

Hidup Hijau di Tepi Air Menguji Punggol Waterway Terraces sebagai Model Desain Apartemen Ramah Lingkungan di Singapura

Gunawan Tanuwidjaja^{1*)}, Audrey Ryuka Puspita Darmosugondo², Priscilla Allodya Mintalangi³

- 1, 2, 3. Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, Jl. Siwalankerto No.121-131, Kota Surabaya, Jawa Timur 60236, Indonesia
1, School of Architecture and Built Environment, Engineering Faculty, Queensland University of Technology, 2 George Street, Brisbane City, Queensland 4000, Australia

Email: gunte@petra.ac.id, gunteitb2012@gmail.com*)

*) *Corresponding Author*

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Diterima 18-10-2023 Disetujui 04-01-2024 Tersedia <i>online</i> 01-04-2024</p> <p>Kata kunci: Apartemen hijau, ruang sosial, fotovoltaik, penampungan air hujan, pemeliharaan fasad.</p>	<p>Riset ini membahas pentingnya konsep Green Architecture dan Green Low-Cost Apartment dalam menangani ketidakharmonisan antara lingkungan dan masyarakat, terutama dalam konteks pembangunan kota baru seperti Ibu Kota Negara Nusantara. Konsep ini mulai dikenal sejak tahun 2013 di Singapura, yang telah mengadopsi prinsip-prinsip Green Building. Salah satu contoh sukses adalah Apartemen Punggol Waterway Terraces, yang menonjolkan desain berkelanjutan dengan memperhatikan efisiensi sumber daya dan inklusivitas sosial. Meskipun konsep ini memiliki manfaat yang signifikan, masih ada beberapa tantangan yang perlu diatasi, termasuk biaya, aksesibilitas, dan efisiensi. Studi ini mengusulkan penelitian tentang konsep Green Low-Cost Apartment dengan fokus pada Apartemen Punggol Waterway Terraces sebagai contoh sukses. Metode penelitian yang digunakan adalah Case Study Research, dengan hasil penelitian menyoroti desain, fasilitas, biaya, dan inovasi terkait dengan konsep ini. Punggol Waterway Terraces merupakan bagian dari Punggol Eco-town, yang menjadi laboratorium untuk solusi berkelanjutan dan inovatif. Namun, beberapa kelemahan seperti kurangnya perawatan bangunan dan kurangnya privasi perlu diperhatikan. Meskipun demikian, apartemen ini menunjukkan keseriusan HDB dalam mewujudkan konsep 'Green Living by the Waters' dengan menerapkan berbagai teknologi hijau dan fasilitas sosial yang baik. Dengan demikian, apartemen ini menjadi sebuah studi kasus sukses dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di Singapura.</p>
<p>Keywords: <i>Green low-cost apartment, social spaces, photovoltaic, rain-water harvesting, facade maintenance.</i></p>	<p>ABSTRACT</p> <p>Title: <i>Green Living by the Water; Testing Punggol Waterway Terraces as a Model for Eco-Friendly Apartment Design in Singapore</i></p> <p><i>This research discusses the importance of green architecture and green low-cost apartments in addressing the discord between the environment and society, particularly in developing new cities like the National Capital of Nusantara. This concept began gaining recognition in 2013 in Singapore, which has adopted the principles of Green Building. One successful example is the Punggol Waterway Terraces Apartment, which emphasizes sustainable design while considering resource efficiency and social inclusivity. Although this concept offers significant benefits, several challenges remain, including costs, accessibility, and efficiency. This study proposes research on the Green Low-Cost Apartment concept, focusing on the Punggol Waterway Terraces Apartment as a successful example. The research method used is Case Study Research, and the results highlight the design, facilities, costs, and innovations related to this concept. Punggol Waterway Terraces is part of Punggol Eco-town, a sustainable and innovative solutions laboratory. However, some weaknesses, such as lack of building maintenance and privacy, must be addressed. Nonetheless, this apartment demonstrates HDB's seriousness in realizing the concept of 'Green Living by the Waters' by implementing various green technologies and good social facilities. Thus, this apartment becomes a successful case study supporting sustainable development in Singapore.</i></p>

Pendahuluan

Hubungan antara alam dan masyarakat saat ini sedang tidak harmonis, sehingga *Green Architecture* dan *Green Low-Cost Apartment* diusulkan. Konsep ini mulai populer sekitar tahun 2013 di Singapura. Negara ini juga mengadopsi konsep *Green Building* karena 20% luas bangunan di Singapura telah disertifikasi oleh *Building and Construction Authority* (BCA) dengan sekitar 1534 bangunan baru dan 215 bangunan lama pada tahun 2013 di kawasan tersebut hingga saat ini. Apartemen Punggol Waterway Terraces adalah salah satu *green apartment* yang diciptakan oleh G8A Architecture & Urban Planning dan AEDAS. Apartemen Punggol Waterway Terraces menerapkan desain berkelanjutan dengan memperhatikan kenyamanan termal, efisiensi sumber daya, optimalisasi fungsi dan keamanan bangunan, serta inklusivitas sosial. Oleh karena itu, konsep ini perlu dibahas dalam karya tulis ini. Di sisi lain banyak pembangunan kota baru seperti Ibu Kota Negara Nusantara sangat membutuhkan purwarupa bangunan perumahan berkepadatan sedang dan tinggi seperti yang dijelaskan dalam studi kasus ini. Sehingga kami memandang bahwa studi ini sangat penting untuk dikembangkan lagi.

Salah satu faktor penting dalam perumahan ialah kemudahan masyarakat untuk mengakses perumahan. Singapura merupakan negara yang memiliki kepadatan tinggi dengan lahan yang terbatas sehingga memerlukan solusi perumahan yang berbeda (Sue & Wong, 2010). Terdapat beberapa aspek yang penting pada sebuah apartemen yang akan mempengaruhi pembiayaan (Sue & Wong, 2010). Hal tersebut berupa luas lantai apartemen, tipe apartemen, akses ke transportasi umum, dan kedekatan

dengan *social amenities* (fasilitas sosial) untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Sebaliknya, pemeliharaan yang buruk, kebisingan, atau lift yang tidak berfungsi merupakan aspek negatif yang menurunkan nilai apartemen (Sue & Wong, 2010).

Housing Development Board (HDB) merupakan pengembang perumahan vertikal atau apartemen di Singapura. Sejak tahun 1960, HDB telah merencanakan dan mengembangkan apartemen dengan biaya terjangkau yang terintegrasi dengan fasilitas-fasilitas yang terkait dengan apartemen tersebut. Sehingga, upaya HDB tidak hanya mempengaruhi perumahan, melainkan juga membentuk lanskap kota Singapura. Berbagai fasilitas sosial dan fasilitas umum yang disediakan harus mampu menunjang kebutuhan hidup masyarakat yang tinggal di apartemen tersebut. Masyarakat lebih memilih apartemen yang berada di kawasan yang sudah matang sehingga mereka bisa menikmati dan memanfaatkan jaringan fasilitas dan transportasi yang sudah direncanakan dengan baik (Housing & Development Board, 2023). Selain itu, perencanaan apartemen di Singapura juga dipengaruhi oleh perencanaan kota Singapura oleh *Redevelopment Authority* atau URA (Urban Redevelopment Authority, 2023). Sekitar 86% apartemen di Singapura memiliki beberapa tatanan interior berupa tiga-kamar, empat-kamar, atau lima-kamar.

Ahmad, dkk. (2017) mengukur dampak konstruksi bangunan tinggi untuk perumahan dan didapati beberapa aspek unik dari bangunan tempat tinggal bertingkat tinggi yang keberlanjutan. Studi Ahmad, dkk. (2017) adalah mengidentifikasi dan mengonsolidasikan isu-isu terkait bangunan tinggi yang berkelanjutan. Ahmad, dkk. (2017) menemukan 54 aspek bangunan positif

dari bangunan bertingkat tinggi secara positif maupun negatif. Hal ini menunjukkan temuan bahwa sebagian besar perumahan bertingkat tinggi memiliki aspek yang memberikan dampak positif. Beberapa aspek yang ditemukan ialah berlanjutnya pemenuhan kebutuhan energi untuk transportasi vertikal, komunikasi, pemanasan, dan pendinginan. Sebaliknya, bangunan tinggi memberikan potensi dampak merugikan pada kebutuhan psikologis yang tinggal di dalamnya karena keheningan atau kurangnya interaksi dengan penghuni lain.

Bay (2004) menemukan beberapa parameter arsitektur berkelanjutan dalam aspek sosial atau lingkungan pada perumahan bertingkat tinggi di kawasan Kondominium Bedok Court. Bay menemukan beberapa isu di apartemen bertingkat tinggi terkait dengan rendahnya interaksi sosial masyarakat, rendahnya perlindungan privasi, terbatasnya ventilasi alami, tingginya ketergantungan pada AC, dan tingginya konsumsi energi, serta potensi polusi udara. Sebenarnya Bay menyarankan apartemen bertingkat tinggi mengadopsi konsep rumah kampung bagi masyarakat Singapura. Sekitar 84% populasi Singapura pada 2014 tinggal dalam unit apartemen HDB bertingkat tinggi. Di sisi lain, menurut Bay Singapura akan mengalami tantangan terkait dengan kekurangan lahan, kebutuhan koefisien lantai bangunan atau *Floor Area Ratio* (FAR) atau *Plot Ratio* (PR) yang tentunya menyebabkan apartemen memiliki tingkat lebih tinggi. Pada 2014, Bay menemukan apartemen dengan ketinggian empat puluh lantai, dan FAR lebih dari 7,0. Kepadatan ini menyebabkan kurangnya interaksi sosial antar warga.

Modi (2014) menemukan kegagalan keberlanjutan sosial di apartemen HDB.

Apartemen dengan konsep *tower* pada 1960-an ditemukan gagal menghidupkan interaksi sosial di Eropa dan Amerika Utara. Kegagalan ini diduga terkait dengan rendahnya privasi pada koridor antar unit dan rendahnya level keamanan pada perumahan itu. Menurut Modi (2014), bangunan bertingkat tinggi tidak dapat mendukung interaksi sosial di antara penghuninya dibandingkan perumahan bertingkat rendah. Fasilitas sosial pada bangunan bertingkat tinggi tergolong masih kurang, tetapi di sisi lain banyak ruang di lantai dasar yang dapat dialokasikan untuk fasilitas sosial. Pemandangan kota yang bagus juga dapat menjadi kelebihan bangunan tinggi seperti contoh Pinnacle@Duxton.

Menurut Adabre dan Chan (2019), biaya perumahan merupakan pengeluaran keluarga yang perlu dicatat, apakah dibeli atau disewa, serta akibatnya yang mempengaruhi standar hidup rumah tangga. Faktor keberhasilan efektivitas dan efisiensi biaya apartemen mempengaruhi keberlanjutan pengadaan bangunan. Konteks berkelanjutan yang dimaksud adalah bagaimana apartemen tersebut mampu memfasilitasi segala kebutuhan pengguna dengan baik dan berbanding lurus terhadap biaya yang dikeluarkan oleh pengguna.

Selain dari segi fasilitas, efisiensi terhadap energi juga sangat penting. Bagaimana apartemen memanfaatkan potensi alam seperti air hujan, sinar matahari, serta penghawaan yang baik dalam tiap unit sehingga mencapai kenyamanan termal yang baik bagi pengguna. Pemantauan terhadap pemeliharaan apartemen perlu dilakukan untuk menjaga fasilitas-fasilitas selalu dalam kondisi baik ketika digunakan dan bisa meningkatkan kualitas bangunan (Kwong, dkk., 2014).

Jacobs dan Cairns (2012) menggali konsep ekologi dari perumahan vertikal di Singapura. Pendekatan *Science and Technology Studies* (STS) digunakan untuk memetakan hubungan manusia dan non-manusia yang saling berproses di Singapura. Beberapa studi STS berfokus pada obyek secara metaforis dan tidak menjawab kondisi tinggal perkotaan. Karena itu sebaiknya 'kota' dan 'infrastruktur' harus diciptakan secara terintegrasi. Graham dan Marvin dalam Jacobs dan Cairns (2012) mengungkapkan konsep sosio-teknis yang berkaitan. Graham dan Marvin menggabungkan konsep 'infrastruktur' dan 'perkotaan', serta pentingnya integrasi 'kota' dan 'infrastruktur.' Mereka membuktikan dengan cara menganalisis hubungan antara restrukturisasi kontemporer infrastruktur perkotaan dan fragmentasi sosial dari kondisi perkotaan terkait dengan ketidakadilan akses dan kontrol infrastruktur Jacobs dan Cairns (2012).

Untuk menciptakan perumahan yang dapat berfungsi secara maksimal, harus dilakukan perencanaan perumahan dengan mempertimbangkan konteks sosial dan pola orang-orang untuk berkumpul dan bertindak (Jacobs & Cairns, 2012). *Housing Development Board* (HDB) Singapura melakukan beberapa strategi pembangunan perumahan karena keterbatasan lahan di negara tersebut. Sebaliknya, penduduk Singapura semakin meningkat jumlahnya, sehingga HDB harus menerapkan konsep *modernist high rise* (perumahan bertingkat tinggi bergaya modern) di Singapura. HDB mengutamakan kepentingan umum dan aspek kepraktisan, dan mengabaikan estetika atau ideologi. Beberapa isu utama dari konsep HDB ini adalah pemeliharaan elevator, pasokan air, perawatan ruang bersama, dan

pembuangan limbah yang akhirnya perlu ditangani dengan manajemen yang baik (Jacobs & Cairns, 2012). Karena itu pemeliharaan dan perbaikan bangunan akan dapat ditekan biayanya. Tentunya HDB melakukan kampanye pendidikan tentang penggunaan di perumahan bertingkat tinggi beserta peraturannya. HDB memiliki dua tugas, yang pertama yaitu perbaikan dan pemeliharaan bagian-bagian bangunan yang umum (tangga, koridor, ruang terbuka) dan layanan bangunan (lift, saluran pipa air, dan lain-lain), yang kedua yaitu pelayanan lingkungan seperti pembuangan sampah, perkebunan, dan lain-lain (Jacobs & Cairns, 2012).

Keamanan memiliki arti bebas dari bahaya, kebebasan dari ancaman maupun risiko yang berhubungan dengan jiwa manusia dan aset di dalamnya dari tindakan kriminal. Dengan mengidentifikasi adanya ancaman terhadap bangunan, dalam menentukan tindakan antisipasi desain diperlukan standar keamanan bangunan (Agarwati, 2015; Gifford, 2007). Menurut Gibson dan Johnson (2016), sistem perlindungan keamanan dari tindakan kriminal memiliki beberapa konsep yaitu pemeliharaan dan manajemen melalui *defensible space* (ruang yang anti tindak kriminal), teritorialitas, dan *natural surveillance* (manusia yang melakukan pengawasan), *natural access control* (elemen fisik yang digunakan dalam bangunan).

Kosorić, dkk. (2018) mengungkapkan peluang integrasi dari sistem *Photovoltaic* (PV) pada apartemen bertingkat tinggi di Singapura. Beberapa hal yang dicatat oleh Kosorić, dkk. (2018) ialah sistem PV harusnya dapat diintegrasikan pada apartemen HDB dengan pendekatan dinamik atau holistik. Sebuah metode *multi-criteria decision making* (MCDM) diusulkan untuk

memandu dan mengoptimalkan PV dalam apartemen HDB. Integrasi PV pada fasad apartemen HDB dapat mendukung keberlanjutan lingkungan dan sosial.

Kosorić, dkk. (2019) kemudian menambahkan hasil studi tim terkait dengan penerimaan penduduk apartemen HDB terhadap fasad PV. Studi Kosorić, dkk. (2019) menemukan bahwa terdapat preferensi PV yang dapat dipasang di sisi koridor apartemen karena terkait keamanan, aksesibilitas, kebersihan dan manfaat sosial. Selain itu, ternyata terdapat belanja dan keamanan diidentifikasi sebagai tekanan pada implementasi PV-nya.

Untuk menunjang konsep *Green Low-Cost Apartment*, konsep LEED *certification for residential* juga dikaji dalam riset ini (U.S. Green Building Council, 2023). Kajian ini dilakukan untuk memperkuat konsep *Green Low-Cost Apartment* di antaranya dengan meningkatkan efisiensi sumber daya, menghemat energi, mengurangi emisi CO₂, meningkatkan efisiensi air, meningkatkan kualitas lingkungan di dalam ruangan dan kepekaan terhadap dampaknya melalui integrasi prinsip ramah lingkungan pada proses desain hingga konstruksi suatu bangunan (U.S. Green Building Council, 2023).

The Building and Construction Authority (BCA) (2023) di Singapura mengusulkan skema bangunan hijau dengan nama *Green Marks* pada Januari 2005. *Green Marks* memberikan kerangka komprehensif untuk mempromosikan desain yang berkelanjutan dan praktik konstruksi terbaik. Keuntungan dari bangunan yang menerapkan *Green Marks* ialah:

- Membuat citra yang berbeda di pasar *real estate*.

- Memberikan citra positif pada perusahaan, serta meningkatkan sewa dan nilai jual kembali bangunan.
- Mengurangi penggunaan energi, air dan sumber daya material.
- Mengurangi potensi dampak lingkungan.
- Meningkatkan kualitas lingkungan dalam ruangan untuk kesehatan dan kesejahteraan yang lebih baik.
- Memberikan arah jelas untuk perbaikan berkelanjutan.

Green Marks memiliki beberapa kriteria inti terkait dengan desain yang responsif terhadap perubahan iklim, mengurangi konsumsi energi, meningkatkan pengelolaan sumber daya, menghasilkan bangunan cerdas dan sehat dan menerapkan upaya *green building*.

Tanuwidjaja, dkk. (2013) mengungkapkan sebuah konsep *sustainable architecture* yang lain karena terkait dengan beberapa konsep pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*). Lebih lanjut, Tanuwidjaja juga membagi aspek *Sustainable Architecture* dalam aspek ekonomi, aspek sosial dan aspek lingkungan hidup. Pertama, aspek ekonomi menyangkut dengan meningkatkan kualitas hidup warga lokal dan menggunakan bahan bangunan lokal. Kemudian disarankan juga agar mengoptimalkan fungsi bangunan dan meningkatkan efektivitas & efisiensi biaya. Sementara itu proses terpadu diusulkan menyangkut desain konstruksi-manajemen bangunan. Keamanan terhadap tindakan kriminalitas, keamanan struktural terutama terhadap bencana alam (gempa bumi & tsunami, banjir dan tanah longsor, cuaca ekstrim) atau bencana manusia (kebakaran). Selain itu juga dipahami ada kebutuhan adaptasi masa depan dari bangunan ini.

Dalam aspek sosial, Tanuwidjaja, dkk. (2013) mengusulkan pentingnya upaya peningkatan tentang kesadaran pengguna bangunan yang berkaitan dengan desain berkelanjutan. Selain itu, perlindungan hukum juga sangat penting terkait dengan sertifikasi hak milik dan izin mendirikan bangunan. Proses desain partisipatif juga ditemui sebagai keharusan untuk menjamin desain yang berkelanjutan dengan melibatkan semua pemangku kepentingan. Di sisi lain, berbagai parameter lain juga diusulkan Tanuwidjaja seperti estetika desain, pelestarian keanekaragaman budaya, inklusivitas sosial dan *Universal Design*.

Dalam aspek lingkungan hidup, Tanuwidjaja, dkk. (2013) juga mengusulkan beberapa rekomendasi seperti apresiasi keterkaitan dengan lingkungan hidup dan *lifecyle product management*. Beberapa aspek yang diusulkan ialah terkait dengan iklim mikro, pemilihan lokasi, dan analisis mengenai dampak lingkungan. Sementara itu manajemen *lifecycle product management* juga diusulkan terkait dengan kenyamanan termal, bahan bangunan yang berkelanjutan, efisiensi air, efisiensi energi, dan pengelolaan sampah.

Berdasarkan kerangka Tanuwidjaja, dkk. (2013) dan beberapa studi kasus di atas, dilakukan studi kualitatif yang bertujuan untuk menyelidiki keberlanjutan sosial, ekonomi dan lingkungan dari Apartemen Punggol Waterway Terraces yang juga membawa “waterfront city” di Singapura dan bagaimana memperbaiki konsep ini di masa depan.

Metode

Metode *Case Study Research* diadopsi dari Yin (2014). Penelitian CSR menurut Yin sebagai penyelidikan empiris yang

menyelidiki fenomena kontemporer dalam konteks kehidupan nyata, terutama ketika batas antara fenomena dan konteks tidak jelas terlihat. Tujuan CSR adalah untuk menjelaskan hubungan sebab akibat antar fenomena, menjelaskan intervensi yang diusulkan dan kondisi nyata, menggambarkan dan mengevaluasi topik tertentu, dan mengeksplorasi opsi intervensi dalam masalah yang sulit.

Yin (2014) merekomendasikan lima langkah yang penting untuk CSR, seperti pertanyaan CSR, hipotesis penelitian atau proposisi, analisis unit, hubungan data dan hipotesis, dan kriteria interpretasi. Karena itu metode ini diterapkan dalam karya tulis ini walaupun penulis baru menggunakan data sekunder dari *website* dan YouTube. Untuk mengukur keberlanjutan Punggol Waterway Terraces, dilakukan pengujian terkait dengan parameter oleh Tanuwidjaja, dkk. (2013) yang telah didiskusikan pada bagian kajian pustaka dan dilakukan seleksi karena keterbatasan data dari studi kasus ini.

Aspek Ekonomi

Dalam aspek ekonomi, parameter yang digunakan adalah:

- Meningkatkan kualitas hidup warga lokal dan menggunakan bahan bangunan lokal.
- Optimalisasi fungsi bangunan
- Efektivitas & efisiensi biaya
- Integrasi desain konstruksi-manajemen pada bangunan.
- Keamanan terhadap tindakan kriminalitas
- Keamanan struktural terutama terhadap bencana alam (gempa bumi & tsunami, banjir dan tanah longsor, cuaca ekstrim) atau bencana manusia (kebakaran).
- Kebutuhan adaptasi masa depan.

Aspek Sosial

Parameter yang digunakan dalam aspek sosial adalah:

- Kesadaran pengguna bangunan tentang desain berkelanjutan.
- Perlindungan hukum
- Proses desain partisipatif
- Estetika desain dan pelestarian keanekaragaman budaya
- Inklusivitas sosial dan *universal design*.

Aspek Lingkungan Hidup

Dalam aspek lingkungan hidup, parameternya adalah:

- Pertimbangan iklim mikro dan pemilihan lokasi
- Analisis mengenai dampak lingkungan
- *Lifecycle product management*
- Kenyamanan termal
- Material bangunan yang berkelanjutan
- Efisiensi air
- Efisiensi energi
- Pengelolaan sampah.

Hasil dan Pembahasan

Ming, dkk. (2010) memaparkan konsep Punggol Eco-town atau Kota Ramah Lingkungan Punggol diumumkan oleh HDB tahun 1996. Konsep ini dikembangkan di kawasan Punggol dalam sepanjang Punggol Waterway dengan konsep utama '*Green Living by the Waters*'. Sehingga Punggol Eco-town atau 'Punggol 21' akan digunakan sebagai laboratorium terpadu untuk HDB dalam mengembangkan dan menguji solusi berkelanjutan dan inovatif. Punggol Waterway Terraces merupakan salah satu bagian dari apartemen ini. Punggol Eco-town ini makin dikembangkan pada tahun 2007, dengan penetapan Punggol sebagai salah satu dari tiga kota yang akan dikembangkan di bawah program

Remaking Our Heartlands (ROH). Salah satu strategi utama program ROH di Punggol adalah pembangunan saluran air utama baru sepanjang 4,2 km yang melintasi kota dengan membendung dua sungai yaitu Sungai Serangoon dan Sungai Punggol. Sehingga konsep Punggol Eco-town juga akan dikenal dengan *Waterfront city* (Kota pesisir).

Punggol Waterway Terraces dilengkapi dengan berbagai fasilitas apartemen untuk warga yang tinggal di dalamnya. Akses ke fasilitas sosial dan fasilitas umum menjadi mudah karena perencanaan yang baik. Fasilitas kesehatan, pendidikan, komersial (pertokoan dan restoran), tempat ibadah direncanakan berada di lantai satu pada apartemen ini atau berjarak 500 meter dari apartemen ini. Selain itu penghuni apartemen ini juga dilayani oleh *Mass Rapid Transit* (MRT) dan *Light Rail Transit* (LRT) sehingga memudahkan masyarakat menggunakan transportasi umum (Ming, dkk., 2010).

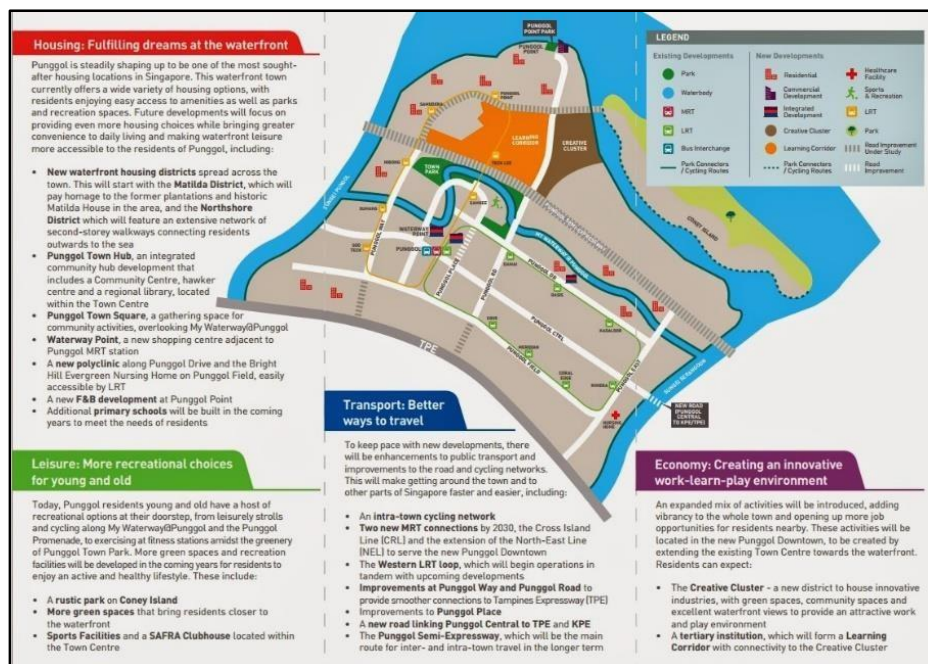
Apartemen ini terletak di kawasan Punggol Eco-town sehingga memiliki kualitas udara yang baik karena terletak jauh dari kawasan industri yang polutif. Selain itu apartemen ini didesain dengan gaya arsitektur modern dengan adaptasi iklim tropis. Tetapi terdapat beberapa kekurangan berbentuk kebisingan dari lalu lintas jalan raya dan konstruksi beberapa apartemen di sekitarnya pada 2021. Di sisi lain, terdapat beberapa taman di lantai dasar dan di atap yang dapat dinikmati para penghuni (Belcher & Chisholm, 2018; Castro, 2016; Stacked Homes, 2021).

Apartemen HDB, termasuk Punggol Waterway Terraces dikembangkan dengan subsidi dari pemerintah, sehingga harga awal untuk satu unit cukup rasional. Punggol Waterway Terraces memiliki harga yang cukup terjangkau

dibandingkan dengan apartemen di Punggol. Terdapat tiga unit pilihan apartemen di Punggol Waterway Terraces. Unit yang pertama adalah unit dengan 3 kamar atau disebut *3-rooms unit* (65 m²). Unit kedua adalah unit dengan 4 kamar atau disebut *4-rooms unit* (90 m²). Unit ketiga adalah unit dengan 5 kamar atau disebut *5-rooms unit* (110 m²).

Harga unit pada Punggol Waterway Terraces bervariasi. Harga untuk *3-room units* adalah \$425,000, sementara harga *4-room units* adalah \$515,000, dan harga *5-room units* adalah \$615,000. Beberapa data menunjukkan bahwa harga ini telah meningkat dari harga indikatif awal penjualan Punggol Waterway Terraces pada 2013. Kisaran harga *3-rooms unit* pada tahun 2013 adalah \$186,000-\$237,000, kisaran harga *4-room units* pada tahun 2013 adalah \$300,000-

\$376,000, dan kisaran harga *5-room units* pada tahun 2013 adalah \$374,000-\$458,000 (Reuben, 2021). Hal ini menunjukkan tren negatif berkurangnya keterjangkauan unit apartemen di Singapura (99.co., 2022). Selanjutnya, beberapa gambaran visual dokumen perancangan Punggol Eco-town dan Punggol Waterway Terraces. Terdapat beberapa denah, rencana induk, dan lain-lain. Pada Gambar 1 hingga Gambar 5 di bawah ini menjelaskan tentang deskripsi Punggol Waterway Terraces mulai dari rencana induk Punggol Eco-town (Gambar 1), rencana tata letak Punggol Waterway Terraces 1 (Gambar 2), rencana tata letak Punggol Waterway Terraces 2 (Gambar 3), denah unit Punggol Waterway Terraces 2 (Gambar 4), hingga gambar/foto secara perspektif Punggol Waterway Terraces (Gambar 5).



Gambar 1. Rencana induk Punggol Eco-town
Sumber: Lee, 2013



Gambar 2. Rencana Tata Letak Punggol Waterway Terraces 1

Sumber: 99.co., 2022



Gambar 3. Rencana Tata Letak Punggol Waterway Terraces 2

Sumber: Lee, 2013



Gambar 4. Denah Unit Punggol Waterway Terraces 2
Sumber: Lee, 2013



Gambar 5. Perspektif Punggol Waterway Terraces
Sumber: Lee, 2013

Pada Tabel 1 di bawah ini, dijelaskan mengenai korelasi aspek untuk Punggol Waterway Terraces. Kemudian pada Tabel 2 menampilkan penilaian Likert untuk Punggol Waterway Terraces.

Tabel 1. Korelasi Aspek untuk Punggol Waterway Terraces

1. Aspek Ekonomi	1. Aspek Sosial					3. Aspek Lingkungan Hidup							
	Kesadaran pengguna bangunan tentang desain berkelanjutan	Perlindungan hukum	Proses desain partisipatif	Estetika desain dan pelestarian keanekaragaman budaya	Inklusivitas sosial dan universal design	Pertimbangan iklim mikro dan pemilihan lokasi	Analisis mengenai dampak lingkungan	<i>Lifecycle product management</i>	Kenyamanan termal	Material bangunan yang berkelanjutan	Efisiensi air	Efisiensi energi	Pengelolaan sampah
Meningkatkan kualitas hidup warga lokal dan menggunakan bahan bangunan lokal	√		√	√	√		√	√	√				
Optimalisasi fungsi bangunan			√	√	√	√	√		√	√			√
Efektivitas & efisiensi biaya	√		√		√	√	√	√	√	√	√	√	√
Integrasi desain konstruksi-manajemen pada bangunan	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Keamanan terhadap tindakan kriminalitas		√				√							
Keamanan struktural terutama terhadap bencana alam (gempa bumi & tsunami, banjir & tanah longsor, cuaca ekstrem) atau bencana manusia (kebakaran)		√	√	√	√	√		√	√				
Kebutuhan adaptasi masa depan			√					√	√			√	

Sumber: modifikasi dari Tanuwidjaja, dkk. (2013)

Tabel 2. Penilaian Likert untuk Punggol Waterway Terraces

	Likert Scale	Skala Batang
1. Aspek ekonomi		
<ul style="list-style-type: none"> Meningkatkan kualitas hidup warga lokal dan menggunakan bahan bangunan lokal Optimalisasi fungsi bangunan Efektivitas & efisiensi biaya Integrasi desain konstruksi-manajemen pada bangunan Keamanan terhadap tindakan kriminalitas Keamanan struktural terutama terhadap bencana alam (gempa bumi & tsunami, banjir & tanah longsor, cuaca ekstrem) atau bencana manusia (kebakaran) Kebutuhan adaptasi masa depan 	1 3 3 3 2 NA NA	
2. Aspek Sosial		
<ul style="list-style-type: none"> Kesadaran pengguna bangunan tentang desain berkelanjutan Perlindungan hukum Proses desain partisipatif Estetika deain dan pelestarian keanekaragaman budaya Inklusivitas sosial dan <i>universal design</i> 	NA NA NA 5 4	
3. Aspek Lingkungan Hidup		
<ul style="list-style-type: none"> Pertimbangan iklim mikro dan pemilihan lokasi Analisis mengenai dampak lingkungan <i>Lifecycle product management</i> Kenyamanan termal Material bangunan yang berkelanjutan Efisiensi air Efisiensi energi Pengelolaan sampah. 	2 NA NA 4 4 4 4 NA	

Sumber: modifikasi dari Tanuwidjaja, dkk. (2013)

Berdasarkan Tanuwidjaja, dkk. (2013) dikembangkan sebuah skala Likert sesuai dengan performa aspek di atas

agar terlihat bagaimana dampak sosial, ekonomi dan lingkungan berdasarkan Edmondson (2005).

Nilai 1 berarti memiliki performa Sangat Kurang, selanjutnya Nilai 2 berarti memiliki performa Kurang, Nilai 3 berarti memiliki performa Cukup, Nilai 4 berarti memiliki performa Baik, Nilai 5 berarti memiliki performa Sangat Baik. Walaupun skala ini juga masih mendapatkan kritik tentang potensi biasanya dari Liddell & Kruschke (2018), tapi tetap skala ini dapat menggambarkan analisa studi kasus ini dengan lebih akurat. Karena keterbatasan

Aspek Ekonomi

Meningkatkan Kualitas Hidup Warga Lokal dan Menggunakan Bahan Bangunan Lokal

Dalam aspek peningkatan kualitas hidup warga lokal dan penggunaan bahan bangunan lokal, diakui bahwa apartemen ini menggunakan bahan material yang diproduksi dari Malaysia atau Indonesia. Selain itu juga menggunakan material prefabrikasi yang juga menggunakan tenaga dari luar Singapura. Karena itu nilai 1 diberikan untuk aspek ini.

Optimalisasi Fungsi Bangunan

Fungsi bangunan ini kurang maksimal karena koridor terlalu panjang dan juga tidak memikirkan area untuk menjemur pakaian dan orientasi matahari. Karena itu studi kasus ini mendapatkan nilai Likert 3 untuk optimalisasi fungsinya.

Efektivitas & Efisiensi Biaya Proyek
Efektivitas & efisiensi biaya proyek mendapatkan nilai 3 dalam skala Likert karena terdapat dampak negatif dari mahalnya unit-unit yang dijual oleh pemilik pertama kepada warga Singapura lainnya. Harga unit pada Punggol Waterway Terraces bervariasi, *3-room units* dengan harga \$425,000, sementara harga *4-room units* adalah \$515,000, dan harga *5-room units* adalah \$615,000. Beberapa data

menunjukkan bahwa harga ini telah meningkat dari harga indikatif awal penjualan Punggol Waterway Terraces pada 2013 (Reuben, 2021). Hal ini menunjukkan tren negatif berkurangnya keterjangkauan unit apartemen di Singapura (99.co., 2022).

Integrasi Desain Konstruksi-Manajemen pada Bangunan

Konsep desain konstruksi-manajemen bangunan terpadu untuk Punggol Waterway Terraces terbukti kurang maksimal, yaitu diterjemahkan dengan skala Likert 3. Hal ini terbukti dengan kondisi bangunan yang mengalami kerusakan dan tidak terawat walaupun baru dibangun pada 2015 (Castro, 2016). Hal ini bisa dilihat pada area duduk di taman yang tidak terawat dan terdapat tumpukan sampah di beberapa ruang publik di lantai dasar. Terdapat keretakan pada sambungan beberapa panel fasad. Hal ini disebabkan sororan dibuat dari beberapa panel beton prefabrikasi, sehingga kurang kuat. Tidak hanya itu, pada bagian taman atap didapati banyak tanaman liar dan jemuran baju ilegal (Reuben, 2021; Stacked Homes, 2021).

Keamanan terhadap Tindakan Kriminalitas

Keamanan terhadap tindakan kriminalitas mendapatkan nilai Likert 2 karena rendahnya privasi dan kurang amannya Punggol Waterway Terraces yang didesain dengan berorientasi terpusat pada taman di lantai dasar. Selain itu apartemen ini didesain dengan bentuk heksagonal sehingga membentuk lorong sirkulasi yang panjang. Hal ini menjadikan adanya penurunan privasi pada beberapa ruangan di dekat lorong apartemen ini (Der Hagopian, 2019; Reuben, 2021; Schröpfer & Menz, 2019; Stacked Homes, 2021). Di sisi lain terdapat infrastruktur digital dan teknologi pintar. Bangunan ini

menggunakan CCTV untuk memantau keamanan. CCTV terletak pada beberapa area publik seperti *lobby*, area *drop off*, lift, dan area parkir. Dengan demikian, akses keluar-masuk penghuni di area publik dapat terawasi (Castro, 2016; Reuben, 2021).

Sayangnya beberapa data tidak tersedia secara detail dan beberapa sub-aspek ini tidak dibahas, yaitu:

- Keamanan struktural, terutama terhadap bencana alam (gempa bumi & tsunami, banjir dan tanah longsor, cuaca ekstrim) atau bencana manusia (kebakaran).
- Kebutuhan adaptasi masa depan.

Aspek Sosial

Inklusivitas Sosial dan *Universal Design*

Nilai Likert 4 didapatkan dalam aspek inklusivitas sosial dan *universal design*, karena dalam apartemen ini terdapat berbagai fasilitas sosial dan fasilitas umum. Punggol Waterway Terraces memiliki ruang bawah tanah sebagai tempat parkir dan area pelayanan. Kemudian apartemen ini memiliki berbagai fasilitas di lantai dasar (seperti klinik, *coffee shop*, minimarket, tempat penitipan anak, penatu, dan salon) serta taman.

Pada bagian tengah kompleks ini terdapat area bermain anak. Pada lantai 9 di apartemen ini terdapat taman atap (*roof garden*) dan berfungsi sebagai tempat retensi air hujan (Castro, 2016; Reuben, 2021).



Gambar 6. Orientasi Punggol Waterway Terraces yang terpusat pada taman di lantai dasar

Sumber: Castro, 2016

Kemudian untuk aspek *universal design*, Punggol Waterway Terraces menyediakan 6 lift (dalam 3 lift utama) yang memudahkan penghuni untuk naik dan turun, terutama bagi penyandang disabilitas dan lansia. Namun untuk koridor apartemen memiliki lebar yang sempit sehingga apabila 2 orang bertemu dari arah yang berlawanan akan terasa tidak nyaman, terlebih pengguna kursi roda (Reuben, 2021; Stacked Homes, 2021). Untuk memudahkan *wayfinding* para penghuni, terdapat pewarnaan berbeda pada lift yang ada di setiap blok. Dalam sebuah masa bangunan, minimal terdapat tiga lift utama yang melayani sebagian lantai Punggol Waterway Terraces (Reuben, 2021). Gambar 7 dan Gambar 8 berikut ini adalah orientasi Punggol Waterway Terraces dan beberapa jalur sirkulasinya.



Gambar 7. Jalur sirkulasi linier di Punggol Waterway Terraces yang mengelilingi taman di lantai dasar

Sumber: Castro, 2016



Gambar 8. Jalur sirkulasi linier di Punggol Waterway Terraces yang mengelilingi ruang bersama di lantai dasar yang terlalu panjang dan menyebabkan kurangnya privasi
Sumber: Castro, 2016

Sayangnya beberapa data tidak tersedia secara detail dan beberapa sub-aspek ini tidak dibahas yaitu:

- Kesadaran pengguna bangunan tentang desain berkelanjutan.
- Perlindungan hukum.
- Proses desain partisipatif.
- Estetika desain dan pelestarian keanekaragaman budaya.

Aspek Lingkungan Hidup

Pertimbangan Iklim Mikro dan Pemilihan Lokasi

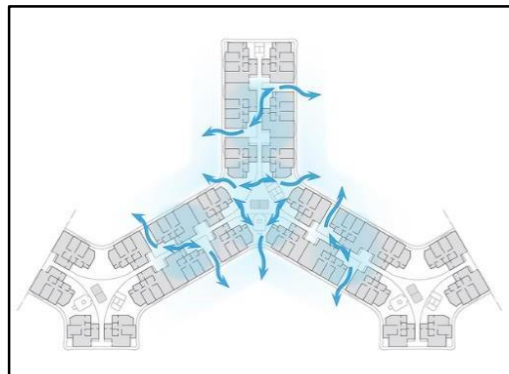
Punggol Waterway Terraces didesain dengan gagasan kontrol iklim pasif, seperti adanya ventilasi silang, sosoran untuk pelindung dari radiasi matahari dan hujan. Selain itu, sang arsitek juga memaksimalkan orientasi apartemen kepada sungai kecil yang membelah lahan apartemen ini (Castro, 2016). Dengan demikian dapat diberikan nilai Likert 3.

Kenyamanan Termal

Setiap unit mendapatkan pencahayaan dan penghawaan yang cukup dan mendapatkan skala Likert 4. Kenyamanan termal pada Punggol Waterway Terrace tercapai melalui penerapan konsep arsitektur bioklimatik (Fahri & Satwikasari, 2022). Terdapat beberapa solusi untuk meningkatkan kenyamanan termal pada

apartemen ini yaitu ventilasi silang pada blok bangunan dan menempatkan bukaan dengan jendela geser pada tiap sisi unit. Dengan jendela geser ini, pencahayaan dapat masuk, sehingga bangunan lebih hemat energi. Arah bukaan ventilasi sengaja diarahkan pada taman bersama di lantai satu.

Selain itu dengan ventilasi silang dan *sosoran* 1 meter membuat udara yang mengalir di dalam apartemen ini menjadi lebih sejuk, sehingga mengurangi beban karena AC dan akhirnya mengurangi biaya operasional apartemen ini (Fahri & Satwikasari, 2022). Penghawaan silang pada Apartemen Punggol Waterway Terraces dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Penghawaan silang di Apartemen Punggol Waterway Terraces
Sumber: Castro, 2016

Material Bangunan yang Berkelanjutan
Material apartemen ini terdiri dari beton cor dan beton prefabrikasi untuk fasadnya (Castro, 2016). Di sisi lain terdapat keretakan pada sambungan beberapa panel fasad sehingga nilai Likert 3 diberikan untuk studi ini. Hal ini disebabkan karena sosoran ini dibuat dari beberapa panel beton prefabrikasi, sehingga kurang kuat (Reuben, 2021; Stacked Homes, 2021).



Gambar 10. Keretakan pada sambungan beberapa panel fasad di Punggol Waterway Terraces

Sumber: Stacked Homes, 2021

Efisiensi Air

Efisiensi air untuk studi kasus ini mendapatkan nilai Likert 4 karena adanya *Urban Water Harvesting System* (UWHS) atau sistem pemanenan air perkotaan untuk menghemat air dengan memanen air hujan serta menahan air hujan dalam tangki air bawah tanah dalam sebuah sistem terintegrasi. Kemudian air yang dipanen diolah dan digunakan untuk membersihkan ruang publik di apartemen HDB. Hal ini dapat mengurangi konsumsi air bersih hingga 50% (Standen & Medina, 2022).

Efisiensi Energi

Nilai Likert 4 diberikan pada apartemen ini terkait aspek efisiensi energi seperti dipaparkan Standen & Medina (2022) tentang beberapa konsep *Green Apartment* yang menunjang *Sustainable Development Goals*. Beberapa konsep yang ditawarkan HDB mencakup penerapan panel surya, pencahayaan dengan Smart LED, sistem *urban water harvesting system* (UWHS), pengecatan khusus dan intensifikasi penghijauan.

HDB mengumumkan akan memasang panel surya sebesar 540 Megawatt-peak (MWP) pada tahun 2030. Target ini berpotensi menghasilkan 648 Giga

Watt hour (GWh) energi bersih per tahun (Standen & Medina, 2022). Energi dari panel surya ini (Gambar 11) telah digunakan di Punggol Waterway Terraces untuk menyalakan layanan umum, seperti pompa air, lampu, dan elevator (Reuben, 2021). Pencahayaan dengan Smart LED diterapkan ke area umum di apartemen HDB. Inisiatif pencahayaan pintar ini menggunakan sensor gerak untuk menyesuaikan tingkat penerangan koridor. HDB juga akan menggunakan solusi ini untuk tempat parkir mobil, tangga, taman bermain, koridor umum dan jalan penghubung (Standen & Medina, 2022).



Gambar 11. Panel surya di atap Punggol Waterway Terraces untuk mendukung penerangan dan daya layanan publik di apartemen

Sumber: Stacked Homes, 2021

Selain itu terdapat beberapa data yang tidak lengkap dari apartemen ini sehingga tidak dibahas dalam paper ini.

- Analisis mengenai dampak lingkungan.
- *Lifecycle product management*.
- Pengelolaan sampah.

Kesimpulan

Dapat disimpulkan dari studi awal berdasarkan data sekunder ini, terdapat beberapa kelemahan pada Punggol Waterway Terraces yaitu kelemahan dalam perawatan dan manajemen bangunan. Selain itu juga tipologi

Green Low-Cost Apartment memiliki perlindungan privasi yang lebih rendah dan sulit bagi penghuninya karena koridornya terlalu panjang.

Walaupun memiliki banyak kelemahan, Punggol Waterway Terraces merupakan bagian Eco-town Punggol atau 'Punggol 21' yang telah menjadi sebuah studi kasus sukses terkait solusi perumahan berkelanjutan dan inovatif. Selain itu, apartemen ini didesain dengan konsep yang dilayani oleh fasilitas sosial dan fasilitas umum yang direncanakan dengan baik. Fasilitas kesehatan, pendidikan, komersial (pertokoan dan restoran) dan tempat ibadah telah direncanakan di lahan ini. Fasilitas transportasi umum seperti *Mass Rapid Transit* (MRT) dan *Light Rail Transit* (LRT) juga dapat diakses tidak terlalu jauh dari apartemen ini.

Di sisi lain, konsep apartemen ini telah menunjukkan seriusnya upaya HDB dalam membuat *Eco-town* di Singapura dengan konsep '*Green Living by the Waters.*' Upaya HDB ini di antaranya dengan menerapkan penghawaan silang, penerapan balkon dan sosoran, penerapan panel surya, pencahayaan dengan *Smart LED*, sistem *urban water harvesting system* (UWHS), pengecatan khusus dan intensifikasi penghijauan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami berikan kepada Bapak Timoticin Kwanda, B.Sc., MRP., Ph.D. sebagai koordinator Mata Kuliah Pengantar Permukiman di Petra Christian University (PCU) dan rekan mahasiswa tim Pengantar Permukiman yaitu: Chaesia Teresa Izaac, Efata Devina Putri Sutanto, Ribka Irena Kartowidjojo, Rafaela Evanesse Paembonan, dan Jeannifer.

Daftar Pustaka

- 99.co. (2022, January 1). *Waterway Terraces i HDB - prices & reviews*.
<https://www.99.co/singapore/hdb/waterway-terraces-i-deBMMFdUkgd5PjVHCPQwpc5P#:~:text=Waterway%20Terraces%20I%20308B%20Punggol%20Walk%20%20C%20B%20822308,%20%2024705%20psf%20Rental%20range%20S%244%2C350%20~%20S%244%2C500%2Fmo>
- Adabre, M. A., & Chan, A. P. C. (2019). Critical success factors (CSFs) for sustainable affordable housing. *Building and Environment*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.030>
- Agarbati, G. (2015). *Burglary Risk Assessment of Buildings: a semi-quantitative method*. Università Politecnica delle Marche.
- Ahmad, T., Aibinu, A., & Thaheem, M. J. (2017). The Effects of High-rise Residential Construction on Sustainability of Housing Systems. *Procedia Engineering*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.332>
- Bay, J. H. (2004). Sustainable community and environment in tropical Singapore high-rise housing: The case of Bedok Court condominium. *Architectural Research Quarterly*, 8(3-4). <https://doi.org/10.1017/S135913550400034X>
- Belcher, R. N., & Chisholm, R. A. (2018). Tropical Vegetation and Residential Property Value: A Hedonic Pricing Analysis in Singapore. *Ecological Economics*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.03.012>

- Castro, F. (2016, May 18). *Punggol Waterway Terraces / G8A Architecture & Urban Planning + Aedas*.
<https://www.archdaily.com/787479/punggol-waterway-terraces-group8asia>
- Der Hagopian, M. (2019). Punggol waterway terraces, Singapore. In *SpringerBriefs in Architectural Design and Technology*.
https://doi.org/10.1007/978-981-13-0713-3_6
- Edmondson, D. (2005, May). Likert scales: A history. In *Proceedings of the Conference on Historical Analysis and Research in Marketing* (Vol. 12, pp. 127-133).
- Fahri, M. F., & Satwikasari, A. F. (2022). KAJIAN KONSEP ARSITEKTUR BIOKLIMATIK PADA BANGUNAN PUNGGOL WATERWAY TERRACE, SINGAPURA. *AGORA: Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Arsitektur Usakti*, 20(2).
<https://doi.org/10.25105/agora.v20i2.13681>
- Gibson, V., & Johnson, D. (2016). CPTED, but not as we know it: Investigating the conflict of frameworks and terminology in crime prevention through environmental design. *Security Journal*, 29(2).
<https://doi.org/10.1057/sj.2013.19>
- Gifford, R. (2007). The consequences of living in high-rise buildings. *Architectural Science Review*, 50(1).
<https://doi.org/10.3763/asre.2007.5002>
- Graham, S., & Marvin, S. (2001). *Splintering urbanism: networked infrastructures, technological mobilities and the urban condition*. Routledge.
- Housing & Development Board. (2023, July 28). *Housing & Development Board (HDB)*.
<https://www.hdb.gov.sg/cs/infoweb/homepage>
- Jacobs, J. M., & Cairns, S. (2012). Ecologies of Dwelling: Maintaining High-Rise Housing in Singapore. In *The New Blackwell Companion to the City*.
<https://doi.org/10.1002/9781444395105.ch8>
- Kosorić, V., Huang, H., Tablada, A., Lau, S. K., & Tan, H. T. W. (2019). Survey on the social acceptance of the productive façade concept integrating photovoltaic and farming systems in high-rise public housing blocks in Singapore. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.056>
- Kosorić, V., Lau, S. K., Tablada, A., & Lau, S. S. Y. (2018). General model of Photovoltaic (PV) integration into existing public high-rise residential buildings in Singapore – Challenges and benefits. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 91).
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.087>
- Kwong, Q. J., Adam, N. M., & Sahari, B. B. (2014). Thermal comfort assessment and potential for energy efficiency enhancement in modern tropical buildings: A review. In *Energy and Buildings* (Vol. 68, Issue PARTA).
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.09.034>
- Lee, F. Y. (2013, January 1). *Draft master plan 2013 for Punggol*. .
<http://punggolwaterwayterrace.blogspot.com/2014/04/draft-master-plan-2013-for-punggol.html>

- Liddell, T. M., & Kruschke, J. K. (2018). Analyzing ordinal data with metric models: What could possibly go wrong?. *Journal of Experimental Social Psychology*, 79, 328-348.
- Ming, L. J., Suan, T. P., & Toh, W. (2010). HDB's next generation of eco-districts at Punggol and eco-modernisation of existing towns. *IES Journal Part A: Civil and Structural Engineering*, 3(3). <https://doi.org/10.1080/19373260.2010.491259>
- Modi, S. (2014). Improving the social sustainability of high-rises. *CTBUH Journal*, 2014(1).
- Reuben. (2021, January 1). *Waterway terraces review: Convenient waterfront living but not great maintenance*. <https://stackedhomes.com/editorial/waterway-terraces-review/#gs.3d1vww>
- Schröpfer, T., & Menz, S. (2019). Dense and Green Building Typologies: Design Perspectives. In *SpringerBriefs in Architectural Design and Technology*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3035-3_1
- Stacked Homes. (2021, January 10). *Is Punggol Waterway Terraces Worth Its Quirks? A Review With Ghib Ojisan | Stacked Insider HDB Tours*. https://youtu.be/ai3j8_DN9c4?si=r-vk-n_VfIE2rsbv
- Standen, T., & Medina, A. F. (2022, April 25). *HDB Green Towns: Supporting Singapore's Sustainable Development Goals*. <https://www.aseanbriefing.com/news/hdb-green-towns-supporting-singapores-sustainable-development-goals/#:~:text=High%20potential%20public%20housing%20areas,i>
- ntensification%2C%20and%20water%20harvesting%20systems
- Sue, E. D. W., & Wong, W. K. (2010). The political economy of housing prices: Hedonic pricing with regression discontinuity. *Journal of Housing Economics*, 19(2). <https://doi.org/10.1016/j.jhe.2010.03.003>
- Tanuwidjaja, G., Leonardo, L., Mulyono, A., & Silvanus, D. C. (2013). Desain Rumah Heinz Frick yang Ramah Lingkungan dan Terjangkau. *Tesa Arsitektur*, 11(1).
- The Building and Construction Authority (BCA). (2023, April 6). *Green mark certification scheme*. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-certification-scheme/>
- U.S. Green Building Council. (2023, January 1). *LEED certification for residential. LEED certification for residential | U.S. Green Building Council*. <https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/residential>
- Urban Redevelopment Authority. (2023, August 2). *Urban Redevelopment Authority (URA)*. <https://www.ura.gov.sg/Corporate>
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods (Fifth ed.)*. SAGE.