

DESAIN BANGUNAN PEMURNI UDARA BERBASIS MESIN *ELECTROSTATIC PRECIPITATOR* DI PURI KEMBANGAN

Kelvin Lukardi¹⁾, Fermanto Lianto^{2)*}

¹⁾Program Studi S1 Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta, kelvin.lukardi.kl@gmail.com

^{2)*}Program Studi S1 Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta, fermantol@ft.untar.ac.id

*Penulis Korespondensi: fermantol@ft.untar.ac.id

Masuk: 14-07-2025, revisi: 19-08-2025, diterima untuk diterbitkan: 23-10-2025

Abstrak

Jakarta tengah menghadapi tantangan lingkungan yang semakin serius, terutama terkait dengan isu kualitas udara yang memburuk serta Fenomena *Urban Heat Island (UHI)*. Berdasarkan data terkini, konsentrasi partikel polutan udara PM 2.5 di Wilayah Jakarta telah mencapai angka $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jauh melampaui ambang batas aman yang ditetapkan oleh *World Health Organization (WHO)*, yaitu sebesar $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Selain itu, fenomena UHI turut memperburuk kondisi lingkungan, terutama di Kawasan Puri Kembangan, Jakarta Barat. Di area ini, suhu permukaan pada siang hari mencapai 34°C . Kondisi ini tidak hanya berdampak pada kesehatan masyarakat, tetapi juga menuntut intervensi desain lingkungan yang mampu beradaptasi terhadap tantangan tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif-deskriptif, dengan cara mendata dan menganalisis kualitas udara serta kecepatan angin di Kawasan Puri Kembangan, dan mensimulasikannya di *Computational Fluid Dynamics (CFD)* untuk mengkaji pergerakan udara secara mendalam, sedangkan untuk metode perancangan yang digunakan adalah dengan menggabungkan teknik *Cross Ventilation*, *Double Skin*, dan *Windcatcher* untuk menciptakan bangunan yang hemat energi. Penelitian ini bertujuan untuk mencari solusi yang responsif melalui pengembangan bangunan pemurni udara. Konsep ini memadukan penggunaan teknologi berupa Mesin *Electrostatic Precipitator*, serta sistem biologis berupa *Algae Tubular Photobioreactor*. Hasil akhir berupa desain bangunan yang berfungsi sebagai sistem penyaringan udara yang mampu mengolah udara kotor menjadi udara bersih secara mandiri.

Kata kunci: *Algae; Electrostatic Precipitator; Polusi; Purification*

Abstract

Jakarta is facing increasingly serious environmental challenges, especially related to the issue of deteriorating air quality and the *Urban Heat Island (UHI)* phenomenon. Based on recent data, the concentration of PM 2.5 air pollutant particles in the Jakarta area has reached $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, far exceeding the safe threshold set by the *World Health Organization (WHO)*, which is $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In addition, the UHI phenomenon has also worsened environmental conditions, especially in the Puri Kembangan area, West Jakarta. In this area, the surface temperature during the day reaches 34°C . This condition not only impacts public health, but also demands environmental design interventions that are able to adapt to these challenges. The research method used is qualitative-descriptive, by recording and analyzing air quality and wind speed in the Puri Kembangan area, and simulating it in *Computational Fluid Dynamics (CFD)* to study air movement in depth, while the design method used is to combine *Cross Ventilation*, *Double Skin*, and *Windcatcher* techniques to create energy-efficient buildings. This research aims to find a responsive solution through the development of an air purifying building. This concept combines the use of technology in the form of an *Electrostatic Precipitator Machine*, as well as a biological system in the form of an *Algae Tubular Photobioreactor*. The final result is a building design that functions as an air filtration system capable of processing dirty air into clean air independently.

Keywords: *Algae; Electrostatic Precipitator; Pollution; Purification*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jakarta saat ini sedang menghadapi tantangan serius terkait kualitas udara dan Fenomena *Urban Heat Island (UHI)*. Data menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi tahunan PM 2.5 di Jakarta mencapai $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jauh melebihi batas aman yang ditetapkan oleh *World Health Organization (WHO)* yaitu $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mahalana, et al., 2022). Salah satu sumber utama masalahnya adalah emisi kendaraan bermotor, yang merupakan kontributor signifikan terhadap tingginya tingkat polusi udara PM 2.5 di Jakarta – (kondisi polusi udara Jakarta seperti terlihat pada gambar 1). Fenomena UHI juga memperburuk kondisi lingkungan di Jakarta. Studi menunjukkan bahwa terdapat perbedaan suhu permukaan antara pusat kota dan daerah pinggiran kota sebesar 3°C hingga 6°C , terutama di daerah seperti Puri Kembangan, Jakarta Barat (Siswanto, et al., 2023). Perbedaan suhu ini berdampak pada kenyamanan termal dan kesehatan masyarakat di Jakarta.



Gambar 1. Polusi Udara di Jakarta
Sumber: forestdigest.com, 2025

Selain berdampak pada kesehatan, kualitas udara yang buruk dan fenomena UHI juga mempengaruhi produktivitas serta kualitas hidup masyarakat perkotaan. Paparan jangka panjang terhadap polusi udara, khususnya PM 2.5, telah dikaitkan dengan peningkatan risiko penyakit pernapasan, kardiovaskular, hingga kematian dini (Syuhada, et al., 2023).

Perpaduan antara polusi udara dan fenomena UHI menciptakan dampak lingkungan yang saling memperburuk dan sulit diatasi tanpa penerapan desain lingkungan yang inovatif dan berkelanjutan. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi arsitektur yang tidak hanya mampu menurunkan tingkat polusi udara, tetapi juga mengurangi suhu mikroklimat perkotaan melalui penerapan ventilasi alami, optimalisasi ruang hijau, serta integrasi teknologi pemurnian udara dalam rancangan bangunan.

Rumusan Permasalahan

Bagaimana merancang sebuah bangunan pemurni udara yang mampu merespon permasalahan polusi udara dan fenomena UHI di Daerah Puri Kembangan, Jakarta Barat?

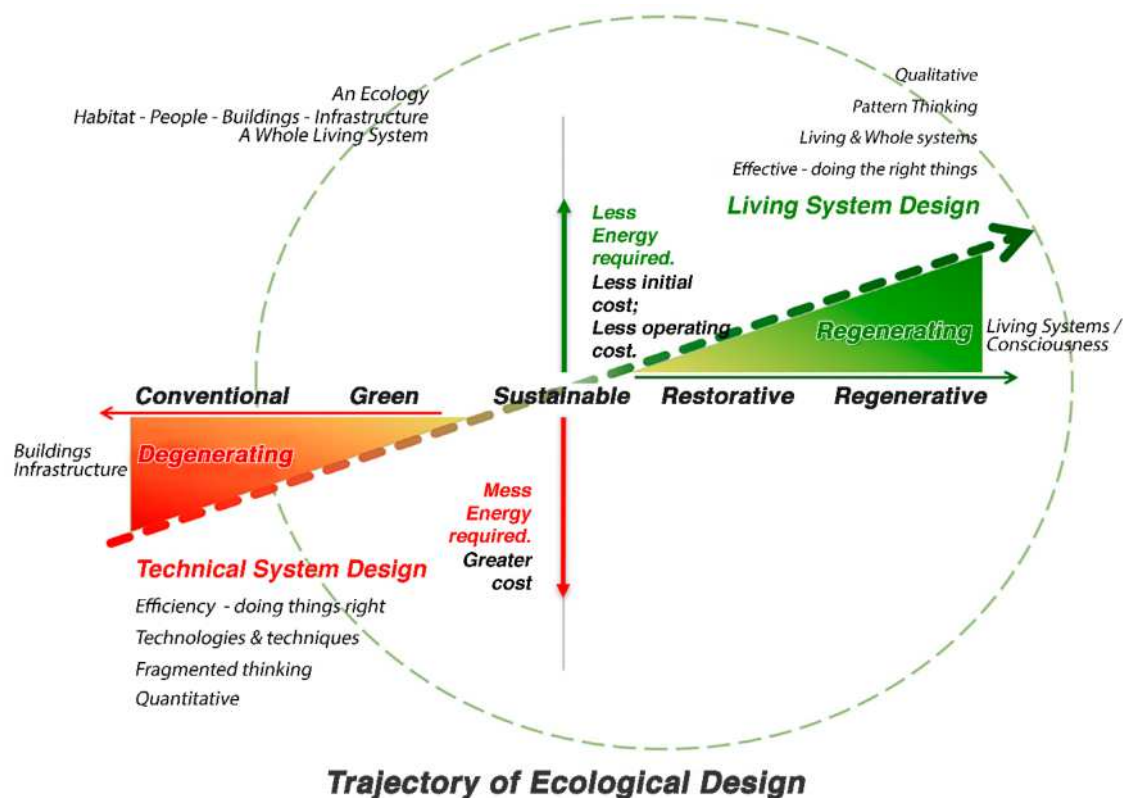
Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah bangunan pemurni udara yang dapat memberikan solusi dalam memecahkan masalah polusi udara dan fenomena UHI di daerah Puri Kembangan, Jakarta Barat.

2. KAJIAN LITERATUR

Arsitektur Regeneratif

Arsitektur regeneratif adalah pendekatan desain yang tidak hanya berfokus pada keberlanjutan, tetapi juga berupaya untuk memulihkan dan meningkatkan sistem ekologi dan kehidupan manusia dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip desain yang mendukung proses regenerasi alami. Hal ini mencakup penerapan prinsip-prinsip seperti pemikiran sistem holistik, integrasi lanskap, pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan, peningkatan keanekaragaman hayati, dan kolaborasi yang adil antara manusia dan alam (Cheshire, 2024). Konsep arsitektur regeneratif memiliki perbedaan yang jelas dibandingkan dengan konsep-konsep arsitektur sebelumnya, seperti arsitektur berkelanjutan dan arsitektur hijau, sebagaimana ditunjukkan pada (Gambar 2).



Gambar 2. *Regenerative Concept Diagram*

Sumber: informaconnect.com, 2025

Beberapa prinsip utama dalam arsitektur regeneratif (Cheshire, 2024) meliputi: Pemikiran sistem holistik – memahami bangunan sebagai bagian dari ekosistem yang lebih luas dan mempertimbangkan interaksi antara elemen-elemen alami dan buatan; Integrasi lanskap – mendesain bangunan yang harmonis dengan lanskap sekitarnya, memanfaatkan sumber daya lokal dan memperhatikan konteks ekologis; Pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan – mengoptimalkan penggunaan energi, air, dan material untuk mengurangi konsumsi dan limbah; Peningkatan keanekaragaman hayati – menciptakan ruang yang mendukung keanekaragaman hayati lokal dan memperbaiki habitat alami; Kolaborasi yang Adil – melibatkan komunitas lokal dalam proses desain dan pembangunan untuk memastikan bahwa kebutuhan dan nilai-nilai mereka dihormati.

Kualitatif Deskriptif

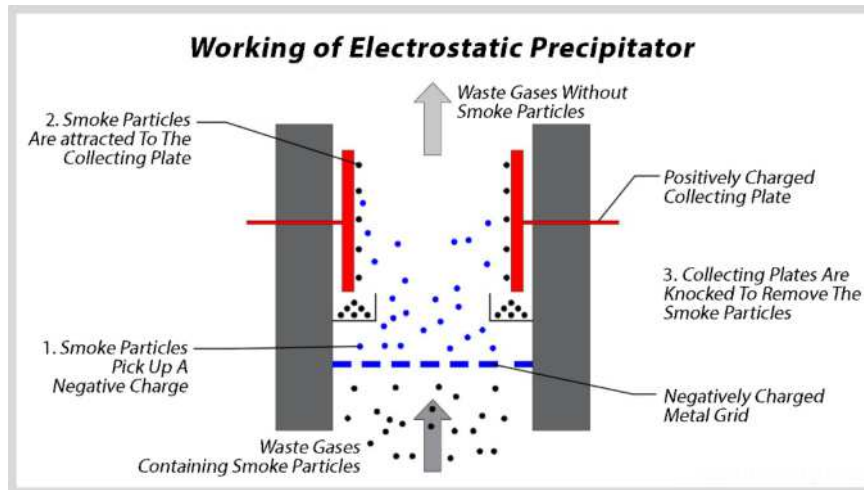
Metode kualitatif deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran faktual dan rinci mengenai suatu fenomena dengan bahasa yang sederhana dan apa adanya. Metode ini cocok bagi peneliti pemula karena fleksibel dan fokus pada deskripsi mendalam tanpa interpretasi berlebihan (Colorafi & Evans, 2016). Kualitatif deskriptif efektif untuk memahami pengalaman subjek dengan mempertahankan kata-kata asli mereka sehingga hasilnya lebih autentik (Doyle, McCabe, Keogh, Brady, & McCann, 2019). Berikut alur penelitian menggunakan metode kualitatif deskriptif (Gambar 3).



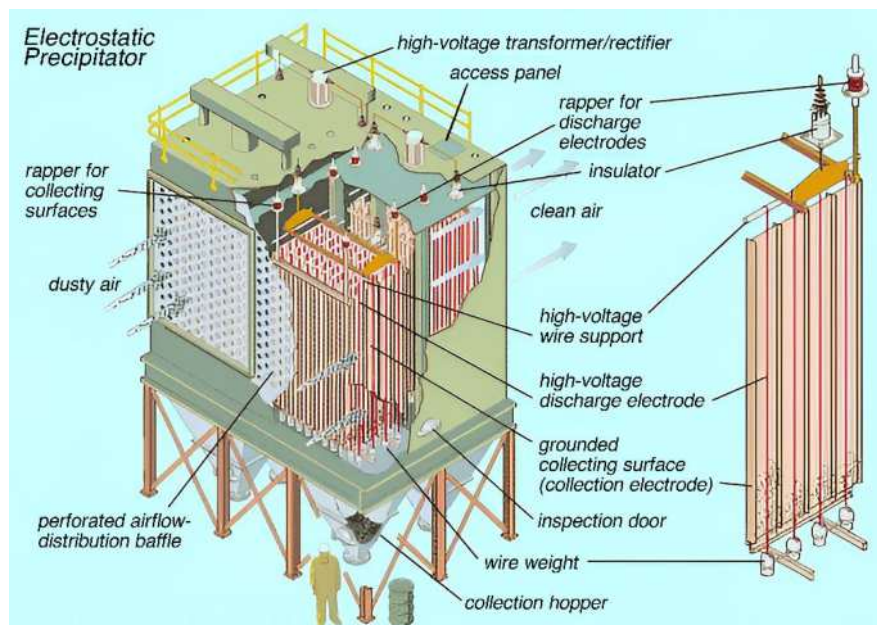
Gambar 3. Alur Kualitatif Deskriptif
Sumber: www.researchgate.net, 2025

Electrostatic Precipitator

Mesin *Electrostatic Precipitator* (ESP) merupakan salah satu perangkat pengendali polusi udara yang sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel halus dari gas buang industri. Prinsip kerja Mesin *Electrostatic Precipitator* didasarkan pada proses ionisasi partikel melalui medan listrik tegangan tinggi yang menyebabkan partikel bermuatan tertarik ke elektroda kolektor dan tertahan di sana (Gambar 4). Beberapa komponen utama Mesin *Electrostatic Precipitator* meliputi elektroda pemancar, elektroda penangkap, sumber listrik tegangan tinggi, serta sistem pembersih elektroda (Gambar 5). Presentasi efisiensi *Electrostatic Precipitator* (ESP) menangkap debu diatas 90% (Sutrisno & Meilasari, 2024).



Gambar 4. Cara Kerja Mesin *Electrostatic Precipitator* (ESP)
Sumber: www-iqsdirectory-com, 2025



Gambar 5. Komponen Mesin *Electrostatic Precipitator* (ESP)
Sumber: www-britannica-com, 2025

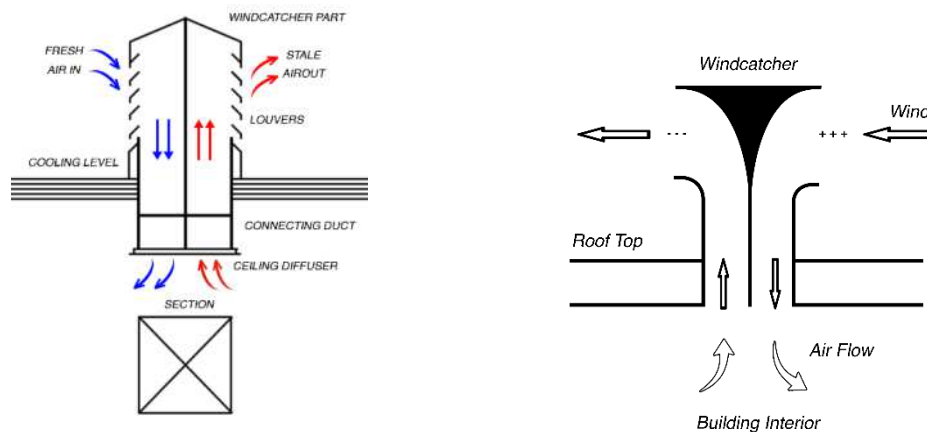
Efisiensi Mesin *Electrostatic Precipitator* sangat bergantung pada beberapa faktor, seperti tegangan listrik yang digunakan, kecepatan aliran gas, serta desain geometris alat. Semakin tinggi tegangan listrik yang digunakan, semakin besar pula gaya tarik elektrostatis yang mampu menangkap partikel. Namun, peningkatan kecepatan aliran gas dapat menurunkan efisiensi karena waktu tinggal partikel dalam medan listrik menjadi lebih singkat.

Windcatcher

Windcatcher, atau yang dikenal juga sebagai “*Badgir*” dalam tradisi Persia, merupakan salah satu elemen arsitektur yang telah digunakan selama ribuan tahun untuk menciptakan ventilasi alami dan pendinginan pada bangunan, terutama di wilayah beriklim panas dan kering seperti Iran, Mesir, dan Timur Tengah (Stouhi, 2021). Secara sederhana, *Windcatcher* adalah menara

vertikal yang dibangun di atas atap bangunan, berfungsi menangkap angin dari luar untuk diarahkan ke dalam ruangan sehingga menciptakan aliran udara yang sejuk. Konsep ini memanfaatkan perbedaan tekanan dan suhu untuk menciptakan sirkulasi alami yang tidak membutuhkan energi tambahan.

Cara kerja *Windcatcher* salah satunya dikenal dengan nama ***Wind-Driven Ventilation*** (Gambar 6). Saat angin berhembus, udara dingin ditangkap melalui bukaan *Windcatcher* dan diarahkan ke dalam bangunan, sementara udara panas di dalam ruangan didorong keluar melalui sisi bertekanan rendah, menciptakan sirkulasi udara segar secara berkelanjutan (Stouhi, 2021). Selain itu, pada saat angin tidak cukup kuat, *Windcatcher* tetap berfungsi melalui Efek *Buoyancy*, di mana perbedaan suhu antara dalam dan luar ruangan menyebabkan udara panas naik dan keluar melalui menara, memungkinkan udara dingin masuk dari bawah (Jomehzadeh, Hussien, Calautit, Nejat, & Ferwati, 2020). Dalam beberapa desain, *Windcatcher* juga diintegrasikan dengan "*Qanat*" (terowongan air bawah tanah) untuk mendinginkan udara lebih lanjut sebelum masuk ke ruangan, bahkan dapat dipadukan dengan sistem pendinginan evaporatif sederhana untuk meningkatkan efisiensinya (Stouhi, 2021).



Gambar 6. Sistem *Wind-Driven Ventilation*

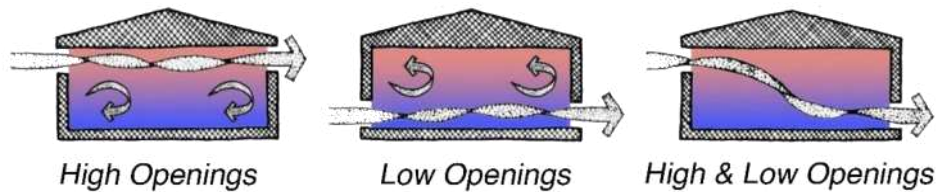
Sumber: www.sciencedirect.com & www.researchgate.net, 2025

Terdapat berbagai variasi desain *Windcatcher* yang disesuaikan dengan arah angin, seperti *unidirectional* (satu arah), *bidirectional* (dua arah), hingga *multidirectional* (banyak arah), serta variasi bentuk penampang menara seperti persegi, silinder, atau segi enam (Saadatian, Lim, Sopian, & Sulaiman, 2011). Faktor-faktor desain seperti tinggi menara, jumlah sekat internal, orientasi terhadap angin, dan kondisi lingkungan sekitar sangat mempengaruhi kinerja ventilasi alami yang dihasilkan.

Cross Ventilation

Sistem *Cross Ventilation* atau ventilasi silang merupakan salah satu strategi desain pasif tertua dalam arsitektur, yang prinsip dasarnya sudah diterapkan sejak masa Yunani Kuno dan Romawi. Misalnya, bangunan kuno sudah memanfaatkan ventilasi alami (*Passive Ventilation*) melalui bukaan vertikal dan horizontal untuk pengaturan suhu dan sirkulasi udara (Faggianelli, Brun, Wurtz, & Muselli, 2014). Penelitian ilmiah modern mengenai *Cross Ventilation* juga diperkuat melalui pendekatan eksperimental dan simulasi CFD yang menemukan bahwa ventilasi silang efektif dalam meningkatkan kenyamanan termal dan mampu divalidasi melalui simulasi numerik (*Computational Fluid Dynamics*) - (Stavrakakis, Koukou, Vrachopoulos, & Markatos, 2008). Sementara itu, studi lain menegaskan pentingnya *Cross Ventilation* dalam mengurangi konsumsi

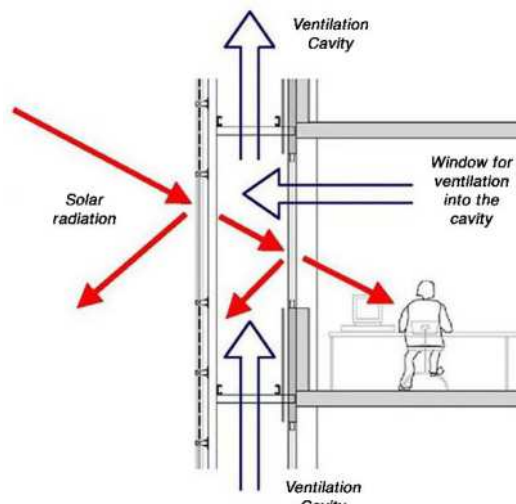
energi dan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan melalui tinjauan sistematis yang mencakup berbagai pola aliran dan parameter desain (Gambar 7) - (Jiang, Kobayashi, Yamanaka, & Sandberg, 2023).



Gambar 7. Sistem *Wind-Driven Ventilation*
Sumber: www.researchgate.net, 2025

Double Skin Facade

Double Skin Facade merupakan sistem fasad ganda yang terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal pada bangunan (Gambar 8). Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengungkapkan bahwa *Double Skin Facade* dapat menurunkan kebutuhan energi pendinginan di iklim tropis jika desainnya disesuaikan secara tepat (Hendrik & Tualaka, 2023). Serta menegaskan bahwa sistem *shading* dan properti optik merupakan faktor kunci dalam performa termal *Double Skin Facade* (Jankovic & Goia, 2021).

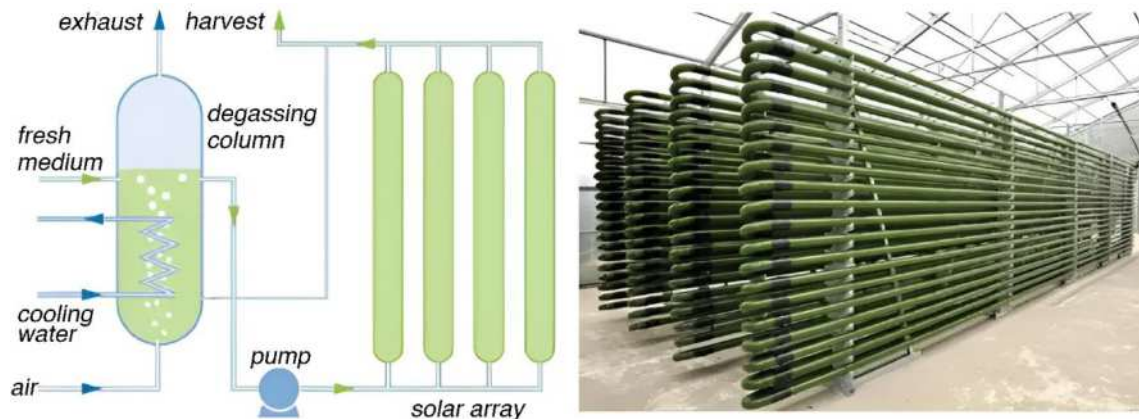


Gambar 8. *Double Skin Facade*
Sumber: www.researchgate.net, 2025

Secara umum, Double Skin Façade efektif untuk efisiensi energi, meningkatkan ventilasi, dan mampu dikombinasikan dengan material inovatif untuk hasil yang lebih optimal.

Algae Tubular Photobioreactor

Algae Tubular Photobioreactor (PBR) adalah sistem tertutup berupa rangkaian tabung horizontal atau vertikal yang transparan, dirancang khusus untuk budidaya mikroalga dengan efisiensi tinggi. Sistem ini bekerja dengan memompa kultur mikroalga dari tangki ke rangkaian tabung, di mana terjadi fotosintesis melalui paparan sinar matahari atau pencahayaan buatan; oksigen hasil fotosintesis dikeluarkan sementara CO₂ dan nutrisi disuplai secara kontinu, sehingga menciptakan sirkulasi kultur yang merata dan menghindari area gelap atau stagnasi (Egbo, Okoani, & Okoh, 2018) – (Gambar 9).



Gambar 9. Sistem Algae Tubular Photobioreactor

Sumber: www.researchgate.net, 2025

Diameter tabung yang tipis—biasanya kurang dari 60 mm—memastikan penetrasi cahaya yang optimal dan meminimalisir *self-shading*, sehingga meningkatkan produktivitas biomassa hingga 2 – 2,5 kali lebih tinggi dibanding kolam terbuka di kondisi serupa (Yahaya, Wan, Nandong, & Chen, 2025). Meski mampu mencapai kepadatan kultur tinggi, sistem tubular menghadapi tantangan seperti risiko *overheating* pada tabung panjang yang memerlukan sistem pendingin, serta terbatasnya transfer gas CO₂ dan O₂ yang perlu diatasi dalam skala besar. Selain itu, riset skenario skala besar menunjukkan bahwa parameter desain seperti diameter tabung, jarak antar tabung, dan jenis sistem (horizontal vs vertikal tersusun) sangat mempengaruhi produktivitas areal, dengan sistem bertingkat vertikal mampu meningkatkan produktivitas hingga 25–70 % tergantung lokasi geografis. Namun, terdapat pula gradien transfer gas dan pendinginan yang kompleks pada sistem tubular panjang, yang berdampak pada efisiensi keseluruhan.

3. METODOLOGI

Metode Penelitian

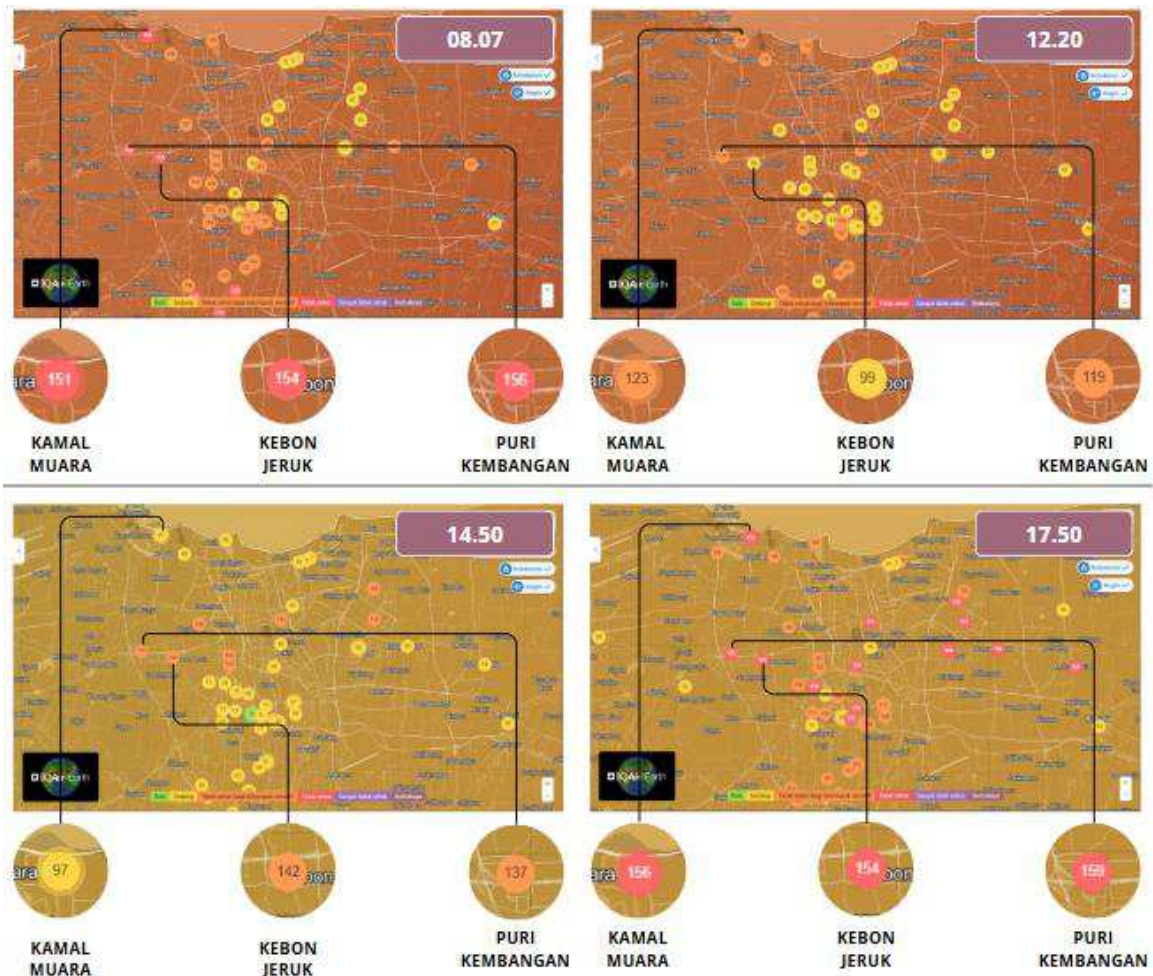
Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode kualitatif-deskriptif, dengan pendekatan kontekstual yang berfokus pada proses pemurnian udara. Pendekatan ini digunakan untuk menggali permasalahan polusi udara serta Fenomena *Urban Heat Island (UHI)* yang terjadi secara mendalam. Data dikumpulkan melalui beberapa teknik seperti observasi lapangan menggunakan drone untuk mengukur kecepatan angin, serta analisis data sekunder dari lembaga resmi seperti IQ-Air terkait konsentrasi PM 2.5 dan PM 10, dan juga simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)*.

Metode Perancangan

Metode perancangan yang diterapkan adalah dengan menggunakan Sistem *Cross Ventilation* untuk memastikan sirkulasi udara silang agar udara segar masuk dan udara panas keluar, pemasangan *Double Skin* pada fasad untuk mengurangi intensitas panas yang masuk ke dalam bangunan, dan juga pemanfaatan *Windcatcher* sebagai jalur pemasukkan angin ke dalam bangunan. Dan setelah itu dilakukan analisis tapak secara spasial terhadap arah angin dominan dan potensi orientasi *Windcatcher* agar mengarah ke arah yang optimal.

4. DISKUSI DAN HASIL

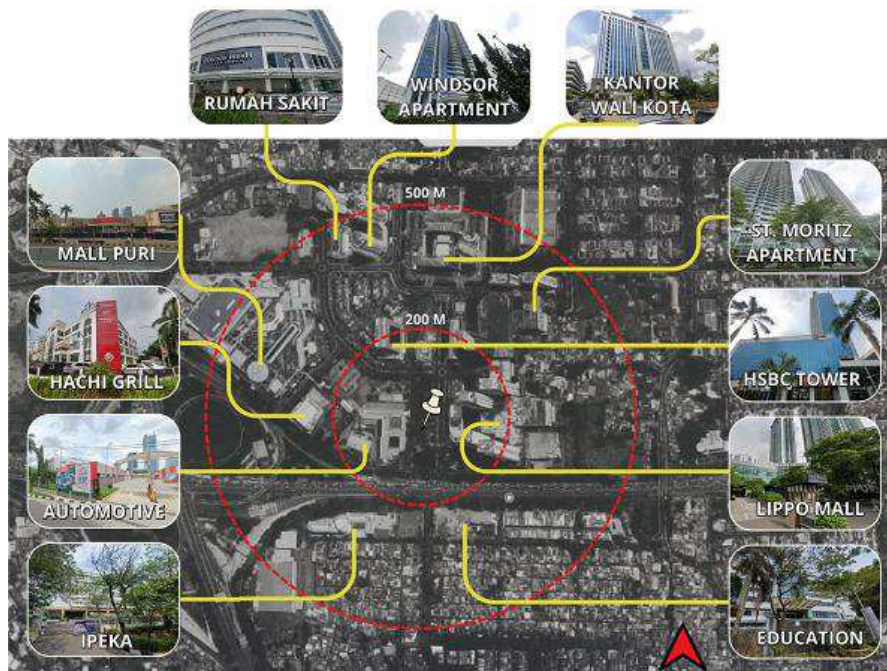
Penelitian ini berangkat dari urgensi memburuknya kualitas udara dan Fenomena *Urban Heat Island (UHI)* di Jakarta, khususnya di Kawasan Puri Kembangan. Dimana dilakukan pendataan sebelumnya terhadap Indeks Kualitas Udara di Puri Kembangan dan didapati hasilnya seperti berikut (Gambar 10).



Gambar 10. *Air Quality Indeks* di Puri Kembangan

Sumber: www.iqair.com diunduh pada tanggal 21 Maret 2025, dimodifikasi penulis

Didapat hasil pada pukul 08.07, daerah Puri Kembangan mencatat indeks kualitas udara yang buruk dengan angka 156. Kemudian, pada pukul 12.20, indeks kualitas udara menurun menjadi 119, namun tetap berada dalam kategori tidak sehat. Selanjutnya, pada pukul 14.50, indeks kembali meningkat menjadi 137. Dan pada pukul 17.50, angka indeks kembali naik ke 159. Dari sinilah diketahui bahwa indeks kualitas udara di Puri Kembangan terbilang tidak sehat.

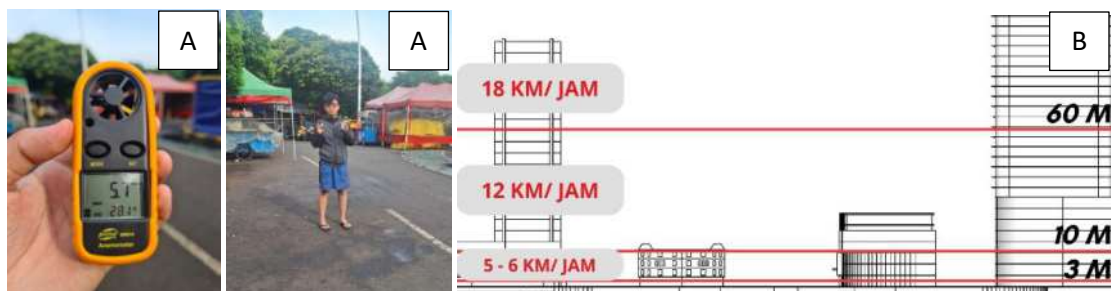


Gambar 11. Mapping Kawasan di Puri Kembangan

Sumber: www.google.com/maps/ diunduh pada tanggal 3 Juli 2025, dimodifikasi penulis

Didapati bahwa daerah Puri Kembangan sebenarnya adalah kawasan residensial eksklusif di Jakarta Barat yang dikenal nyaman, hijau, dan memiliki akses mudah ke berbagai fasilitas seperti pusat perbelanjaan, sekolah, dan rumah sakit (Gambar 11). Lingkungannya aman dengan beragam pilihan hunian, menjadikannya pilihan populer bagi keluarga dan profesional. Namun disamping itu terdapat masalah dari segi indeks polusi udara, dimana daerah Puri Kembangan terletak di samping tol yang setiap harinya dilalui oleh kendaraan mobil. Dan hal itu tentunya membuat polusi udara semakin meningkat. Dan dari hal itulah, penulis memilih tapak di area Puri Kembangan ini.

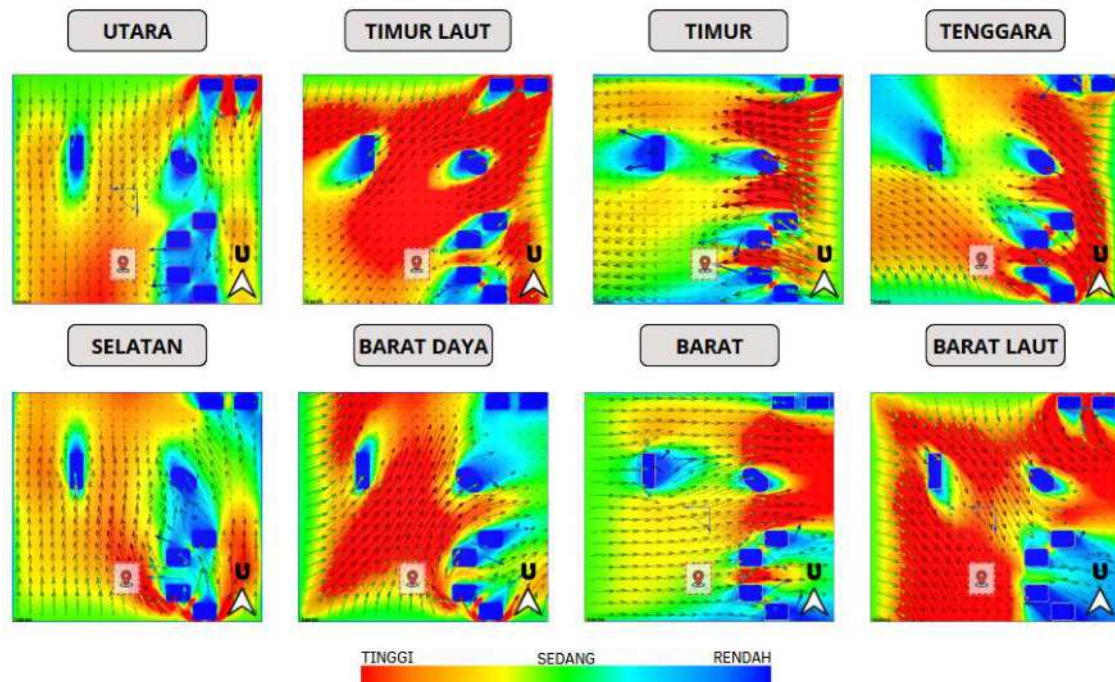
Dikarenakan bangunan pemurni udara didesain dengan memanfaatkan *Windcatcher*, maka diperlukan data dan pergerakan angin dominan agar bisa memposisikan arah *Windcatcher* yang bisa menangkap muatan angin yang banyak. Proses dimulai dengan mengumpulkan data kecepatan angin per ketinggian tertentu yang didapat dari hasil pengecekan lapangan menggunakan drone dan juga Anemometer Digital (Gambar 12). Baru setelah itu dilakukan simulasi pergerakan arah angin dominan di lokasi tapak Puri Kembangan dengan menggunakan Autodesk CFD (Gambar 13).

Gambar 12. (A) Pengecekan Kecepatan Udara menggunakan Drone dan Anemometer Digital;
(B) Data Kecepatan Angin dari Hasil Pengecekan per Ketinggian 3 m, 10 m, dan 60 m

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Aliran Angin terhadap Lingkungan Tapak

Data Kecepatan Angin diambil dari 2 website (Ventusky & Windy) dan juga hasil pengambilan pribadi di tapak yang mendapatkan kecepatan angin yang sama di ketinggian tertentu yang kemudian disimulasikan di aplikasi CFD Autodesk.



Gambar 13. Analisa Kecepatan dan Arah Angin Dominan

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Didapati bahwa kecepatan angin paling dominan berasal dari “arah Angin Barat Laut, Angin Timur Laut, Angin Utara, Angin Tenggara, Angin Timur, dan Angin Selatan.” Berdasarkan data arah angin yang sudah didapati, dilanjutkan dengan pendesainan *Windcatcher* agar mampu menangkap dan mengarahkan aliran angin dominan secara optimal ke dalam bangunan.

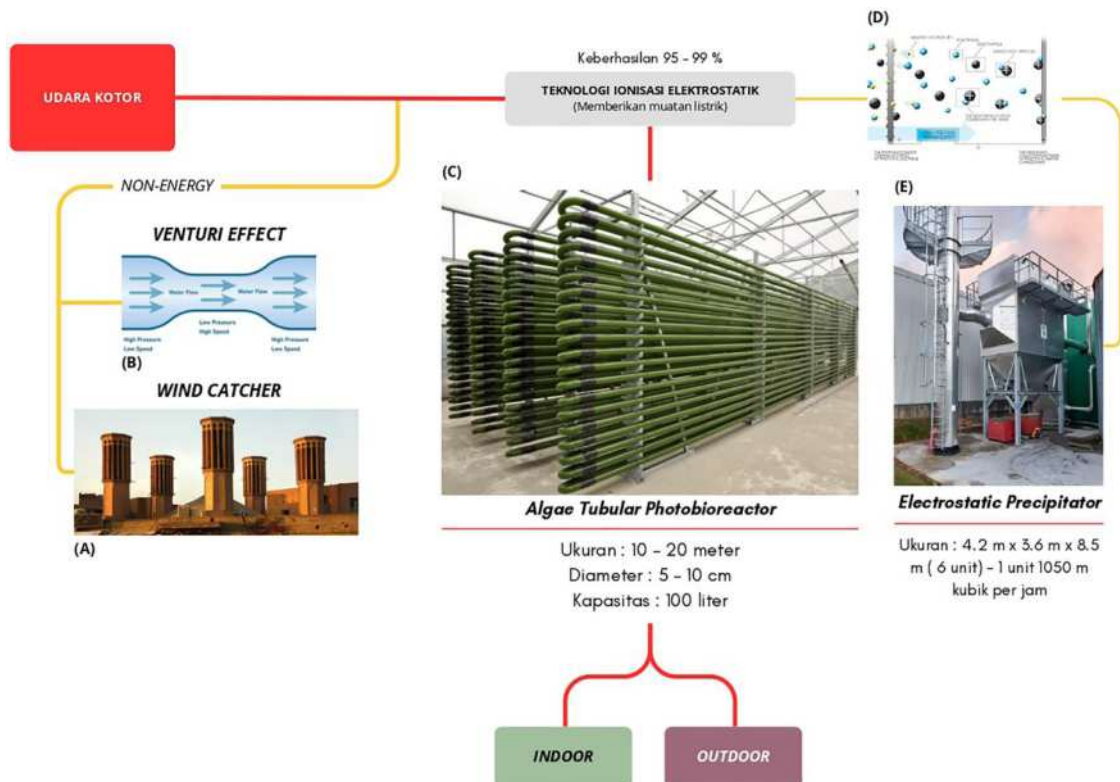


Gambar 14. Desain *Windcatcher* dan Analisa Kecepatan dan Arah Angin Dominan

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Gambar 14 menunjukkan hasil desain yang dilakukan dengan proses simulasi menggunakan Autodesk CFD sehingga *Windcatcher* memiliki kemampuan untuk memasukkan angin secara optimal ke dalam bangunan.

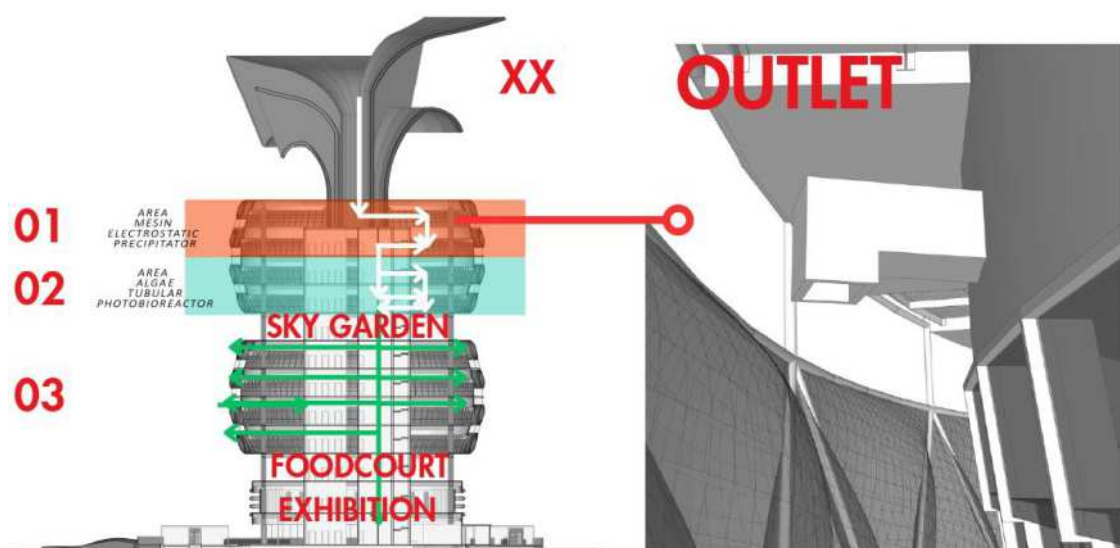
Udara yang telah ditangkap oleh *Windcatcher* kemudian masuk ke dalam Mesin *Electrostatic Precipitator (ESP)* untuk dilanjutkan penyaringan PM 2.5 untuk menghilangkan partikel halus yang ada, sebelum akhirnya dialirkan ke dalam *Algae Tubular Photobioreactor* yang berfungsi menyerap sisa kandungan CO₂ - seperti dalam skema pemurnian udara (Gambar 15).



Gambar 15. Skema Pemurnian Udara

Sumber: (A) www.archdaily.com ; (B) www.shutterstock.com ; (C) <https://id.m.wikipedia.org/> ; (D) <https://materialdistrict.com/> ; (E) rr-bethfilter.com – diunduh pada tanggal 23 Maret 2025 dan dimodifikasi oleh penulis pada tanggal 25 Maret 2025

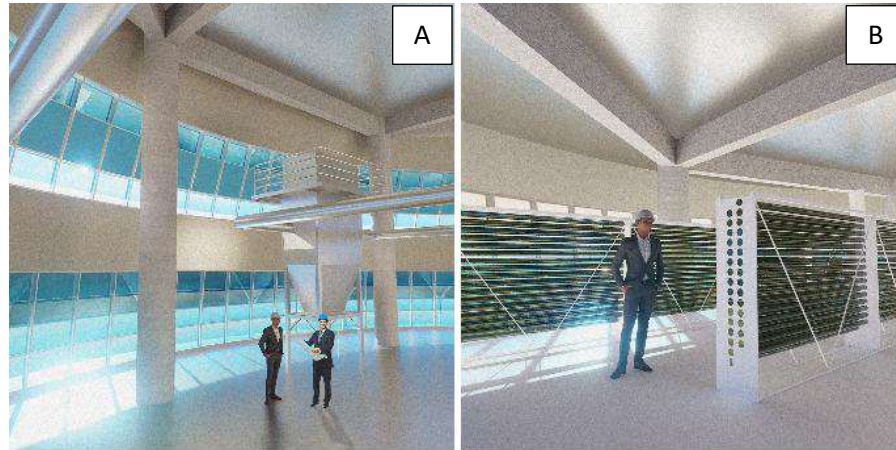
Dengan perpaduan ketiga sistem ini, bangunan pemurni udara dapat menciptakan sirkulasi udara bersih yang efisien, sekaligus membantu menurunkan suhu lingkungan sekitar bangunan. Dengan demikian, bangunan tidak hanya berfungsi sebagai bangunan komersil, tetapi juga berfungsi menghadirkan dampak positif bagi lingkungan sekitarnya.



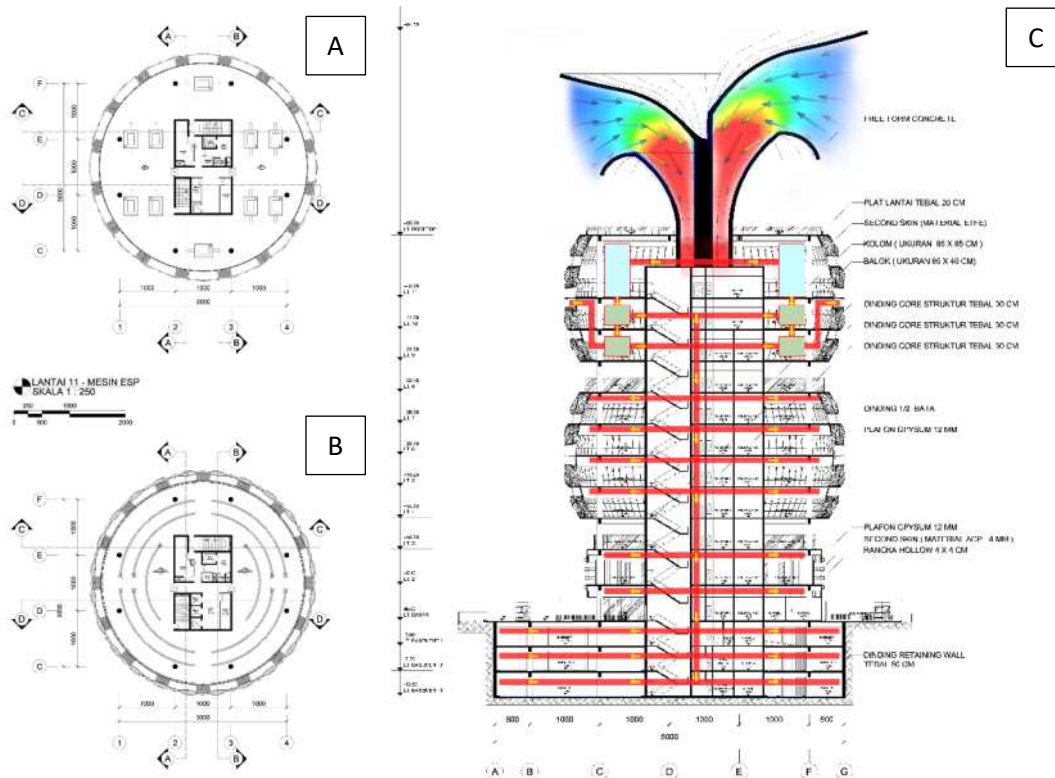
Gambar 16. Skema Pemurnian Udara terhadap Bangunan

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Gambar 16 merupakan alur atau skema pemurnian udara yang diterapkan di dalam bangunan. Dimana awalnya udara ditangkap lewat *Windcatcher* (Notasi XX), baru setelah itu masuk ke dalam area Mesin *Electrostatic Precipitator* (Notasi 01) – (Gambar 17A dan Gambar 18A) yang berfungsi untuk menyaring partikel PM 2.5 dan PM 10, kemudian setelah itu dilanjutkan ke bagian *Algae Tubular Photobioreactor* (Notasi 02) – (Gambar 17B dan Gambar 18B) untuk menyaring CO₂ dan mengubahnya menjadi O₂. Udara yang telah bersih akan dibagi menjadi 2 pembagian yaitu “*INDOOR*” yang akan disalurkan ke Area Kantor Sewa (Notasi 03), *Foodcourt*, dan juga *Exhibition*, sedangkan untuk “*OUTDOOR*” akan disalurkan ke lingkungan lewat *Outlet Ducting* sebagai hasil akhir dari proses pemurnian udara – (Gambar 18C).



Gambar 17. (A) Area *Electrostatic Precipitator*; (B) Area *Algae Tubular Photobioreactor*
Sumber: Olahan Penulis, 2025



Gambar 18. (A) Denah Area Mesin *Electrostatic Precipitator* ; (B) Denah Area *Algae Tubular Photobioreactor* ; (C) Potongan Detail Jalur Pergerakan Udara yang Dimurnikan
Sumber: Olahan Penulis, 2025

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Fasilitas pemurnian udara ini dirancang sebagai solusi untuk mengurangi polusi udara sekaligus menjadi ruang edukasi, sosial, dan ekonomi bagi masyarakat. Bangunan pemurni udara ini sendiri dirancang dengan desain yang mengusung Konsep *Cross Ventilation*, *Double Skin Facade*, dan pemanfaatan *Windcatcher* untuk memasukkan udara ke dalam bangunan yang kemudian dilanjutkan dengan dukungan Mesin *Electrostatic Precipitator* untuk menangkap partikel polutan, serta *Algae Tubular Photobioreactor* yang berperan aktif dalam menyerap CO₂ dan menghasilkan oksigen, sehingga seluruh elemen bangunan berkontribusi langsung terhadap peningkatan kualitas udara, serta menciptakan lingkungan yang sehat, nyaman, dan berkelanjutan.

Saran

Konsep desain bangunan ini memiliki potensi besar untuk diterapkan di berbagai kawasan dengan tingkat polusi udara yang tinggi, tidak hanya sebagai solusi lingkungan tetapi juga sebagai ikon ruang publik yang hidup dan inspiratif. Dengan dukungan aktif dari pemerintah, implementasi fasilitas pemurnian udara yang terintegrasi dengan area edukasi, rekreasi, dan ekonomi ini dapat memperbaiki kualitas udara sekaligus menghidupkan kembali ruang kota agar lebih sehat, nyaman, dan bernilai bagi masyarakat.

REFERENSI

- Cheshire, D. (2024). *Regenerative by Design (Creating Living Buildings and Cities)*. London: RIBA Publishing. doi:10.4324/9781003581086
- Colorafi, K. J., & Evans, B. (2016). Qualitative Descriptive Methods in Health Science Research. *Health Environments Research & Design Journal*, 9(4), 1 - 11. doi:10.1177/1937586715614171
- Doyle, L., McCabe, C., Keogh, B., Brady, A., & McCann, M. (2019). An Overview of The Qualitative Descriptive Design within Nursing Research. *Journal of Research in Nursing*, 25(5), 443 - 455. doi:10.1177/1744987119880234
- Egbo, M. N., Okoani, A., & Okoh, I. (2018, November). Photobioreactors for Microalgae Cultivation - An Overview. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 9(11), 65 - 74. Dipetik Juli 04, 2025, dari https://www.researchgate.net/publication/329360569_Photobioreactors_for_microalgae_cultivation-An_Overview
- Faggianelli, G. A., Brun, A., Wurtz, E., & Muselli, M. (2014, Maret 14). Natural Cross Ventilation in Buildings on Mediterranean Coastal Zones. *Energy and Buildings*, 77, 206 - 218. doi:10.1016/j.enbuild.2014.03.042
- Hendrik, M. L., & Tualaka, T. M. (2023, April 1). Penerapan Double Skin Facade Sebagai Strategi Efisiensi Energi Bangunan di Daerah Beriklim Tropis. *GEWANG (Gerbang Wacana dan Rancang Arsitektur)*, 5(1), 33 - 38. doi:10.35508/gewang.v5i1.9884
- Jankovic, A., & Goia, F. (2021, Maret 8). Impact of Double Skin Facade Constructional Features on Heat Transfer and Fluid Dynamic Behaviour. *Building and Environment*, 196, 1 - 32. doi:10.1016/j.buildenv.2021.107796
- Jiang, Z., Kobayashi, T., Yamanaka, T., & Sandberg, M. (2023, Mei 3). A Literature Review of Cross Ventilation in Buildings. *Energy & Buildings*, 291, 1 - 18. doi:10.1016/j.enbuild.2023.113143
- Jomehzadeh, F., Hussen, H. M., Calautit, J. K., Nejat, P., & Ferwati, M. S. (2020, Agustus 13). Natural Ventilation by Windcatcher (Badgir): A Review on the Impacts of Geometry, Microclimate and Macroclimate. *Energy & Buildings*, 1 - 21. doi:10.1016/j.enbuild.2020.110396

- Mahalana, A., Yang, L., Dallmann, T., Lestari, P., Maulana, K., & Kusuma, N. (2022, November 21). Measurement of Real-World Motor Vehicle Emissions in Jakarta. Dipetik Mei 5, 2025, dari theicct.org: <https://theicct.org/publication/true-jakarta-remote-sensing-nov22/>
- Saadatian, O., Lim, C. H., Sopian, K., & Sulaiman, M. Y. (2011, November 26). Review of Windcatcher Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2012), 1477 - 1495. doi:10.1016/j.rser.2011.11.037
- Siswanto, S., Nuryanto, D. E., Ferdiansyah, M. R., Prastiwi, A. D., Dewi, O. C., Gamal, A., & Dimiyati, M. (2023, September 16). Spatio-temporal Characteristics of Urban Heat Island of Jakarta Metropolitan. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 32, 1 - 15. doi:10.1016/j.rsase.2023.101062
- Stavarakakis, G. M., Koukou, M. K., Vrachopoulos, M. G., & Markatos, N. C. (2008, Februari 19). Natural Cross-Ventilation in Buildings: Building-Scale Experiments, Numerical Simulation and Thermal Comfort Evaluation. *Energy and Buildings*, 40, 1666-1681. doi:10.1016/j.enbuild.2008.02.022
- Stouhi, D. (2021, November 03). What is a Traditional Windcatcher? Dipetik Juli 04, 2025, dari archdaily.com: <https://www.archdaily.com/971216/what-is-a-traditional-windcatcher>
- Sutrisno, H., & Meilasari, F. (2024, Juli 03). Teknologi Pengolahan Emisi dengan Menggunakan Electrostatic Presipitator (ESP). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(3), 616 - 623. doi:10.26418/jtllb.v12i3.78644
- Syuhada, G., Akbar, A., Hardiawan, D., Pun, V., Darmawan, A., Heryati, S. H., . . . Mehta, S. (2023, Februari 7). Impacts of Air Pollution on Health and Cost of Illness in Jakarta, Indonesia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 1 - 14. doi:10.3390/ijerph20042916
- Yahaya, E., Wan, S. Y., Nandong, J., & Chen, Y. N. (2025, Mei 5). CO2 Fed Microalgae Cultivation in Photobioreactor: Review on Challenges and Possible Solutions. *Environmental Technology Reviews*, 14(1), 540 - 564. doi:10.1080/21622515.2025.2508945

