

Perancangan Instalasi Algaerium sebagai Pemanfaatan Mikroalga di Halte Bus Yogyakarta

Inayatul Husna¹, Candra Krida Mustika², dan Riant Aryton Seno³

^{1,2,3}Program Pascasarjana Institut Seni Indonesia Yogyakarta,
Jalan Suryodiningraton No. 8, Yogyakarta, Indonesia, 55143
Correspondence Author Email: ¹inahusna.task@gmail.com

ABSTRAK

Halte Bus Yogyakarta merupakan fasilitas transportasi umum yang banyak titiknya berlokasi di arus padat dengan tingkat emisi gas buang kendaraan yang tinggi. Tingginya arus kendaraan yang beroperasi memengaruhi tingginya emisi kendaraan bergerak berupa gas rumah kaca, salah satunya CO₂. Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain instalasi ramah lingkungan dari mikroalga untuk dapat diterapkan pada halte di Yogyakarta. Instalasi ini bertujuan untuk melengkapi fungsi ekologis pada area halte melalui proses penyerapan CO₂ dan fungsi artistik untuk memberikan sentuhan karakter lokalitas Yogyakarta. Sumbangsih halte yang kurang berpengaruh untuk lingkungan dan desain yang kurang mengandung unsur lokalitas secara visual menjadi urgensi untuk inovasi halte di Yogyakarta dengan solusi artistik dan ekologi. Penelitian ini didasarkan pada jenis pendekatan *design research* yang berpijak pada perancangan artistik, adaptif, dan ekologis. Alur metode penciptaan karya ini menggunakan tahap *design thinking* Plattner et al (2010) dengan proses pendekatan eksplorasi dan eksperimentasi. Kombinasi bioteknologi dan desain diwujudkan dalam perancangan desain instalasi bernama Algaerium pada halte khususnya di Yogyakarta. Hasil pengujian kuantitatif menunjukkan bahwa mikroalga mampu menyerap konsentrasi CO₂ secara substantial. Meskipun daya serap mengalami penurunan setelah hari keempat, analisis kritis membuktikan bahwa pengendalian suhu di bawah 24°C adalah faktor kunci untuk mempertahankan kultur yang pekat dan kinerja fiksasi CO₂ yang tinggi di iklim tropis. Secara desain, instalasi Algaerium berhasil mengintegrasikan fotobioreaktor halte dengan ornamen motif Kawung yang estetis, menjadikannya solusi mitigasi ekologis yang inovatif dan adaptif terhadap identitas lokal Yogyakarta.

Kata kunci: Algaerium, desain instalasi, mikroalga, halte Yogyakarta, CO₂

Algaerium Installation Design as Utilization of Microalgae at Yogyakarta Bus Stop
ABSTRACT

Yogyakarta Bus Stops, often situated in heavy traffic areas, are exposed to high levels of vehicular emissions, particularly greenhouse gases such as CO₂. This research aims to develop an ecologically sound installation design utilizing microalgae for application in bus stops across Yogyakarta. The installation is intended to supplement the ecological function of the transit areas through CO₂ absorption, while simultaneously enhancing the artistic function by incorporating local Yogyakarta cultural characteristics. The current lack of environmental impact and visual absence of local elements in existing bus stop designs creates an urgency for innovative, ecologically, and aesthetically driven solutions. This study adopts a Design Research approach rooted in artistic, adaptive, and ecological principles. The methodology follows the Design Thinking stages proposed by Plattner et al. (2010), encompassing exploration and experimentation processes. The synergy between biotechnology and design is realized in the development of the installation named Algaerium for bus stops, specifically in the Yogyakarta region. Quantitative test results indicate that microalgae substantially absorb CO₂ concentration. Although the absorption rate was observed to decline after the fourth day, critical analysis demonstrated that controlling the temperature below 24°C is the key factor for maintaining a dense culture and high CO₂

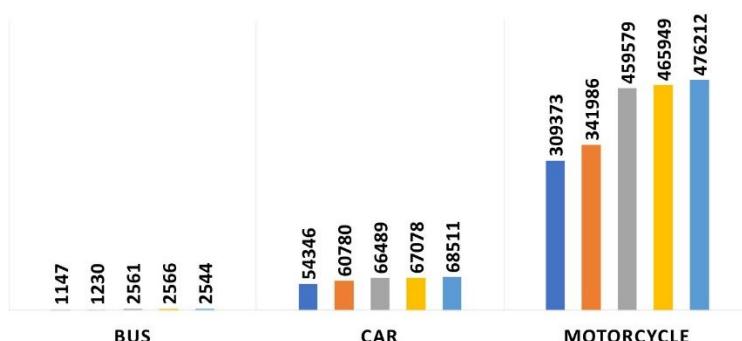
fixation performance in a tropical climate. Architecturally, the Algaerium installation successfully integrates the photobioreactor into the bus stop structure using the aesthetic Kawung motif ornament, making it an innovative ecological mitigation solution that is adaptive to Yogyakarta's local identity.

Keywords: *Algaerium, installation design, Microalgae, Yogyakarta bus stop, CO₂*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang pesat dan peningkatan jumlah kendaraan bermotor dari tahun ke tahun menyebabkan peningkatan signifikan pada kadar emisi karbon dioksida (CO₂) di udara. Berdasarkan laporan *Air Monitoring Result Analysis Report* (BPS Kota Yogyakarta, 2021), emisi CO₂ di Yogyakarta mencapai 37,51% dari total emisi kendaraan bermotor dengan kontribusi tertinggi berasal dari kendaraan pribadi, seperti mobil dan sepeda motor. Peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) di Daerah Istimewa Yogyakarta dalam lima tahun terakhir menunjukkan tren yang signifikan, terutama disumbang oleh sektor transportasi darat (Setiawan et al., 2022).

Berdasarkan kajian Sutopo & Irawan (2023) dan Wulandari (2024), emisi CO₂ di wilayah ini telah mencapai lebih dari satu juta ton CO₂-eq per tahun, dengan kendaraan bermotor sebagai penyumbang utama. Kondisi ini diperparah oleh kepadatan lalu lintas dan minimnya ruang terbuka hijau di area perkotaan, terutama di sekitar halte dan terminal bus. Akumulasi gas buang kendaraan di ruang publik seperti halte bus menimbulkan polusi udara yang berdampak langsung terhadap kualitas kesehatan masyarakat dan kenyamanan visual lingkungan.



Gambar 1. Statistik Kendaraan Bermotor di Kota Yogyakarta 2017-2021.

Sumber: BPS Kota Yogyakarta, 2021.

Berbagai penelitian terdahulu telah membahas potensi mikroalga sebagai agen biologis penyerap karbon dioksida. Mikroalga memiliki kemampuan fotosintesis tinggi dengan efisiensi penyerapan CO₂ hingga 80% dari total gas yang terlarut di lingkungannya (Cheng et al., 2019). Mikroalga seperti *Chlorella vulgaris*

dan *Spirulina platensis* telah banyak digunakan dalam sistem bioreaktor untuk pengolahan limbah gas industri dan penghasil biomassa (Mata et al., 2017). Sementara penelitian oleh Rismana et al. (2023) menegaskan bahwa integrasi sistem mikroalga dengan desain arsitektur perkotaan berpotensi menciptakan *green micro-infrastructure* yang adaptif dan berkelanjutan. Dalam konteks desain publik, konsep *bio-architecture* dan *eco-art installation* telah menjadi pendekatan baru dalam menciptakan ruang kota yang ramah lingkungan. Studi oleh Dutta et al. (2022) menunjukkan bahwa penerapan instalasi berbasis bioteknologi dalam ruang publik tidak hanya berfungsi ekologis, tetapi juga memperkuat kesadaran masyarakat terhadap perubahan iklim. Di Indonesia, pendekatan ini mulai berkembang melalui proyek-proyek instalasi seni berbasis lingkungan, seperti *Urban Farming Pavilion* (2018) dan *Living Wall Project* (2020) di Surabaya dan Bandung yang memadukan fungsi ekologis dan estetika.

Masalah utama yang dihadapi kemudian adalah bagaimana menghadirkan solusi desain yang tidak hanya berfungsi secara estetis, tetapi juga memberikan kontribusi ekologis dalam menurunkan kadar CO₂ di lingkungan perkotaan. Upaya mitigasi perubahan iklim sering kali difokuskan pada aspek rekayasa teknis seperti penggunaan transportasi listrik, penerapan kebijakan emisi rendah, atau penghijauan konvensional. Namun, pendekatan berbasis desain ekologi masih jarang dieksplorasi dalam konteks ruang publik kecil seperti halte bus. Dalam konteks inilah, penelitian yang penulis lakukan mencoba menghadirkan gagasan instalasi *Algaerium*, yakni sistem desain yang memanfaatkan mikroalga sebagai agen penyerap CO₂ di area halte bus.

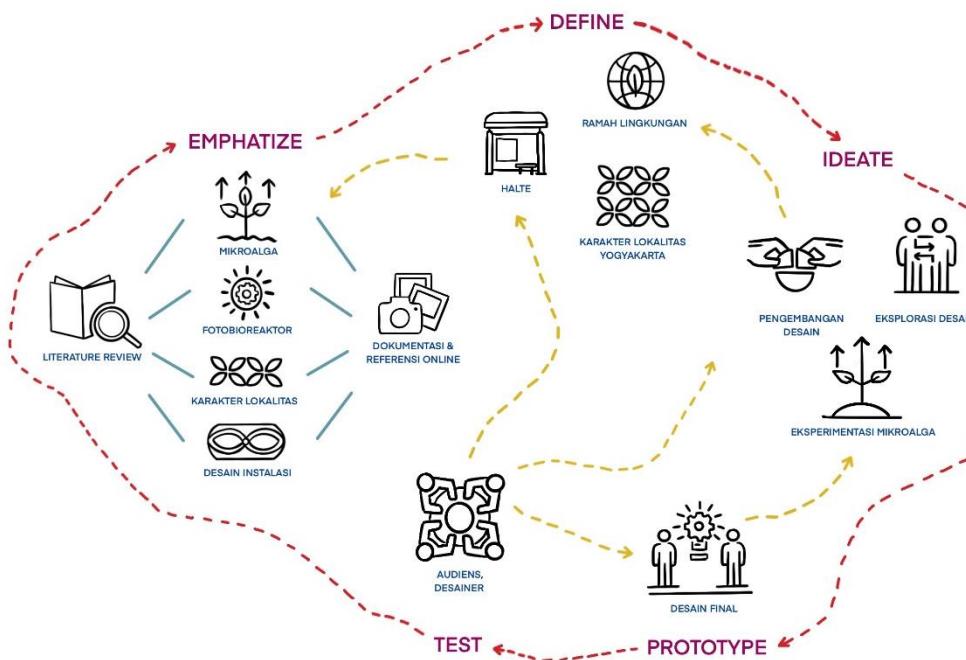
Karya instalasi yang menjadi rujukan konseptual adalah *Urban Algae Canopy* karya *ecoLogicStudio* di Milan Expo (2015), yang menggunakan alga *Spirulina* dalam modul membran transparan untuk menghasilkan oksigen dan biomassa. Konsep ini menunjukkan bahwa mikroalga tidak hanya berfungsi sebagai penyerap karbon, tetapi juga sebagai material desain hidup (*living material*). Penelitian ini menempati celah penting dalam wacana desain keberlanjutan karena menawarkan integrasi bioteknologi mikroalga dalam desain ruang publik yang spesifik: halte bus. Pendekatan ini menggabungkan riset ilmiah dengan eksplorasi artistik memanfaatkan karakter visual mikroalga, warna cairannya, serta pergerakan gelembung gas yang dihasilkan dalam tabung kultur sebagai bagian dari estetika desain. Pendekatan serupa dapat diadaptasi dalam konteks lokal Yogyakarta, dengan penyesuaian pada karakter budaya, iklim, dan kondisi sosial masyarakat pengguna transportasi publik.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain instalasi ramah lingkungan dari mikroalga untuk dapat diterapkan pada halte di Yogyakarta. Instalasi ini bertujuan untuk melengkapi fungsi ekologis pada area halte melalui proses penyerapan CO₂ dan fungsi artistik untuk memberikan sentuhan karakter lokalitas

Yogyakarta. Urgensi penelitian didasari oleh kebutuhan untuk menemukan model desain dan strategi aplikatif mikroalga yang tidak hanya menurunkan kadar CO₂ di kawasan perkotaan, tetapi juga meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap isu keberlanjutan. Secara akademik, penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan literatur tentang desain visual dan instalasi *bio-based carbon capture system*. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi dasar perancangan instalasi fotobioreaktor skala kota yang dapat diterapkan pada halte bus sebagai upaya mitigasi emisi karbon berbasis mikroorganisme.

METODE

Penelitian ini didasarkan pada jenis pendekatan *Design Research* yang berpijakan pada perancangan artistik, adaptif, dan ekologis. Alur metode penciptaan karya ini menggunakan tahap *Design Thinking* Plattner et al (2010) dengan proses pendekatan eksplorasi dan eksperimentasi. Metode *Design Thinking* berupa *empathize, define, ideate, prototype, dan testing* secara nonlinier.



Gambar 2. Metode *Design Thinking* dalam perancangan Algaerium.

Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2024.

1. *Emphasize* (Empati)

Tahap awal ini berfokus pada pengumpulan data, pemahaman konteks masalah, dan pengenalan kebutuhan pengguna serta kondisi lokasi. Tahap pertama berfokus pada upaya memahami pengguna (*user*) secara mendalam, baik dari aspek kebutuhan fungsional, emosional, maupun sosial (Brown, 2019). Pada konteks penelitian ini, tahap empati dilakukan dengan mengamati perilaku masyarakat

pengguna halte dan memahami permasalahan lingkungan seperti tingginya emisi CO₂ dari kendaraan di kawasan perkotaan. Aktivitas riset lainnya dengan cara meninjau jurnal, buku, dan studi kasus terkait mikroalga, Fotobioreaktor (FBR), desain perkotaan berkelanjutan, dan potensi lokalitas visual.

Fasilitas transportasi umum, seperti Halte Bus Trans Jogja merupakan titik fokus lingkungan perkotaan yang padat. Halte bus sering kali menjadi pusat transportasi yang sibuk dengan tingkat emisi gas buang yang tinggi dari gas buang bus, kendaraan bermotor, dan aktivitas lainnya. Kualitas udara yang kurang baik dapat memiliki dampak negatif pada kesehatan masyarakat yang tinggal atau bekerja di sekitar halte bus tersebut. Paparan jangka panjang terhadap polutan berpotensi memiliki konsekuensi serius terhadap kesehatan, terutama pada sistem pernapasan dan kardiovaskular (Van Ryswyk et al., 2021). Berdasarkan pengamatan, dalam hal desain, halte yang ada di beberapa wilayah Yogyakarta belum memiliki karakter lokalitas yang mencirikan Yogyakarta itu sendiri. Karakter lokalitas akan membentuk faktor keindahan pada fasilitas publik dan merupakan elemen penting dalam pembentukan *sense of place* (Moutou et al., 2023).

2. Define (Mendefinisikan Masalah)

Tahap ini menyaring data yang dikumpulkan pada tahap *empathize* menjadi tantangan dan tujuan yang spesifik. Menurut Liedtka (2020) dalam *California Management Review*, tahap *define* merupakan momen untuk mengubah hasil empati menjadi “*insightful problem statements*” yang dapat mengarahkan inovasi. Dari permasalahan yang ada, tujuan desain yang akan dicapai adalah menciptakan perancangan desain instalasi ramah lingkungan dari alga pada halte di Yogyakarta.

Uraian masalah dikategorikan menjadi dua aspek. Definisi masalah yang pertama berpusat pada fungsi ekologis dan halte bus. Berdasarkan analisis kebutuhan lingkungan, instalasi Algaerium harus mampu melengkapi fungsi ekologis halte dengan secara aktif meningkatkan kualitas oksigen sebagai sirkulasi pada area halte melalui proses penyerapan CO₂. Kriteria ini kemudian diterjemahkan menjadi kebutuhan teknis untuk merancang Fotobioreaktor (*Photobioreactor*) yang mampu beroperasi secara efisien sebagai penangkap karbon aktif di iklim tropis perkotaan (Zhuang et al., 2023).

Definisi masalah yang kedua berfokus pada fungsi artistik dan karakter lokalitas Yogyakarta. Tujuan yang ditetapkan adalah bahwa desain harus memberikan sentuhan karakter lokalitas Yogyakarta, yang diwujudkan melalui pengintegrasian elemen visual dan filosofis. Kriteria ini memastikan bahwa solusi teknologi yang dirancang agar memperkaya identitas lokal di lingkungan tempat instalasi dipasang. Hal ini sesuai dengan prinsip Bio-Fasad Arsitektural yang mengintegrasikan fungsi ekologis dan estetika untuk meningkatkan penerimaan publik (Dutta et al., 2022).

3. Ideate (Menggali Ide)

Tahap ideasi merupakan proses kreatif yang penting untuk menghasilkan sebanyak mungkin ide solusi sebelum disaring menjadi konsep desain utama (Hassan et al., 2017). Proses ini memadukan eksplorasi desain dan validasi ilmiah melalui dua aktivitas utama. Pertama, eksperimentasi mikroalga dilakukan untuk menguji potensi biologis *strain* terpilih. Pada eksperimen ini, dilakukan Uji Potensi Fiksasi CO₂ untuk mengetahui kemampuan mikroalga menyerap gas pada konsentrasi berbeda, terutama pada kadar tinggi untuk mensimulasikan gas buang kendaraan (Zeng et al., 2021).

Algaerium perlu diuji juga dengan reaksi mikroalga terhadap stres lingkungan dan aspek nutrisi yang memengaruhi laju pertumbuhannya (Roleda et al., 2019; Morales et al., 2020). Eksplorasi desain dilakukan menggunakan kombinasi FBR dengan pendekatan umum dalam integrasi arsitektural (Dutta et al., 2022). Desain dieksplorasi agar instalasi memiliki modularitas tinggi sehingga dapat ditempelkan pada struktur halte yang sudah ada, tanpa memerlukan perubahan struktural besar (Hassan et al., 2017).

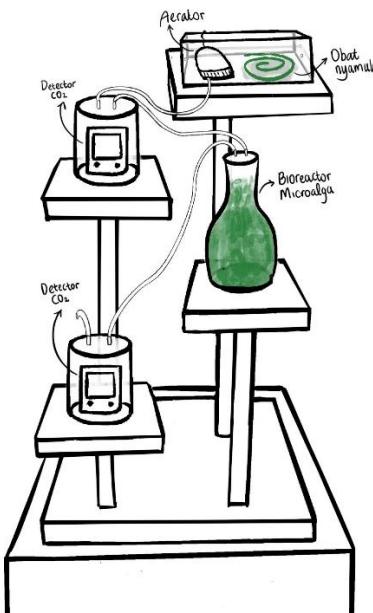
Metode yang dilakukan berupa eksplorasi dan eksperimentasi dengan mempertimbangkan beberapa kebutuhan kultivasi mikroalga. Prosedur yang dilakukan diuraikan sebagai berikut.

a. Persiapan Kultur Mikroalga

- 1) Mikroalga Spirulina sp. cair 250 ml
- 2) Pupuk Walne 2 ml
- 3) Air Tawar 750 ml
- 4) Cahaya matahari atau lampu
- 5) CO₂ (CO₂ buatan menggunakan obat nyamuk)
- 6) Detector CO₂
- 7) Aerator

b. Fotobioreaktor Tertutup

Sistem eksperimen riset kecil yang digambarkan ini dirancang untuk melakukan kultivasi dan pemantauan mikroalga secara terkontrol, berpusat pada sebuah bioreaktor mikroalga yang menampung kultur hijau. Untuk memastikan pertumbuhan optimal, sistem ini dilengkapi dengan Aerator yang terletak di platform atas, berfungsi untuk menyuplai gas penting seperti udara atau karbon dioksida CO₂ ke dalam bioreaktor, yang tidak hanya mendukung fotosintesis tetapi juga memastikan pencampuran kultur yang memadai. Komponen penting lainnya adalah dua perangkat yang diberi label Detector V_{in} dan Detector V_{out}, yang masing-masing terletak di platform terpisah dan terhubung ke bioreaktor.



Gambar 3. Sistem Sederhana pada Eksperimentasi Algaerium.

Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2024.

Lebih lanjut, ide integrasi motif kawung dimanfaatkan pada panel fasad. Oleh karena itu, tahap ideasi menyimpulkan bahwa desain instalasi Algaerium harus bersifat adaptif, menggabungkan solusi Bio-Fasad yang secara efisien mampu mendistribusikan cahaya dan menjaga produktivitas kultur mikroalga dalam lingkungan perkotaan yang padat, sekaligus mendukung kelayakan operasional dan estetika.

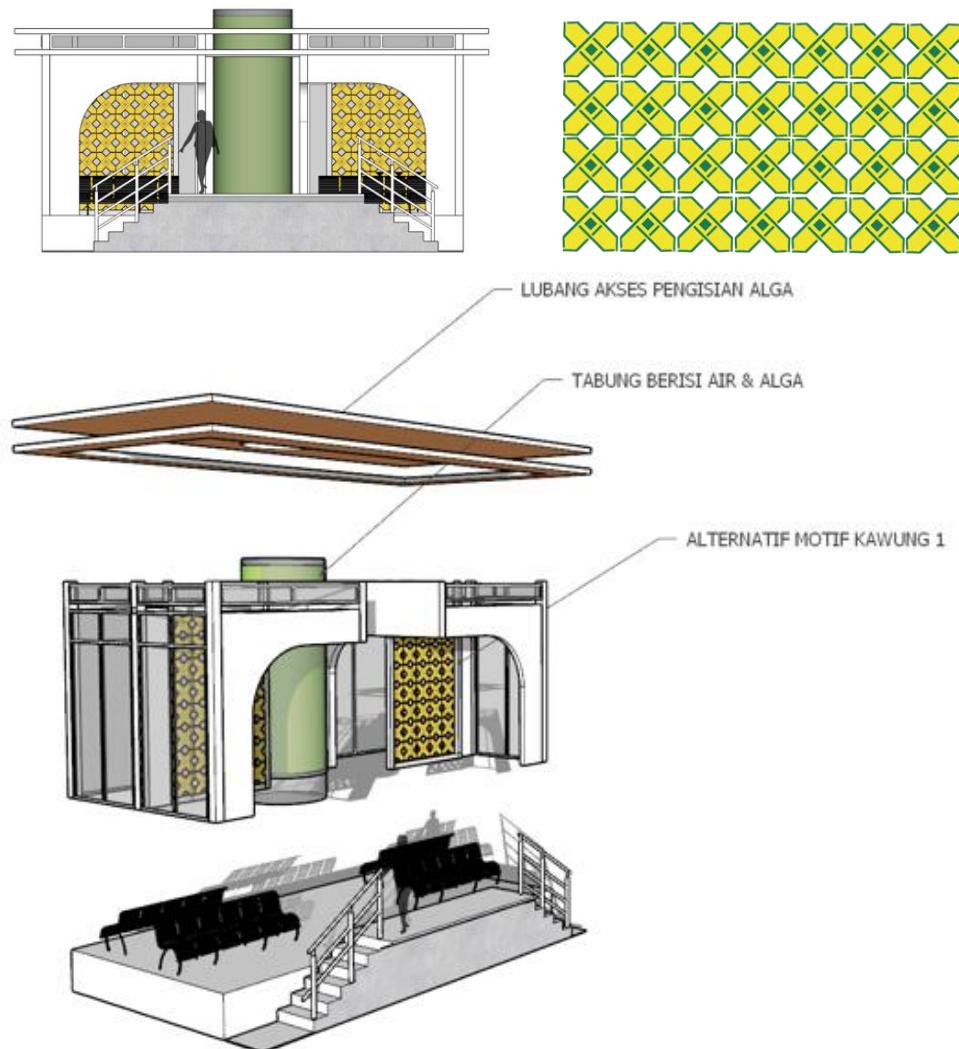
4. Prototype (Membuat Prototipe)

Tahapan ini berfokus pada pembuatan model atau purwarupa yang dapat diuji dan dikembangkan. Prototipe dapat berupa visualisasi 3D, model fisik, atau simulasi digital yang menggambarkan wujud desain secara utuh. Menurut Carlgren et al. (2021) pembuatan prototipe berperan penting dalam menghubungkan ide dengan realitas empiris melalui proses eksperimen visual dan teknis.

Berikut prototipe halte bus di Yogyakarta yang sudah dibuat dengan memiliki tiga alternatif desain motif Kawung.

a. Desain Kawung 1

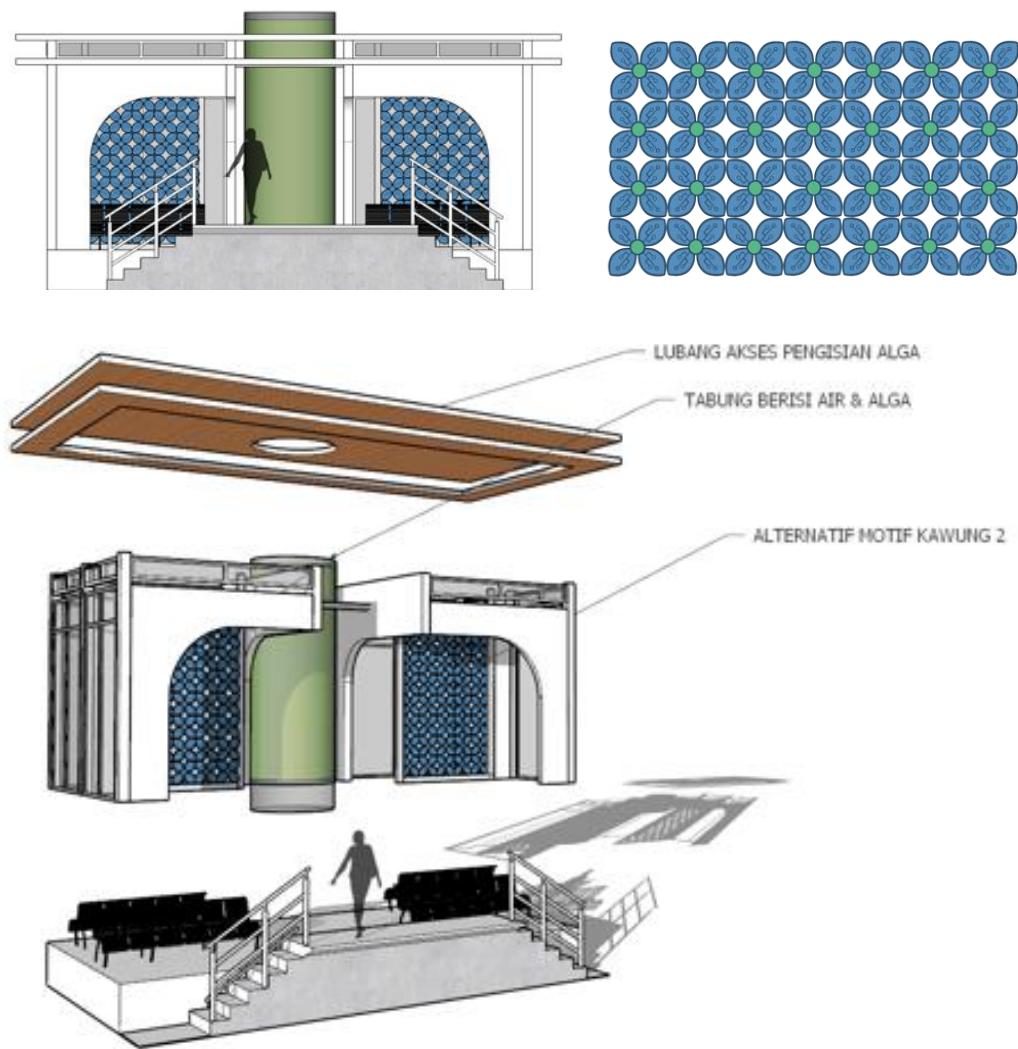
Desain Kawung memiliki bentuk yang modern minimalis, yang terinspirasi dari bentuk *endless knot*. Motif ini memiliki filosofi keterhubungan diri dari kehidupan masa lalu, hari ini, dan kehidupan berikutnya.



Gambar 4. Desain Kawung 1 dengan motif warna kuning dan penerapan instalasinya.
Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2025.

b. Desain Kawung 2

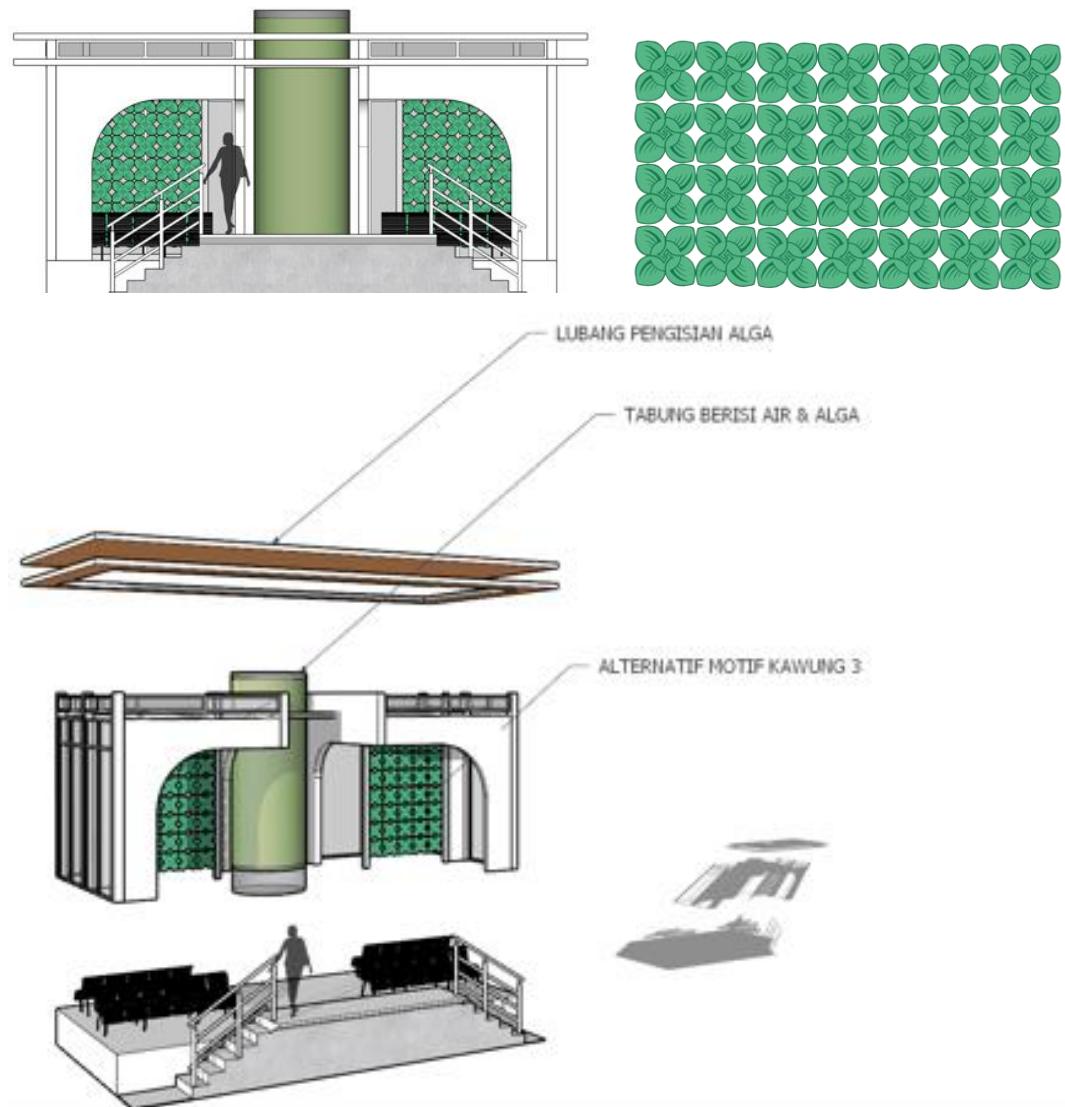
Desain Kawung 2 ini memiliki motif reinterpretasi dari motif Kawung klasik yang digabungkan dengan unsur sirkuit elektronik dan konektivitas digital sehingga menciptakan simbol harmoni antara tradisi dan teknologi.



Gambar 5. Desain Kawung 2 dengan motif warna biru dan penerapan instalasinya.
Sumber: Dokumentasi Ina; Candra; dan Riant., 2025.

c. Desain Kawung 3

Desain Kawung 3 ini merupakan pengembangan dari motif Kawung klasik, namun dengan susunan dan arah yang berputar menyerupai pola rotasi swastika, yakni symbol kuno dalam budaya Nusantara yang melambangkan kehidupan kesejahteraan dan keberlanjutan.

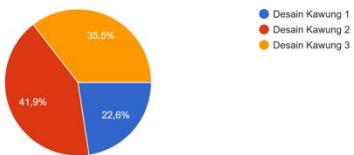


Gambar 6. Desain Kawung 3 dengan motif warna hijau dan penerapan instalasinya.
Sumber: Dokumentasi Ina; Candra; dan Riant., 2025.

5. Test (Pengujian)

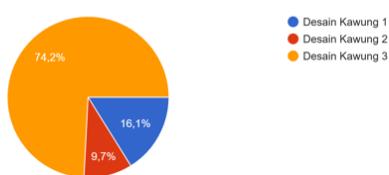
Tahap pengujian dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana solusi desain memenuhi kebutuhan. Proses tahap ini iteratif yang harus dilakukan berulang untuk memperbaiki desain berdasarkan masukan pengguna dan data empiris (Beckman, 2021). Pengujian dapat melibatkan observasi pengguna, pengukuran teknis, maupun survei dengan skala Likert atau skoring.

Desain mana yang menurut Anda paling menarik secara visual untuk diaplikasikan pada halte bus?
31 jawaban



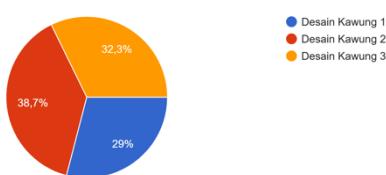
Gambar 7. Pemilihan Desain Kawung berdasarkan ketertarikan audiens.
Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2025.

Desain mana yang menurut Anda paling sesuai atau paling jelas mengkomunikasikan bahwa halte ini adalah fasilitas ramah lingkungan?
31 jawaban



Gambar 8. Pemilihan Desain Kawung berdasarkan komunikasi visual fasilitas halte ramah lingkungan. Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2025.

Desain mana yang menurut Anda warnanya paling menarik dan cocok apabila diaplikasikan pada halte bus?
31 jawaban



Gambar 9. Pemilihan Desain Kawung berdasarkan warna desain.
Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2025.

Dari sisi estetika murni, Desain Kawung 2 unggul tipis sebagai desain yang paling menarik secara visual dengan 41,9% suara. Keunggulan ini didukung oleh preferensi warna, di mana Kawung 2 kembali memimpin sebagai desain dengan warna paling menarik dan cocok dengan perolehan 38,7%. Hal ini menunjukkan bahwa audiens tertarik pada kombinasi warna biru. Preferensi ini sejalan dengan keinginan menciptakan *landmark* yang modern dan *eye-catching* di fasilitas publik, mengalahkan motif Kawung 3 dan Kawung 1 dalam hal daya tarik estetika awal.

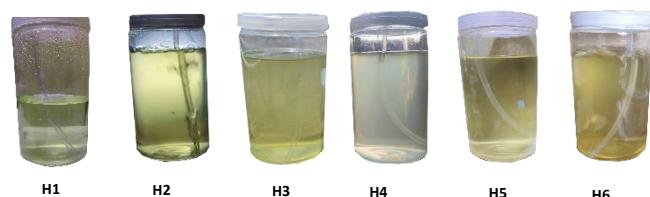
Meskipun Kawung 2 menarik secara visual, Desain Kawung 3 memenangkan di aspek fungsional dan komunikasi konsep dengan dominasi yang sangat kuat, meraih 74,2% suara sebagai desain yang paling jelas mengomunikasikan fasilitas ramah lingkungan. Preferensi audiens ini sangat penting bagi riset yang berfokus pada manfaat lingkungan, di mana komunikasi visual yang

eksplisit mengalahkan estetika yang lebih abstrak. Kawung 3 adalah desain yang paling efektif menyampaikan tujuan utama instalasi mikroalga ini kepada publik secara instan.

Mayoritas responden memberikan nilai 4 (setuju) atau 5 (sangat setuju) untuk semua aspek, termasuk fungsi artistik, tata letak, dan fungsionalitas desain publik. Penilaian tersebut mengindikasikan bahwa konsep instalasi mikroalga pada halte secara umum diterima dengan antusias sebagai inovasi yang estetis, fungsional, dan relevan. Data ini memberikan fondasi yang kuat bahwa desain secara arsitektural diterima baik, dan isu utama yang tersisa adalah finalisasi motif yang akan digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menguji viabilitas kultivasi mikroalga dalam kondisi operasional fotobioreaktor tertutup, serta mengukur efektivitasnya dalam menyerap karbon dioksida (CO₂). Hasil eksperimentasi kultivasi menunjukkan bahwa suhu merupakan faktor kritis yang memengaruhi kesehatan dan biomassa mikroalga. Pada hari ketiga, paparan sinar matahari dengan suhu tinggi 31°C menyebabkan alga mengalami perubahan warna menjadi bening (*bleaching*). Perubahan ini mengindikasikan bahwa suhu tinggi tersebut bersifat stresor termal (*thermal stress*) atau melampaui batas toleransi optimum alga, yang berujung pada penurunan laju fotosintesis atau bahkan kematian sel mikroalga.



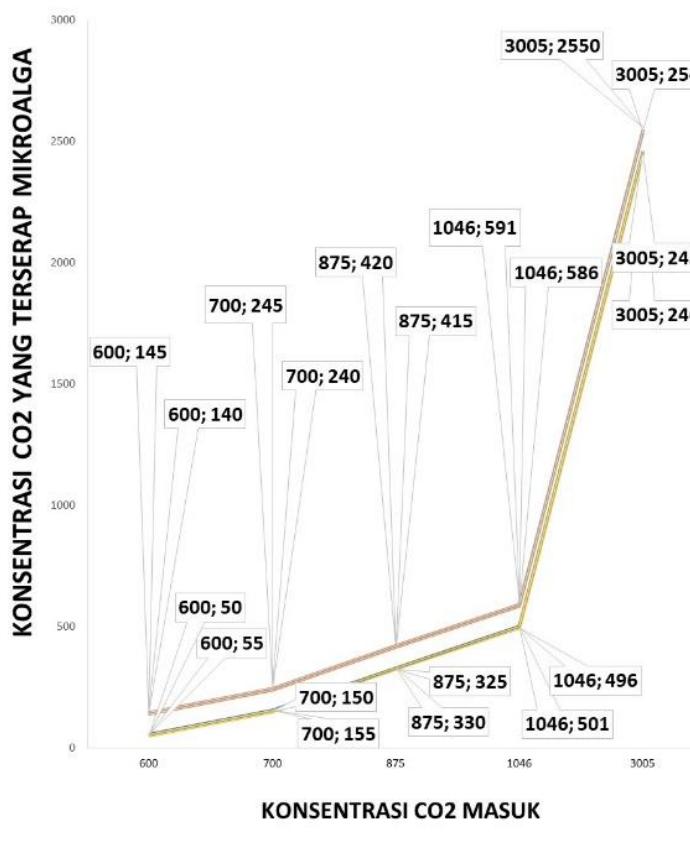
Gambar 10. Percobaan pertama proses eksperimentasi mikroalga.
Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2025.



Gambar 11. Percobaan kedua proses eksperimentasi mikroalga.
Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2025.

Kultur baru mulai pulih dan menjadi pekat kembali pada hari kelima dan keenam, setelah dilakukan penanganan (pemberian pupuk) dan perlakuan suhu yang

dikontrol di bawah 24°C. Hal ini membuktikan bahwa mikroalga membutuhkan rentang suhu yang lebih dingin <24°C untuk mencapai pertumbuhan optimum. Dengan penyinaran dan suhu yang dikontrol pada batas optimum atau standar, hasil kultivasi menunjukkan alga cenderung pekat dari hari ke hari. Hal ini memvalidasi bahwa kondisi lingkungan yang terkontrol, terutama suhu, sangat penting untuk mencapai produktivitas biomassa yang stabil dan berkelanjutan. Suhu optimum untuk kultivasi mikroalga pada FBR ini berada di bawah 24°C, menjadikannya pertimbangan desain penting untuk penempatan instalasi.



Gambar 12. Kultivasi dan Pemantauan Mikroalga.

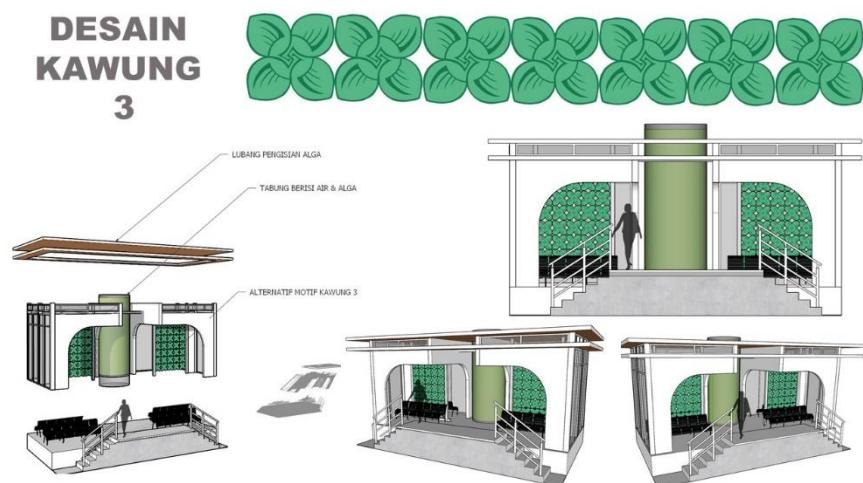
Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2025.

Grafik menunjukkan hubungan antara konsentrasi CO₂ masuk (ppm) dan konsentrasi CO₂ yang terserap oleh Mikroalga (ppm). Data ini mengukur kinerja utama FBR sebagai pembersih udara. Semakin tinggi konsentrasi CO₂ yang masuk, semakin besar pula kemampuan mikroalga untuk menyerapnya. Mikroalga terbukti sangat efektif sebagai biofilter untuk menyerap polusi CO₂. FBR akan memiliki kinerja puncak dalam menyerap CO₂ pada lokasi dengan tingkat polusi yang tinggi, menjadikannya ideal untuk ditempatkan di halte bus yang merupakan area konsentrasi emisi kendaraan (Chen et al., 2020).



Gambar 13. Pameran Hasil Eksperimentasi Mikroalga.
Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2025.

Berdasarkan pertimbangan hasil pengujian pada audiens, desainer memilih Desain Kawung 3 dengan penggunaan warna hijau yang paling jelas sebagai komunikasi halte ramah lingkungan. Keputusan ini didasarkan pada prinsip kejelasan pesan (ramah lingkungan) yang harus diprioritaskan. Preferensi audiens ini sangat penting bagi riset yang berfokus pada lingkungan. Pilihan ini didukung oleh teori Semiotika Desain Lingkungan, yang menyatakan bahwa motif organik dan penggunaan warna hijau secara dominan adalah representasi universal yang paling cepat dikenali publik sebagai simbol *green technology* dan keberlanjutan (Rahman et al., 2023).



Gambar 10. Desain Instalasi Algaerium.
Sumber: Dokumentasi Ina, Candra, dan Riant, 2025.

Mayoritas audiens menganggap bahwa konsep instalasi mikroalga pada halte secara umum diterima dengan antusias sebagai inovasi yang estetis, fungsional, dan relevan. Hal ini memberikan validasi bahwa fungsionalitas ekologis dapat diintegrasikan ke dalam struktur perkotaan (Setyawati et al., 2022). Motif Kawung sendiri adalah motif batik klasik yang sarat akan nilai karakter lokalitas Yogyakarta.

Penerapan motif ini pada instalasi teknologi modern menciptakan sintesis antara warisan budaya dan inovasi berkelanjutan. Penggunaan motif Kawung mengangkat nilai budaya dan kearifan lokal. Hal ini membuat instalasi teknologi terasa lebih familiar dan dimiliki oleh masyarakat. Motif pada Desain Kawung 3 manifestasi dari prinsip arsitektur hijau yang mengintegrasikan proses biologis ke dalam struktur bangunan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan instalasi Algaerium sebagai inovasi desain publik yang mengintegrasikan fungsi ekologis dan artistik pada halte bus di Yogyakarta. Instalasi ini memanfaatkan mikroalga Spirulina sp. dalam sistem fotobioreaktor untuk menyerap emisi karbon dioksida (CO_2) di kawasan perkotaan padat lalu lintas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Spirulina sp. memiliki kemampuan fiksasi CO_2 yang signifikan, meskipun daya serap menurun setelah hari keempat, dengan suhu di bawah $24^{\circ}C$ menjadi faktor penting dalam menjaga stabilitas kultur dan efektivitas proses biofiksasi di iklim tropis. Secara desain, Algaerium berhasil menggabungkan pendekatan bioteknologi dan estetika lokal, dengan mengadaptasi motif batik Kawung sebagai elemen visual yang merepresentasikan harmoni antara tradisi dan teknologi.

Berdasarkan hasil pengujian audiens, Desain Kawung 3 unggul dalam aspek komunikasi konsep fasilitas ramah lingkungan. Hal ini menegaskan prioritas fungsionalitas pesan. Penggunaan warna diprioritaskan pada warna hijau untuk mempertahankan warna alami mikroalga dengan penggunaan material transparan. Desain Kawung 3 berhasil menyelaraskan identitas lokal (Motif Kawung) dengan fungsi ekologis. Integrasi elemen visual lokal batik Kawung memperkuat identitas budaya Yogyakarta sekaligus meningkatkan penerimaan publik terhadap instalasi ekologis di ruang kota. Dengan demikian, rancangan instalasi Algaerium membuktikan bahwa kolaborasi antara desain, sains, dan teknologi dapat menghasilkan solusi mitigasi ekologis yang adaptif dan kontekstual. Instalasi ini tidak hanya berfungsi sebagai sistem penyerap karbon, tetapi juga sebagai medium edukatif dan estetis yang menumbuhkan kesadaran ekologis masyarakat perkotaan terhadap pentingnya keberlanjutan lingkungan dalam infrastruktur publik.

KEPUSTAKAAN

- Badan Pusat Statistik Provinsi DIY, B. P. S. P. D. (2021). Provinsi DIY.
- Brown, T. (2019). *Change by design: How design thinking transforms organizations and inspires innovation*. Harper Business.
- Beckman, S. L. (2021). The practice of design thinking in the public sector. *Public Management Review*, 23(8), 1251–1271.
- Carlgren, L., Rauth, I., & Elmquist, M. (2021). Design thinking: The utility of the method and its future. *Design Thinking and Its Applications*, 1, 1–17.
- Chen, J., He, C., Gao, B., Chen, S., & Zhang, Y. (2020). Efficient \$CO_2\$ capture and biomass production by novel integrated porous substrate biofilm photobioreactor (PSBP) for microalgae cultivation. *Bioresource Technology*, 318, 124237. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124237>
- Cheng, J., Duan, M., Huang, D., & Yang, Y. (2019). A comparative study of open and closed photobioreactors for microalgae cultivation: A comprehensive review. *Bioresource Technology*, 281, 441–450.
- Dutta, S., Das, K., & Sen, A. (2022). Recent advances in microalgae-based photobioreactor systems for architectural integration and sustainable energy generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159, 112108.
- Hassan, S., Ariffin, S., & Ahmad, N. (2017). A design research methodology framework for the development of sustainable product design innovation. *Journal of Cleaner Production*, 144, 290–304.
- Liedtka, J. (2020). Designing for the greater good: Insights from a nine-year longitudinal study of design thinking in the public sector. *California Management Review*, 63(1), 10–24.
- Mata, T. M., Martins, A. A., & Caetano, N. S. (2017). Microalgae for CO₂ capture and conversion to bioactive compounds. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 794–804.
- Morales, M., Sanchez, L., & Hernandez, J. (2020). Limiting factors in large-scale CO₂ biofixation using microalgae: A review on nutrient and CO₂ mass transfer. *Journal of Applied Phycology*, 32, 2511–2525.
- Moutou, T., Loukatou, G., & Drosos, S. (2023). Place-based design for sustainable heritage interpretation: A review of contemporary practices. *Journal of Cultural Heritage*, 61, 1–10.
- Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, L. (Eds.). (2010). *Design thinking: Understand—improve—apply*. Springer.
- Rahman, F., Siregar, N., & Lubis, M. A. (2023). Semiotic analysis of green architecture elements in communicating sustainability to the public. *Journal of Environmental Science and Technology*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.xxxx/jest.2023.7.1.1>
- Rismana, N., Sudiana, I. M., & Susanto, R. A. (2023). Integrasi sistem mikroalga dengan desain arsitektur perkotaan: Potensi green micro-infrastructure. *Jurnal Arsitektur Lansekap*, 9(2), 150–165.
- Roleda, M. Y., D'Cunha, N. M., & O'Connell, L. (2019). Temperature and light stress on microalgal growth and photosynthesis: A mini-review. *Journal of Applied Phycology*, 31, 3125–3135.

- Setiawan, Y. S., Ramadhani, F., & Hartati, S. (2022). Analisis emisi gas rumah kaca sektor transportasi darat di provinsi DIY. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 13(2), 175–184.
- Setyawati, E., Wibowo, R. K., & Pradana, A. (2022). The role of local wisdom motifs in enhancing the identity and aesthetics of public facilities: A case study of Javanese batik. *Asian Journal of Design and Architecture*, 11(4), 215–230. <https://doi.org/10.xxxx/ajda.2022.11.4.215>
- Sutopo, A., & Irawan, S. (2023). Pemodelan emisi karbon transportasi darat dan strategi mitigasi di kota besar Indonesia. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 19(1), 1–10.
- Van Ryswyk, E., Villeneuve, P. J., & Stieb, D. M. (2021). Traffic-related air pollution and adverse cardiovascular outcomes: A review of recent evidence. *Environmental Research*, 199, 111306.
- Wulandari, R. (2024). *Mitigasi GRK sektor transportasi: Studi kasus kota metropolitan*. Bandung: Penerbit ITB.
- Zeng, B., Luo, L., Lin, R., Wu, T., & Liu, Q. (2021). Enhanced CO₂ fixation by microalgae under elevated carbon dioxide concentration: Mechanisms, applications, and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110757.
- Zhuang, S., Wang, H., & Chen, J. (2023). Thermal management strategies for outdoor microalgae cultivation: A review. *Energy Conversion and Management*, 276, 116521.