

Inovasi Penggunaan Secondary Skin untuk Mereduksi Polusi Udara pada Rumah Makan

Alham Rakha Ramadhan ¹, Noor Cholis Idham ², Fildzah Zatalini Zakirah ³.

¹²³Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia

¹Surel: 19512104@students.uii.ac.id

ABSTRAK: Konsep bangunan hijau adalah bagian dari pembangunan berkelanjutan. Penerapan konsep bangunan hijau dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan sekaligus meningkatkan kualitas udara di dalam ruang. Kualitas udara ruang dalam, khususnya pada penelitian ini adalah rumah makan, penting untuk diperhatikan agar pengguna ruang merasa nyaman saat beraktivitas. Tujuan penelitian ini adalah memberikan rekomendasi desain fasad hijau berupa secondary skin yang dapat mereduksi polusi udara yang berasal dari jalan raya. Metode penelitian ini dilakukan dengan membandingkan desain dari 3 karya arsitek yang menerapkan konsep fasad hijau untuk mengurangi dampak polusi udara ke dalam bangunan. Ketiga bangunan karya arsitek tersebut lalu dianalisis kelebihan dan kekurangannya untuk kemudian diterapkan pada desain fasad hijau. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah rekomendasi desain fasad hijau berupa secondary skin pada bangunan rumah makan.

Kata kunci: bangunan hijau, fasad hijau, polusi udara

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Keberlanjutan merupakan konsep yang saat ini sedang hangat diperbincangkan oleh seorang arsitek dan salah satu konsepnya adalah *green building*. Konsep *green building* mengharuskan seluruh sumber daya digunakan secara seimbang, tanpa penggunaan berlebihan, sekaligus memperbaiki kondisi lingkungan dan cara hidup kita. Praktik bangunan *green building* juga dapat menghasilkan lingkungan yang sehat. (Natalia, 2021) *Green building* juga disebut "bangunan berkelanjutan atau berkinerja tinggi" (Osabuohien-Irabor & Drapkin, 2022). Desain bangunan ramah lingkungan dibuat sedemikian rupa agar lingkungan dan cara hidup kita dapat berubah menjadi yang lebih baik dengan cara mengurangi pencemaran lingkungan, menggunakan sumber daya alam secara efisien, kemudian mendaur ulang dan menggunakan kembali bahan-bahan yang ramah lingkungan untuk mengurangi emisi CO₂ dan gas berbahaya lainnya. Bangunan hemat energi adalah kunci untuk mencapai keberlanjutan, yang dapat mengurangi emisi CO₂ dan mengurangi masalah polusi udara. (Widiyati et al., 2023).

Selain *green building* terdapat juga *green material* yang merupakan salah satu konsep penting dalam keberlanjutan bangunan. Pada dasarnya *green building* memiliki arti material yang ramah lingkungan namun sebenarnya artinya lebih luas dari itu. *Green Material* mempunyai arti yang lebih luas tidak hanya dari segi fisik produk tetapi juga dari segi keberlangsungan bahan baku, proses produksi, proses distribusi dan proses instalasi. Serta dapat membantu dalam penghematan energi (energi listrik dan air), meningkatkan kesehatan, kenyamanan dan efisiensi manajemen pemeliharaan gedung (Teknik et al., 2018).

Sebuah studi yang telah dilakukan oleh *World Health Organization* (2002) di 1.600 kota pada 91 negara seluruh dunia menunjukkan data bahwa hampir 90% orang yang berada perkotaan menghirup udara yang tidak sehat, polusi udara yang terjadi telah menjadikannya salah satu permasalahan lingkungan global yang menjadi perhatian dunia (Mulyadi, 2015). WHO juga menyatakan bahwa hampir dari setengah populasi dunia terpapar tingkat polusi setidaknya dua setengah kali lebih tinggi dari standar kualitas udara yang ditetapkan. Di negara berkembang seperti Indonesia khususnya, fenomena ini dapat

dilihat sebagai efek negatif dari pembangunan yang ditujukan untuk pertumbuhan ekonomi. (Syahrul Basri & Munawir Amansyah, Habibi, 2015) Polusi udara didefinisikan sebagai adanya bahan atau zat asing di udara sehingga menyebabkan perubahan komposisi udara dari keadaan normalnya. udara di daerah daerah perkotaan dengan banyaknya kegiatan industri, teknologi dan lalu lintas yang padat, sehingga udara pada daerah perkotaan sekarang relatif kotor.

Konsep green building mulai berkembang pada tahun 1970. Konsep ini mulai dikembangkan sebagai bentuk respon terhadap munculnya krisis energi dan kepedulian masyarakat terhadap kondisi lingkungan saat ini. Bangunan ramah lingkungan (*green building*) merupakan sebuah konsep yang juga dikenal dengan sebutan bangunan hijau berkelanjutan (*sustainable green building*). permasalahan pada kondisi lingkungan salah satunya ada karena pencemaran udara yang terjadi dapat disebabkan oleh semakin maraknya pengguna kendaraan bermotor dan pembangunan gedung-gedung yang tidak memperhatikan keseimbangan alam. (Therin & Santosa, 2022).



Gambar 1 Komponen Utama *Green Building*

Terdapat empat komponen utama *green building*, yaitu penggunaan material, energi, air, dan Kesehatan (Gambar 1). Pada penelitian ini peneliti ingin mengangkat penggunaan material sebagai salah satu aspek yang peneliti angkat dalam membantu mengatasi polusi udara. perlunya pengekplorasian lebih lanjut tentang pengelolaan limbah sangat lah penting dalam keberlanjutan *green building*. Selain itu semakin lama keadaan bumi semakin memburuk. terlebih lagi permasalahan itu berasal dari limbah sampah. (Kurnia & Abduh, 2012) Sampah merupakan sisa-sisa material buangan dari suatu produk atau barang yang sudah tidak digunakan lagi. Bagi sebagian masyarakat, sampah masih memiliki nilai lebih yang dapat dimanfaatkan kembali sesuai dengan kebutuhannya. Konsep pengelolaan sampah 3R (Reuse, Reduce, Recycle) bertujuan untuk mencegah timbulan sampah, mengurangi sampah dengan mengedepankan barang-barang yang dapat digunakan kembali. (Pebriyanti, 2017).

Bangunan ramah lingkungan (*green building*) merupakan suatu langkah pengurangan konsumsi energi melalui penggunaan lampu atau perangkat listrik lainnya yang memerlukan energi untuk mengoperasikan peralatan tersebut. Pada kasus penggunaan lampu Cahaya merupakan komponen utamanya strategi yang dapat dilakukan mulai dari inovasi dalam desain *building skin*. Menjaga koefisien dasar bangunan juga merupakan bagian dari konsep bangunan hijau untuk efisiensi energi. Sebab, dengan adanya ruang terbuka hijau yang luas di lokasi pembangunan, kualitas ventilasi dan pencahayaan pada bangunan dapat terjaga. (Sudarman et al., 2021).

Pada proses efisiensi energi *building skin* merupakan komponen yang sangat penting karena bersinggungan langsung dengan area luar. *building skin* juga sangat lah berpengaruh pada kenyamanan pengguna bangunan terlebih lagi pada iklim Indonesia yang dikenal sebagai negara maritim dengan curah hujan tinggi dan terik matahari. salah satu cara yang digunakan adalah dengan menambahkan lapisan kedua pada fasad terluar, atau yang dikenal dengan *secondary skin*. Pada dasarnya *secondary skin* dipasang pada fasad yang mengarah langsung pada orientasi matahari untuk menjaga suhu dalam bangunan. Desain bangunan yang tahan akan berbagai iklim umumnya akan fokus pada selubung bangunan, orientasinya, dan keseluruhan dasar adaptasi berkelanjutan jangka panjang. (Kormaníková et al., 2018).

Pada zaman modern ini sudah banyak arsitek menggunakan metode *secondary skin* ini pada rancangan desain mereka dengan berbagai macam material. pemilihan bahan material juga harus diperhatikan. Ada beberapa material yang biasa digunakan untuk *secondary skin*, diantaranya kayu, batu bata, *roster*, besi, pelat metal, GRC (*glassfiber reinforced concrete*), keramik, bahkan pada beberapa bangunan ada yang menggunakan tanaman sebagai lapisan selubung kulit bangunan.



Gambar 2 Kondisi Bangunan Eksisting
Sumber: Google Maps

Bangunan komersil merupakan bangunan yang memerlukan desain yang baik karena mengedepankan kenyamanan pengunjung untuk itu objek penelitian pada jurnal ini mengacu pada salah satu bangunan rumah makan yang ada di pinggir jalan utama magelang, lokasi ini merupakan rumah makan yang bernama "bakso balungan" (Gambar 2) lokasi ini memiliki luasan area sekitar 100 m². Rumah makan ini memiliki luasan wilayah yang cukup besar. peneliti memilih lokasi ini dikarenakan rumah makan ini memiliki desain yang terbuka dibagian depan bangunan padahal lokasi ini berada di pinggir jalan sehingga disaat jalan ramai menyebabkan kenyamanan pelanggan terganggu karena debu yang kadang berterbangan hingga kedalam rumah makan. penggunaan botol kaca ini juga dapat diaplikasikan menjadi *secondary skin* pada bagian depan rumah makan ini untuk menghalangi debu dari jalanan berterbangan hingga kedalam bangunan tetapi cahaya tetap dapat lewat.

Problematika yang peneliti temukan pada tulisan diatas menjadi topik pada pembahasan jurnal ini, dimana terdapat permasalahan bagaimana pemanfaatan desain *building skin* yang dapat mereduksi polusi, terlebih lagi dapatkah kita menggunakan material material bekas yang dapat kita daur ulang Kembali. dengan begitu tuuan dari jurnal ini untuk mengetahui pemanfaatan desain *building skin* yang dapat mereduksi polusi dengan material material daur ulang.

STUDI PUSTAKA

State of the art

Modern ini udara perkotaan sudah tidak begitu nyaman. Terlihat dengan jelas dengan bertambah padat nya perkotaan yang berbanding lurus dengan bertambah nya kendaraan bermotor menyebabkan udara perkotaan menjadi tidak begitu bersih, Dilain hal terdapat analisis yang dilakukan oleh CREA yang menyebutkan bahwa sumber dari emisi

pencemaran udara berasal dari, pabrik, dan fasilitas industri lainnya, perlu diketahui bahwa pencemaran udara yang buruk adalah emisi dari sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida atau gas-gas rumah kaca lainnya (NO₂) dan karbon dioksida (CO₂). (Wibowo & Hadiwono, 2021).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Lee ditemukan bahwa untuk meningkatkan upaya penyaringan udara dan pendinginan suatu bangunan, pelapis kaca pada bangunan juga dapat membantu menciptakan udara yang bersih dengan lapisan bahan nanomaterial Titanium Dioksida. TiO₂ atau Titanium Dioksida yang merupakan salah satu material nano yang dapat diintegrasikan menjadi pelapis kedua kulit bangunan. (Bittnar et al., 2009). Penggunaan lapisan nanomaterial sangat penting pada penelitian kali ini dan akan di gunakan dengan menggabungkan nanomaterial bersamaan dengan building skin yang akan peneliti gunakan. Pada penelitian ini polusi udara merupakan permasalahan utama yang akan kita perbaiki, sebagai seorang arsitek kita dapat mendesain bangunan yang bisa menghalangi masuk nya polusi udara kedalam bangunan. dengan menggabungkan konsep *green building*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berupaya untuk mempelajari dan memperbaiki pemanfaatan desain *building skin* yang dapat mereduksi polusi dengan material material daur ulang. Oleh karena itu peneliti berupaya untuk menggunakan hasil desain berbagai arsitek untuk peneliti teliti dan membandingkan keunggulan desain nya sehingga dapat ditemukan berbagai ide pemanfaatan *building skin* yang dapat mereduksi polusi udara sehingga tercapainya tujuan dari penelitian ini.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan perbandingan desain dari 3 karya arsitek yang sudah terbangun saat ini. dimulai dari sebuah bangunan yang sering di sebut *vertical forest* karya Stefano Boeri yang berada di milan italia, lalu ada *flick house* karya *dellution architect* di cinere depok dan yang terakhir Rumah Beton Kontemporer karya tim arsitek *Ties Design & Build* yang berada di Tangerang. Dari perbandingan ketiga karya arsitek diatas peneliti akan mengambil hal penting pada setiap desain Sehingga dari hal tersebut peneliti akan merancang bangunan yang dimana dapat mereduksi polusi udara.

1. Langkah pertama melakukan analisis pada ketiga bangunan dengan melakukan analisis kelebihan serta kekurangan setiap bangunan dimana pada ketiga bangunan memiliki kelebihan masing masing.
2. Langkah kedua melakukan perbandingan pada *building skin* setiap bangunan berdasarkan material yang digunakan karena ketiga bangunan menggunakan material *building skin* yang berbeda.
3. Langkah ketiga menentukan *building skin* yang cocok pada bangunan yang peneliti teliti serta pengaplikasian nya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari proses pengumpulan data yang didapat menunjukkan bahwa 3 karya arsitek yang akan peneliti bahas memiliki kelebihan dan kekurangan masing masing yaitu. Pada karya pertama yaitu *vertical forest* karya Stefano Boeri yang berada di milan italia memiliki konsep bangunan yang dipenuhi tanaman hijau, sebenarnya konsep ini sangatlah bagus dikarenakan tanaman dapat menghasilkan oksigen serta menyerap CO₂ dan mikropartikel lainnya. Hal ini dapat membantu penyelamatan lingkungan dari bahaya gas rumah kaca.namun konsep ini juga memiliki beberapa kekurangan yaitu dibutuhkannya perawatan ekstra pada *building skin* dikarenakan tanaman merupakan makhluk hidup yang memerlukan perawatan terlebih lagi sisa sisa daun maupun batang layu yang harus dibersihkan.

Pada karya kedua yaitu *flick house* karya *dellution architect* yang berada di cinere, depok. Bangunan ini memiliki konsep *green architecture* dengan bahan utama batu bata yang disusun sedemikian rupa sehingga menghasilkan desain yang unik. Konsep ini sering digunakan pada zaman modern ini dimana dengan peletakan batu bata secara tidak teratur sehingga menciptakan rongga masuk nya udara dan cahaya, car aini dapat mengurangi penggunaan cahaya buatan di siang hari sehingga cahaya masuk dengan mudah sehingga cahaya maksimal masuk dengan mudah dan memungkinkan konsumsi energi rendah namun hal ini juga memiliki kekurangan yaitu dibutuhkan perawatan ekstra pada rongga setiap batu bata karena lama kelamaan rongga ini akan sangat kotor jika tidak dibersihkan dan akan menciptakan udara yang kurang nyaman didalam rumah.

Pada karya ketiga yaitu rumah beton kontemporer karya tim arsitek *Ties Design & Build* yang berada di Tangerang rumah ini bergaya kontemporer dimana fasad rumah menggunakan *roster* beton dan juga kaca sebagai pelapis kedua.konsep ini memiliki kelebihan dimana cahaya yang didapat sangatlah cukup melalui rongga *roster* lalu dengan material kaca pada bagian pelapis dalam untuk menjaga kebersihan dan sekaligus meredam polusi udara dan suara dari luar. Namun hal ini juga menyebabkan angin yang masuk akan terhalang oleh kaca yang menjadi material pelapis. *Building skin* pada setiap karya yang peneliti teliti memiliki material yang berbeda beda dimulai dari tanaman, batu bata bahkan kaca. Dalam hal ini tentu terdapat poin-poin yang dapat diambil dari setiap material

1. *Vertical Forest*



Gambar 3 *Vertical Forest*

Pada karya pertama dengan menggunakan tanaman sebagai *building skin* (gambar 3) dengan manfaat yang ditimbulkan sangatlah penting penggunaan tanaman sebagai *buffer* maupun *building skin* pada suatu bangunan untuk itu penggunaan tanaman sangatlah dianjurkan karna kegunaannya yang dapat menyerap polusi serta menciptakan oksigen yang dapat mejadikan udara disekitar lebih segar dan sejuk.

2. *Flick house*



Gambar 4 *Flick House*

Pada karya kedua penggunaan material batu bata sebagai *building skin* (Gambar 4) sangatlah cocok terutama karena material ini yang mudah ditemukan dan juga harganya yang relatif murah sangat cocok untuk digunakan pada proyek rumah makan yang memerlukan modal yang seminimal mungkin.

3. Rumah Beton Kontemporer



Gambar 5 Rumah Beton Kontemporer

Pada karya ketiga penggunaan material beton dan kaca (Gambar 5) merupakan inovasi yang cukup penting terlebih lagi bangunan ini merupakan bangunan rumah makan dimana memerlukan lapisan pelindung pada *building skin* sehingga tidak terdapatnya debu berlebih yang memasuki bangunan dan dapat mengkontaminasi makanan. Dengan kaca sebagai pelapis *roster secondary skin* pada bangunan diharapkan akan lebih mengurangi debu berlebih yang dapat masuk ke bangunan. Data hasil secara detail akan dijelaskan sebagai berikut.

1. 3D bangunan eksisting

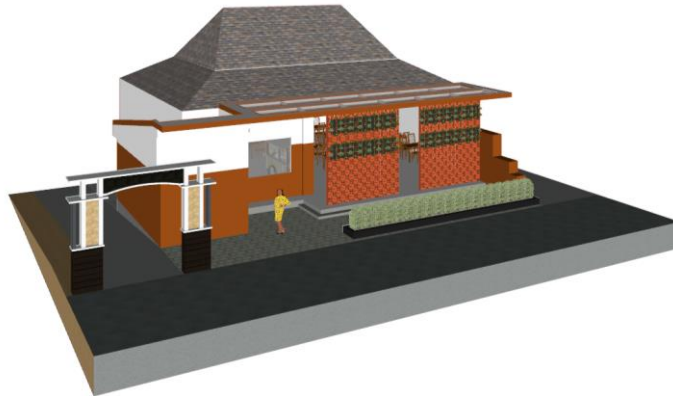


Gambar 6 Eksisting *building* & 3D *Building*

Sumber: Google Maps & Penulis, 2023

Dapat dilihat bangunan eksisting memiliki pintu *rollingdoor* yang memenuhi fasad depan (Gambar 6). Sehingga ketika dibuka rumah makan ini memiliki bukaan yang sangat lebar, sedangkan rumah makan ini berada di kawasan jalan lintas provinsi yang selalu ramai akan pengunjung. Bangunan ini kurang memperhatikan Kesehatan dari para pengunjung yang makan disana karena tidak terdapat lapisan pereduksi gas CO_2 yang dihasilkan kendaraan yang melewati rumah makan untuk itu diperlukan inovasi desain yang dapat mereduksi polusi di area rumah makan tersebut berdasarkan 3 bangunan karya arsitek yang sudah peneliti bahas sebelumnya.

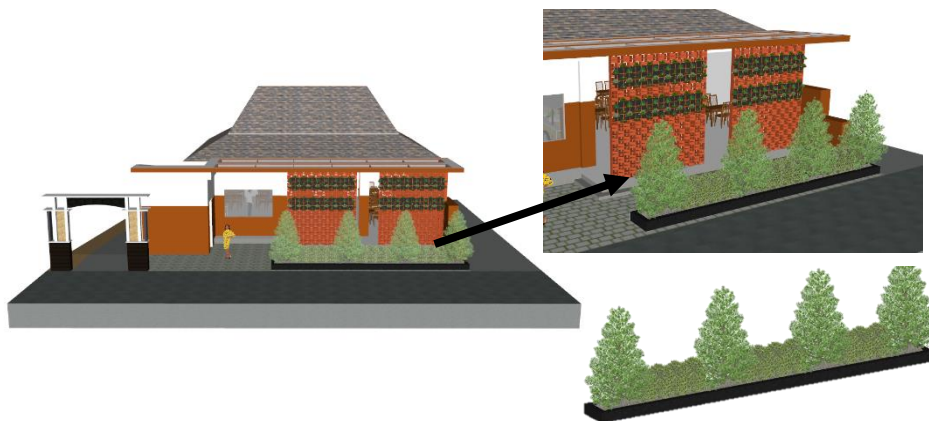
2. 3D Inovasi design



Gambar 7 Inovasi *Design* dengan mempertimpangkan beberapa permasalahan *site*
Sumber: Penulis, 2023

Seperti diketahui, secara teori, pencemar udara mayoritas berasal dari kendaraan bermotor. Oleh karena itu, perlu adanya solusi untuk mengatasi pencemaran dari sumber-sumber tersebut. bangunan yang peneliti pilih ini berada di kawasan industri yang aktif dan juga mobilitas kendaraan bermotor yang tinggi, lalu peneliti juga ingin menjadikan bangunan ini (Gambar 7) sebagai bangunan percontohan dari arsitektur hijau yang ramah lingkungan dan menyaring polusi secara mikro. Dengan Berdasarkan permasalahan yang ada saat ini, maka muncullah berbagai solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut, seperti tumbuhan sebagai *buffer* polusi yang merupakan penghalang pertama terhadap polusi, *secondary skin* dengan material pengelolaan limbah sebagai metode yang ramah lingkungan, lalu terdapat tanaman pada *secondary skin* sebagai penyangng udara kotor yang masuk ke dalam bangunan

- *Buffer*

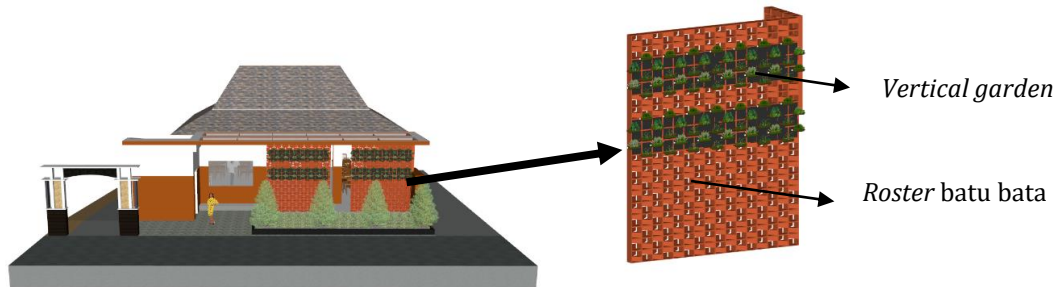


Gambar 8 Pengaplikasian *Buffer* Tanaman
Sumber: Penulis, 2023

Dalam permasalahan pencemaran udara, pepohonan dan tumbuhan tentunya mempunyai peranan penting dalam menyelesaikan permasalahan tersebut. Menurut penelitian, tanaman juga dapat menurunkan suhu udara dan memberikan efek positif lainnya seperti halnya tanaman kecil dan pepohonan yang dapat mengurangi gas buangan dan partikel di udara lalu tumbuhan yang bisa mengurangi konsentrasi nitrogen oksida, oleh karena itu penempatan tanaman pada bangunan (Gambar 8) di maksudkan sebagai *barrier*

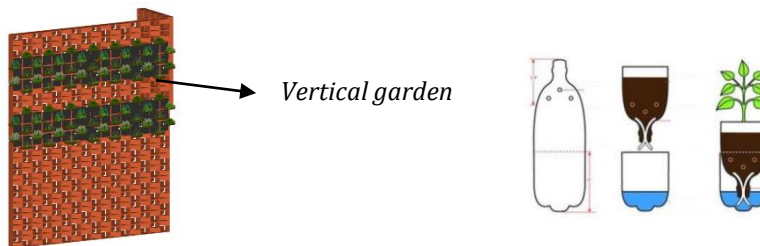
yang bisa menghalau polusi udara ke dalam bangunan dan juga mengurangi polusi udara di sekitarnya.

- *Secondary Skin*



Gambar 9 Pengaplikasian *secondary skin* pada bangunan
Sumber: Penulis, 2023

Secondary skin sebagai *buffer* kedua (Gambar 9) adalah elemen yang dirancang secara khusus untuk melindungi bangunan terhadap berbagai terpaan cuaca, seperti panas terik, hujan deras, dan terjangan angin kencang. Manfaat yang dirasakan adalah bangunan akan jadi lebih teduh tanpa menghilangkan sinar alami dari matahari. Hal tersebut juga berlaku saat terjadi hujan yang disertai angin kencang, kehadiran *secondary skin* membuat debu, kotoran, dan air hujan akan lebih sulit masuk ke dalam bangunan. Oleh karena itu, hunian akan jadi lebih bersih dan sehat.



Gambar 10 Pengaplikasian *vertical garden* pada *secondary skin*
Sumber: Penulis, 2023

Terlebih lagi dengan adanya inovasi penggunaan material *recycle* yang digunakan pada *secondary skin*. dapat terlihat dengan penggunaan botol sebagai tempat untuk menumbuhkan tanaman (Gambar 10) dapat memberikan inovasi bagi bangunan sekitar untuk menerapkan penggunaan limbah Kembali dan mendukung *green building*. Karena permasalahan pencemaran ini merupakan permasalahan makro dan tidak dapat diselesaikan secara mikro, maka diperlukan kerjasama dari berbagai pihak untuk menyelesaikan permasalahan pencemaran yang sedang terjadi, agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan di kemudian hari. (Kristiharto & Setiawan, 2022)

KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan pada ketiga bangunan dengan melakukan analisis kelebihan serta kekurangan setiap bangunan, ditemukan bahwa ada beberapa point penyelesaian pada setiap bangunan yang dapat atau memungkinkan untuk diaplikasikan pada bangunan rumah makan “bakso balungan”, sebagai inovasi pemanfaatan desain *building skin* yang dapat mereduksi polusi.

Penggunaan tanaman sebagai *buffer* pada karya bangunan *vertical forest* sangat berguna. Terlebih lagi dalam kasus ini diperlukan penekanan *budget* agar dapat ditiru oleh berbagai bangunan komersil sehingga tidak akan menekan modal awal yang begitu banyak.

Penggunaan tanaman sebagai *buffer* dapat mereduksi polusi dengan sangat baik dengan modal awal yang tidak begitu tinggi juga sehingga dapat dipertimbangkan penggunaannya.

Penggunaan dinding *roster* batu bata sebagai *secondary skin* pada karya bangunan *Flick house* dapat ditiru terutama karena material ini yang mudah ditemukan dan juga harganya yang relatif murah. Selain itu *secondary skin* dengan menggunakan *roster* batu bata juga dapat mereduksi polusi tetapi tetap membiarkan angin masuk melalui rongga *roster*.

Pada karya ketiga yaitu Rumah Beton Kontemporer menggunakan kaca sebagai pelapis *secondary skin* sehingga debu tidak akan masuk namun hal itu dapat menjadikan kaca menjadi kotor terlebih lagi kaca merupakan material yang relatif mahal sehingga akan tidak cocok jika digunakan, untuk itu penggunaan barang daur ulang akan lebih efisien sehingga peneliti memilih mendaur ulang botol bekas menjadi pot sehingga dapat digunakan sebagai media tanaman dan dapat menjadi *buffer* yang mereduksi polusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Kormaníková, L., Achten, H., Kopřiva, M., & Kmet', S. (2018). Parametric wind design. *Frontiers of Architectural Research*, 7(3), 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2018.06.005>
- Kristiharto, F. G. P., & Setiawan, T. (2022). Pusat Edukasi Polusi Serta Lingkungan Dan Kantor Klhk Yang Bebas Dari Dampak Polusi Udara Dengan Metode Green Architecture. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 3(2), 1815. <https://doi.org/10.24912/stupa.v3i2.12373>
- Kurnia, A., & Abduh, M. (2012). Issn 1411-660x. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1).
- Muliyadi, M. (2015). Paparan Timbal Udara Terhadap Timbal Darah, Hemoglobin, Cystatin C Serum Pekerja Pengecatan Mobil. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(1), 87. <https://doi.org/10.15294/kemas.v11i1.3519>
- Natalia, Z. (2021). Penerapan Green Building Sebagai Pencapaian Sustainable Architecture Pada Pasar Badung Bali. *Jurnal Seni Dan Reka Rancang: Jurnal Ilmiah Magister Desain*, 2(1), 127–135. <https://doi.org/10.25105/jsrr.v2i1.10105>
- Osabuohien-Irabor, O., & Drapkin, I. M. (2022). The Impact of Technological Innovation on Energy Consumption in OECD Economies: The Role of Outward Foreign Direct Investment and International Trade Openness. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(4), 317–333. <https://doi.org/10.32479/ijeep.13091>
- Pebriyanti, N. L. P. E. (2017). Strategi Desain Berkelanjutan Pada Bangunan Hotel Berbasis Konsep Green Hotel. *Jurnal Arsitektur KOMPOSISI*, 11(6), 253. <https://doi.org/10.24002/jars.v11i6.1359>
- Sudarman, S., Syuaib, M., & Nuryuningsih, N. (2021). Green Building: Salah Satu Jawaban Terhadap Isu Sustainability Dalam Dunia Arsitektur. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 15(3), 329. <https://doi.org/10.24252/teknosains.v15i3.22493>
- Syahrul Basri, E. B., & Munawir Amansyah, Habibi, S. (2015). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Model Pengukuran Risiko Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan). *Artikel*, 1–6.
- Teknik, J., Fakultas, A., & Sipil, T. (2018). *44-305-1-Pb*. 2(3), 155–162.
- Therin, K., & Santosa, J. M. J. P. (2022). Bangunan Untuk Bernafas Solusi Polusi Udara Di Jakarta. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 3(2), 3157. <https://doi.org/10.24912/stupa.v3i2.12442>
- Wibowo, N. A., & Hadiwono, A. (2021). Air-Chitecture: Sebuah Desain Bangunan Dengan

Purifikasi Udara Secara Teknis Dan Puitis Dalam Konteks Berhuni. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 3(1), 589.
<https://doi.org/10.24912/stupa.v3i1.10748>

Widiyati, D., Gunawan, J., Murwaningsari, E., Bisnis, E., Pamulang, U., Bisnis, E., & Trisakti, U. (2023). *GREEN BUILDING BERBASIS TEKNOLOGI UNTUK PRODUKTIVITAS YANG LEBIH HIJAU : MANFAAT DAN TANTANGAN*. 2, 290–295.