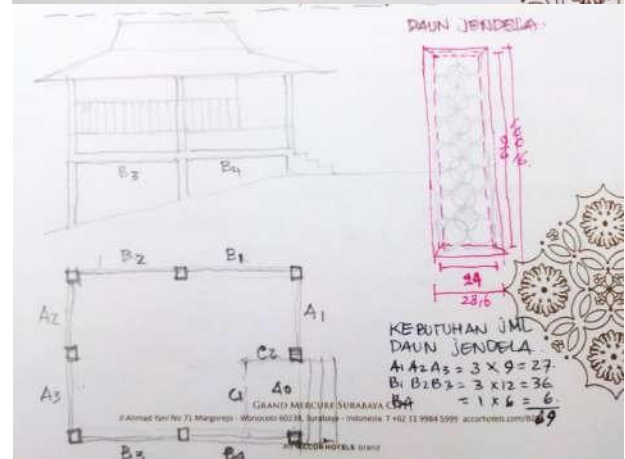
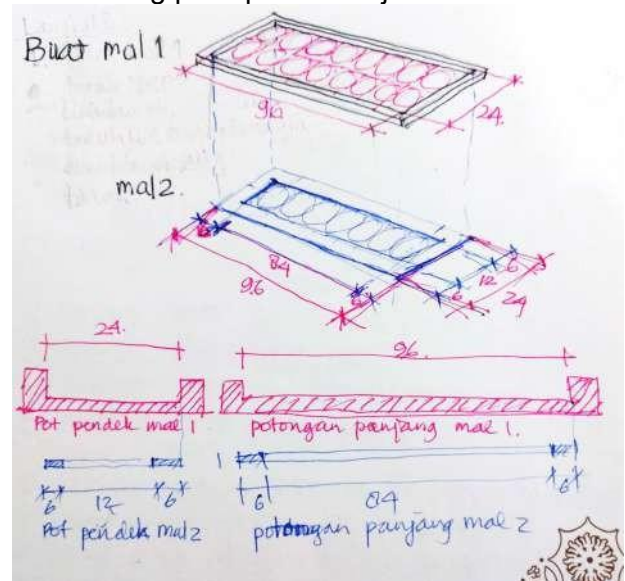
Evaluasi modul dilakukan melalui observasi visual terhadap respons gerak panel, refleksi cahaya yang dihasilkan, serta kesesuaian estetika modul terhadap konteks bangunan. Ketiga aspek tersebut digunakan sebagai indikator untuk menilai keberhasilan penerapan fasad kinetik berbahan limbah CD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan Modul Fasad Kinetik

Pengembangan modul fasad kinetik dilakukan menggunakan pendekatan *research through design*, di mana proses perancangan digunakan sebagai sarana

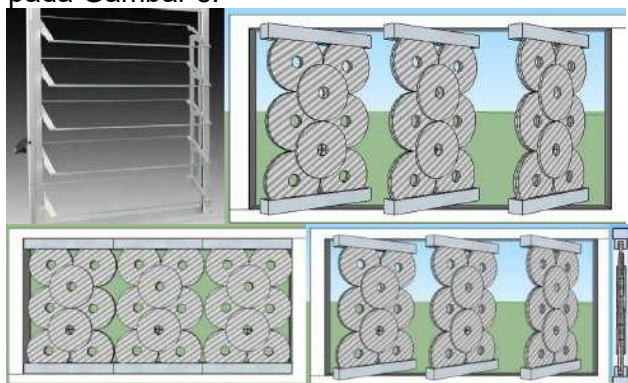
untuk mengeksplorasi potensi limbah *compact disc* (CD) sebagai elemen fasad adaptif. Pada tahap awal pengembangan, bangunan *Tourism Hall* di Desa Jarak belum dilengkapi elemen fasad karena keterbatasan anggaran pembangunan. Kondisi tersebut berpotensi mengurangi kualitas visual bangunan serta mempercepat degradasi elemen interior akibat paparan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan solusi fasad yang ekonomis, mudah dioperasikan, dan mampu menyesuaikan kebutuhan ventilasi maupun pencahayaan. Dalam penelitian ini, limbah CD dipilih sebagai material utama karena ketersediaannya yang melimpah, biaya yang rendah, serta karakter reflektif yang berpotensi menghasilkan kualitas visual yang dinamis. Pertimbangan tersebut kemudian ditransformasikan menjadi konsep modul fasad kinetik berbahan limbah CD yang adaptif terhadap kondisi lingkungan sekaligus mendukung prinsip keberlanjutan.



Gambar 4. Sketsa awal lontaran desain (Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Pengembangan desain diawali melalui eksplorasi berbagai alternatif bentuk modul untuk menemukan konfigurasi yang mampu mengakomodasi fungsi adaptif sekaligus merepresentasikan karakter bangunan wisata multikultural. Tahap ini dilakukan melalui proses sketsa sebagai media eksplorasi awal berbagai kemungkinan bentuk, pola susunan panel, dan mekanisme pergerakan modul. Beberapa alternatif desain dikembangkan dengan mempertimbangkan kemudahan konstruksi, efisiensi penggunaan material, serta kemampuan panel untuk merespons hembusan angin secara pasif. Hasil eksplorasi awal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil eksplorasi sketsa, dipilih alternatif desain yang menggunakan sistem panel berputar dengan susunan CD pada rangka modular. Alternatif ini dipilih karena memiliki mekanisme yang relatif sederhana, mudah direalisasikan, serta memungkinkan terjadinya perubahan tampilan fasad secara dinamis tanpa memerlukan sumber energi tambahan. Desain terpilih kemudian dikembangkan lebih lanjut melalui simulasi digital menggunakan SketchUp untuk mengevaluasi proporsi modul, pola susunan panel, serta integrasinya dengan bangunan *Tourism Hall*. Simulasi digital juga digunakan untuk memvisualisasikan kemungkinan pergerakan panel dan ekspresi visual yang dihasilkan sebelum proses fabrikasi dilakukan. Hasil simulasi digital ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Simulasi Sketchup
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Hasil simulasi menunjukkan bahwa konfigurasi modul yang dipilih mampu membentuk pola fasad yang dinamis sekaligus mempertahankan keterbacaan bentuk bangunan. Untuk memverifikasi mekanisme gerak yang dirancang, simulasi kemudian dilanjutkan melalui pembuatan

mockup skala 1:1. Tahap ini bertujuan menguji kelayakan sistem sambungan, respons gerak panel terhadap angin, serta potensi visual yang dihasilkan oleh susunan CD pada kondisi nyata. Hasil mockup ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Panel mockup 1:1
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Pengujian awal pada mockup menunjukkan bahwa sistem engsel pivot mampu menghasilkan gerakan pasif yang responsif terhadap hembusan angin tanpa memerlukan sumber energi tambahan. Selain mengonfirmasi kelayakan mekanisme gerak, tahap ini juga memberikan dasar untuk penyempurnaan detail konstruksi sebelum modul diproduksi dan diterapkan pada bangunan *Tourism Hall*. Hasil validasi melalui mockup kemudian menjadi dasar pelaksanaan tahap fabrikasi dan implementasi modul pada bangunan.

Fabrikasi dan Implementasi Modul

Setelah desain dan mekanisme modul divalidasi melalui mockup skala 1:1, tahap berikutnya adalah fabrikasi dan implementasi modul pada bangunan *Tourism Hall*. Tahap ini bertujuan menerjemahkan hasil eksplorasi desain ke dalam bentuk fisik yang dapat berfungsi sebagai elemen fasad adaptif sekaligus mendukung konsep keberlanjutan melalui pemanfaatan limbah CD. Proses fabrikasi dilakukan secara bertahap mulai dari persiapan material, pembentukan panel, pemasangan sistem pergerakan, hingga implementasi pada bangunan.



Gambar 7. Pemilahan dan persiapan CD
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Fabrikasi diawali dengan proses pemilahan dan persiapan limbah CD seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Tahap ini bertujuan memastikan material yang digunakan memiliki kondisi fisik yang baik sehingga layak digunakan sebagai elemen fasad. CD yang telah dipilih kemudian dipersiapkan untuk proses pewarnaan dan perakitan sesuai konfigurasi desain yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya.



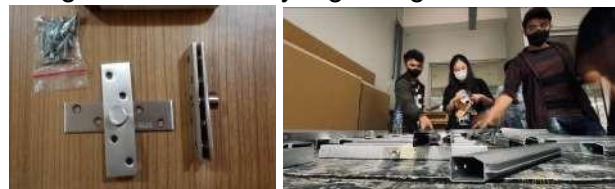
Gambar 8. Pengecatan CD di Lab
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Untuk menghasilkan tampilan visual yang lebih ekspresif, limbah CD diberi lapisan cat transparan (candy tone) tanpa menghilangkan karakter reflektif permukaannya. Seperti terlihat pada Gambar 8, proses pewarnaan dilakukan untuk menghasilkan variasi warna yang nantinya digunakan sebagai representasi visual keberagaman masyarakat Desa Jarak.



Gambar 9. Penempelan CD pada cetakan
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Setelah proses pengeringan selesai, CD dirakit pada cetakan sesuai pola desain yang telah dikembangkan sebelumnya. Penggunaan cetakan seperti terlihat pada Gambar 9 membantu menjaga konsistensi susunan panel sehingga proses fabrikasi dapat dilakukan secara lebih efisien dan menghasilkan modul yang seragam.



Gambar 10. Pemasangan engsel pivot
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Sistem engsel pivot digunakan sebagai mekanisme utama pergerakan panel. Seperti ditunjukkan pada Gambar 10, sistem ini memungkinkan panel berputar secara pasif mengikuti arah angin sekaligus menjaga kestabilan modul saat berada pada posisi terbuka maupun tertutup. Pemilihan sistem ini mendukung konsep fasad kinetik yang responsif terhadap lingkungan tanpa memerlukan sumber energi tambahan.



Gambar 11. Persiapan bingkai aluminium
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)



Gambar 12. Perakitan bingkai aluminium
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Tahap berikutnya adalah persiapan dan perakitan bingkai aluminium sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12. Aluminium dipilih sebagai material rangka karena ringan, tahan korosi, dan mudah dibentuk sehingga sesuai untuk mendukung sistem fasad kinetik. Integrasi antara panel CD, sistem engsel pivot, dan bingkai aluminium menghasilkan modul fasad berukuran 94 cm × 24 cm yang siap diterapkan pada bangunan.



Gambar 13. Pemasangan modul kinetik limbah CD di lapangan
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Modul yang telah selesai diproduksi kemudian dipasang pada bangunan *Tourism Hall* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar

13. Sebanyak 52 modul berhasil diterapkan dengan total pemanfaatan 2.392 keping CD bekas. Implementasi ini menunjukkan bahwa limbah digital dapat diolah menjadi elemen arsitektural yang tidak hanya memiliki nilai lingkungan, tetapi juga berkontribusi terhadap kualitas visual bangunan. Tahap implementasi ini selanjutnya menjadi dasar untuk mengevaluasi performa modul dalam merespons kondisi lingkungan dan membentuk karakter visual bangunan wisata multikultural.

Evaluasi Kinerja Modul

Evaluasi modul dilakukan melalui observasi visual terhadap respons gerak panel, refleksi cahaya yang dihasilkan, serta kesesuaian estetika modul terhadap konteks bangunan. Ketiga aspek tersebut digunakan untuk menilai keberhasilan penerapan fasad kinetik berbahan limbah CD pada bangunan *Tourism Hall*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa modul tidak hanya mampu berfungsi sebagai elemen pelindung bangunan, tetapi juga memberikan nilai visual dan representatif yang mendukung karakter bangunan wisata multikultural.

a. Kinerja Gerak dan Adaptivitas Modul

Aspek fungsionalitas berkaitan dengan kemampuan modul fasad dalam merespons kondisi lingkungan melalui mekanisme pergerakan pasif. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa panel mampu berputar secara konsisten ketika menerima hembusan angin alami dengan kecepatan rata-rata sekitar 7 m/s. Pergerakan tersebut memungkinkan terjadinya perubahan kondisi fasad dari posisi terbuka menuju tertutup maupun sebaliknya tanpa memerlukan sumber energi tambahan. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem engsel pivot yang digunakan mampu mendukung konsep fasad adaptif dengan memanfaatkan energi alam sebagai penggerak utama.



Gambar 14. Modul fasad kinetik dari limbah CD yang telah terpasang
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Kemampuan panel untuk bergerak secara pasif menunjukkan bahwa limbah CD tidak hanya berfungsi sebagai material pelapis fasad, tetapi juga dapat diintegrasikan ke dalam sistem fasad kinetik yang responsif terhadap lingkungan. Temuan ini sejalan dengan konsep adaptive fasad yang menekankan kemampuan selubung bangunan untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan kondisi eksternal secara dinamis (Loonen et al., 2015; Megahed, 2017). Meskipun penelitian ini belum mengukur dampaknya secara kuantitatif terhadap ventilasi maupun pencahayaan alami, hasil observasi menunjukkan adanya potensi pengembangan lebih lanjut untuk mendukung performa lingkungan bangunan.

- b. Kualitas Visual dan Representasi Simbolik
Selain menghasilkan pergerakan yang adaptif, modul fasad juga memberikan kualitas visual yang khas melalui karakter reflektif material CD. Ketika terkena cahaya matahari, permukaan panel menghasilkan pantulan warna yang berubah-ubah sesuai sudut datang cahaya dan posisi panel. Efek visual tersebut menciptakan tampilan fasad yang dinamis serta memberikan pengalaman visual yang berbeda sepanjang waktu pengamatan.



Gambar 15. Modul fasad di sisi lain Tourism Hall
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Dari aspek estetika, penggunaan warna yang beragam pada panel tidak hanya bertujuan meningkatkan daya tarik visual bangunan, tetapi juga merepresentasikan keberagaman masyarakat Desa Jarak. Perbedaan warna pada setiap modul dimaknai sebagai simbol keberagaman budaya dan agama yang hidup berdampingan dalam satu komunitas. Dengan demikian, fasad tidak hanya

berfungsi sebagai elemen pelindung bangunan, tetapi juga sebagai media representasi identitas sosial dan budaya masyarakat setempat.

Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa aspek estetika merupakan faktor yang paling diapresiasi pengguna pada penerapan fasad berbahan limbah CD (Dharmatanna, Wijaya, et al., 2024). Selain mendukung prinsip upcycling dan pengurangan limbah, integrasi limbah CD ke dalam sistem fasad kinetik menghasilkan nilai tambah berupa kualitas visual yang dinamis sekaligus memperkuat identitas bangunan wisata multikultural. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini tidak hanya terletak pada pemanfaatan material daur ulang, tetapi juga pada pengembangan fasad adaptif yang memiliki fungsi representatif terhadap karakter sosial dan budaya lokal.

Keterbatasan dan Pengembangan Lanjut

Meskipun menunjukkan potensi yang baik sebagai fasad adaptif berbahan daur ulang, penerapan limbah CD pada penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Salah satu tantangan utama adalah ketahanan material terhadap kondisi cuaca luar ruang dalam jangka panjang. Permukaan CD berpotensi mengalami retak, perubahan warna, maupun penurunan kualitas akibat paparan radiasi matahari dan hujan secara terus-menerus. Selain itu, performa gerakan panel sangat bergantung pada kecepatan dan arah angin sehingga respons modul dapat berbeda pada setiap kondisi lingkungan.

Keterbatasan lainnya adalah evaluasi penelitian yang masih bersifat kualitatif melalui observasi visual. Penelitian ini belum mengukur secara kuantitatif pengaruh fasad terhadap ventilasi alami, pencahayaan, kenyamanan termal, maupun efisiensi energi bangunan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan metode evaluasi berbasis simulasi maupun pengukuran lapangan untuk memperoleh data performa yang lebih terukur.

Selain aspek teknis, pengembangan lebih lanjut juga dapat dilakukan melalui eksplorasi material daur ulang lain yang memiliki ketahanan lebih baik terhadap kondisi luar ruang. Integrasi sensor atau sistem kontrol sederhana juga berpotensi meningkatkan responsivitas modul sehingga konsep fasad kinetik dapat berkembang dari sistem pasif

menuju sistem adaptif yang lebih cerdas.

PENUTUP

Penelitian ini berhasil mengembangkan fasad kinetik adaptif berbahan limbah *compact disc* (CD) melalui pendekatan *research through design* pada bangunan *Tourism Hall* di Desa Jarak. Proses pengembangan dilakukan melalui tahapan eksplorasi desain, simulasi digital, pembuatan mockup, fabrikasi, hingga implementasi pada bangunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul fasad yang dikembangkan mampu bergerak secara pasif mengikuti hembusan angin melalui sistem engsel pivot serta menghasilkan efek refleksi cahaya yang memperkuat kualitas visual bangunan. Sebanyak 52 modul berhasil diterapkan dengan memanfaatkan total 2.392 keping CD bekas, sehingga menunjukkan potensi limbah digital sebagai material alternatif dalam perancangan fasad adaptif.

Dari aspek akademik, kontribusi utama penelitian ini terletak pada integrasi konsep *upcycling* limbah CD ke dalam sistem fasad kinetik adaptif yang tidak hanya berorientasi pada fungsi lingkungan, tetapi juga berperan sebagai media representasi identitas sosial dan budaya masyarakat Desa Jarak. Temuan ini memperluas kajian mengenai fasad kinetik yang selama ini lebih banyak berfokus pada performa bangunan, dengan menunjukkan bahwa sistem fasad adaptif juga dapat mengakomodasi nilai simbolik dan karakter lokal.

Secara praktis, penelitian ini menunjukkan bahwa material limbah berbiaya rendah dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas visual bangunan sekaligus mendukung prinsip keberlanjutan. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena evaluasi performa dilakukan melalui observasi visual dan belum mencakup pengukuran kuantitatif terkait ventilasi, pencahayaan, maupun efisiensi energi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji performa lingkungan secara lebih terukur serta mengeksplorasi material alternatif yang memiliki ketahanan lebih baik terhadap kondisi luar ruang.

DAFTAR PUSTAKA

Alkhayyat, J. M. J. (2013). *Design strategy for adaptive kinetic patterns: Creating a generative design for dynamic solar shading systems*. University of

Salford.

- Angeliki Fotiadou. (2007). *Analysis of design support for kinetic structures*. Vienna University of Technology.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang. (2022). *Kecamatan Wonosalam Dalam Angka* 2021. <https://jombangkab.bps.go.id/publication/2021/09/24/71eb3fc8737ee7c9e417e669/kecamatan-wonosalam-dalam-angka-2021.html>
- Dharmatanna, S. W. (2024). Facade Morphology with Kinetic System in Tall Buildings. *Tekstur (Jurnal Arsitektur)*, 5(2), 149–160. <https://doi.org/10.31284/j.tekstur.2024.v5i2.4917>
- Dharmatanna, S. W., Wijaya, E. S., Juniwati, A., & Sutejo, M. S. (2024). Perception Study on Kinetic Recycled Compact Disc Facade in Tourism Hall, Jarak—Wonosalam. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1301(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1301/1/012012>
- Dharmatanna, S. W., Wulandari, R. Y., & Salam, I. (2024). Opportunities and Challenges of Implementing Kinetic Façade Typology in Indonesia. *Indonesian Journal of Energy*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.33116/ije.v7i2.187>
- Fox, M. A., & Yeh, B. P. (2000). Intelligent Kinetic Systems. *Springer London*, 1(1st International Workshop on Managing Interactions in Smart Environments), 91–103.
- Garden, A. de, Sebastian. (1988). *“Architectural Composition” by ROB KRIER | Architect & Sculptor*. Rob Krier. <http://robkrier.de>
- Groat, L. N., & Wang, D. (2013). *Architectural Research Methods*. y John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Hasan, M. S. (2019). INTERNALISASI NILAI TOLERANSI BERAGAMA. *Dar El-Ilmi: Jurnal Studi Keagamaan, Pendidikan Dan Humaniora*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.52166/dar>
- İLİRSOY, Z. Y., & BAŞEĞMEZ, M. P. (2018). Conceptual Research of Movement in

- Kinetic Architecture. *Gazi University Journal of Science*, 31(2), 342–352.
- Juniwati, A., Wijaya, E. S., & Aristyanto, E. (2023). Pengembangan Wisata Lintas Desa Sebagai Bentuk Usaha Wisata Desa Jarak Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)*, 6, 1–11.
<https://doi.org/10.37695/pkmcsr.v6i0.2087>
- Megahed, N. A. (2017). Understanding kinetic architecture: Typology, classification, and design strategy. *Architectural Engineering and Design Management*, 13(2), 130–146.
<https://doi.org/10.1080/17452007.2016.1203676>
- Moloney, J. (2011). *Designing Kinetics for Architectural Facades: State Change*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203814703>
- Osório, F., Paio, A., & Oliveira. (2014). KOS - kinetic origami surface. *KOS - Kinetic Origami Surface*, 201–210.
<https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2014.201>
- Susam, G. (2013). *A RESEARCH ON A RECONFIGURABLE HYPERSTRUCTURE FOR ARCHITECTURAL APPLICATIONS*. Izmir Institute of Technology.
- Sutjitra, J. M., Wicandra, O. B., & Asthararianty, A. (2016). PERANCANGAN DAUR ULANG CD BEKAS MENJADI PRODUK BARU BESERTA MEDIA PROMOSINYA. *Jurnal DKV Adiwarna*, 1(8), Article 8.
- Wots Sp. (2019). Jombang Jadi Tujuan Delegates Miami Dade College University USA. *Sarana Pos*.
<https://www.saranapos.com/2019/05/jombang-jadi-tujuan-delegates-miami.htm>
- Zakaria, M. (2019, September 15). Pengertian Compact Disk: Sejarah, Fungsi & Cara Kerjanya (Lengkap). *Nesabamedia*.
<https://www.nesabamedia.com/pengertian-compact-disk/>