

PENDEKATAN FASAD HIJAU PADA BANGUNAN TINGGI

¹Khairunnadia Mohd Safaai, ^{2*}Abdul Halim Ismail, ³Mohd Rizal Zakaria

¹ Program Seni Bina,
Jabatan Seni Bina dan Alam Bina,
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina,
Universiti Kebangsaan Malaysia.

²Pusat Citra Universiti, Universiti Kebangsaan Malaysia

³Infrastructure University Kuala Lumpur

*Correspondence e-mail: abdhalis@gmail.com

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan dengan membuat penelitian bagaimana fasad hijau diterapkan pada bangunan pencakar langit. Kajian ini difokuskan kerana ingin mengkaji dengan lebih terperinci mengenai pengaplikasian fasad hijau kepada bangunan tinggi. Berbagai-bagai isu timbul kebelakangan ini seperti sejauh mana keberkesanan bangunan tinggi di Malaysia yang mengaplikasikan fasad hijau untuk menangani permintaan tuntutan tenaga dalam bangunan atau hanya bercirikan estetik. Penghijauan fasad secara umumnya memberikan potensi penyejukan di permukaan bangunan tinggi, yang sangat penting di iklim panas. Kesan pendinginan fasad hijau juga memberi kesan kepada iklim dalaman di dalam bangunan dengan menghalang pemanasan bangunan. Dalam usaha ini, maka ini memberi tumpuan kepada pengenalan pelbagai jenis sistem fasad hijau dan analisis kesan sistem fasad hijau pada perubahan suhu dan kesan terma. Diharap kajian ini akan memberi maklumat bagi pengamal senibina dan ahli pengkaji bagaimana untuk mengaplikasikan fasad hijau pada sesebuah bangunan tinggi.

Kata kunci: Penerapan, fasad hijau, bangunan tinggi

PENGENALAN

Fasad hijau merupakan salah satu kaedah pendekatan untuk mengurangkan impak bagi pembinaan sebuah bangunan baru pada alam sekeliling. Istilah fasad hijau bukan hanya dengan memelihara dan memelihara pokok di lokasi tetapi juga dapat dilaksanakan menjadi sebahagian daripada komponen bangunan. Fasad hijau adalah lapisan dinding luar yang boleh berdiri bebas atau sebahagian bangunan yang ditutup dengan tumbuh-tumbuhan. Ia juga dikebal sebagai dinding hidup, 'biowalls', atau taman menegak. Tumbuhan fasad hijau dipasang di dinding luar atau dalam bangunan (Knowles, L., 2005). Fasad hijau pada masa kini direka bentuk dengan struktur sokongan. Berdasarkan aplikasi dan data semasa dinding hijau, ianya boleh menawarkan penjimatan kos banyak kepada orang awam dan sektor swasta. Sebagai contoh, penggunaan tumbuh-tumbuhan di kawasan bandar dikaitkan dengan pengurangan kesan pulau haba bandar, dan akan mengurangkan penggunaan tenaga (Sharp R., 2007). Bandar menjadi lebih sejuk melalui teduhan dan transpirasi, dan penyerapan bunyi lebih efektif.

OBJEKTIF KAJIAN

Objektif penulisan adalah bagi mengenalpasti perancangan dan kaedah bagi penerapan fasad hijau pada bangunan tinggi. Dari segi aspek pengajaran dan pembelajaran pula, kajian turut membantu dalam mengaitkan konsep, teori dan kehendak teknikal bangunan tinggi dalam menghasilkan rekabentuk bangunan tinggi yang mempunyai elemen fasad hijau. Kewujudan bangunan tinggi sangat penting kerana ia menunjukkan kemajuan seni bina dan merupakan ikon bagi sesebuah negara. Kajian ini akan melihat dan mengenalpasti jenis-jenis fasad hijau yang terdapat di Malaysia dan luar negara serta penggunaan dan kebaikan fasad hijau pada bangunan tinggi di Malaysia.

KEPENTINGAN KAJIAN

Hasil kajian ini penting untuk memperlihatkan antara manfaat dan ancaman fasad hijau. Seterusnya, kajian ini turut membantu dalam menambah dokumentasi tentang kajian fasad hijau dalam aplikasi bangunan tinggi. Seterusnya, ianya boleh dijadikan panduan dalam pengajaran, khususnya untuk mencapai solusi untuk mengatasi masalah panas dalam bangunan melalui elemen fasad hijau bangunan dan pendekatan mampan ke arah perubahan iklim terutamanya dalam kalangan masyarakat yang sering memandang enteng mengenai isu persekitaran.

METODOLOGI KAJIAN

Bagi mencapai objektif, pendekatan kualitatif digunakan dalam kajian ini melalui kaedah kajian kepustakaan. Pencarian bahan rujukan adalah menggunakan pangkalan data seperti ScienceDirect, Google Scholar, dan Mendeley. Pencarian bahan rujukan adalah terhad kepada kajian fasad hijau dalam bentuk artikel akademik. Kata kunci pencarian bahan rujukan ini menggunakan terma yang memberi maksud yang sama dengan fasad hijau. Oleh itu, sebanyak 12 buah artikel bermula pada tahun 2012 hingga 2019 dirujuk sebagai sumber bahan bacaan utama dan dipilih bagi mendapatkan data lebih terperinci mengenai bidang kajian yang dikaji oleh para penyelidik terdahulu. Seterusnya, kajian ini turut menggunakan kajian kes. Ini kerana terdapat penyelidikan yang terhad dalam meneroka fasad hijau. Menjalankan penyelidikan menggunakan pendekatan ini membolehkan penyelidik untuk mengumpulkan data yang secukupnya.

ISU DAN PERMASALAHAN

Fasad hijau menjadi elemen reka bentuk yang popular sama ada dalam projek kediaman mahupun komersil. Walau bagaimanapun, fasad hijau ini mempunyai beberapa isu yang akan timbul dalam jangka panjang. Dari segi estetik, fasad hijau memerlukan penyelenggaraan teratur untuk memastikan tumbuhan tidak tumbuh menutup bukaan bangunan dan akar pokok tidak merosakkan struktur bangunan. Selain itu, tumbuh-tumbuhan mengambil masa lama untuk tumbuh menutup fasad sepenuhnya, selalunya melebihi satu dekad, bagi mencapai keberkesanan secara total. Seterusnya, dari segi persekitaran, tumbuhan fasad hijau mudah mati sekiranya tanaman tidak dipilih dengan

teliti mengikut mekanisme sokongan semulajadi dan persekitaran yang sesuai. Akhir sekali, dari segi ekonomi, kos penanaman fasad hijau yang tinggi turut menjadi isu kerana memerlukan sistem pengairan yang sistematik dan juga kos penyelenggaraan secara berkala untuk sepanjang hayat.

FASAD HIJAU

Seperti yang kita ketahui, Malaysia merupakan negara beriklim tropika dengan keadaan panas dan lembap sepanjang tahun. Pengenalan terhadap fasad hijau di Malaysia telah dimulakan seawal 2007. Pada peringkat nasional dan global, fasad hijau ini telah menjadi 'trend' atau gaya semasa. Fasad hijau memberi peningkatan kepada kualiti persekitaran dan berfungsi sebagai solusi bagi mengeratkan hubungan alam semulajadi bersama manusia (Badruzaman, 2011). Hal ini dapat dimanfaatkan dalam menggalakkan penggunaan teknologi hijau. Fasad hijau bukan sahaja bermanfaat sebagai nilai estetika, selain itu ia turut memberi fungsi yang penting terutamanya kepada bangunan tinggi. Oleh itu, amatlah penting untuk mengenal pasti pelbagai jenis tumbuhan yang boleh diguna pakai sebagai fasad hijau bangunan serta memberi manfaat maksimum dan ancaman terhadap persekitaran sekeliling. Metodologi kajian ini berdasarkan rujukan dan pembacaan dari beberapa kajian sebelum ini yang bersangkutan dengan tumbuhan fasad hijau.

Dalam usaha bagi mengatasi masalah pemanasan global, tidak terkecuali juga sektor binaan merupakan salah satu sektor yang mempengaruhinya dengan penggunaan air sebanyak 12% dan tenaga 40% serta mengeluarkan sisa toksik 40% ke tapak pelupusan (Green Building Index, 2009). Kesedaran kepada pemeliharaan dan pemuliharaan alam sekitar semakin mendapat perhatian daripada pelbagai pihak. Sejak tahun 70an sehingga tahun 90an, sebuah pergerakan iaitu "Green Movement" muncul sebagai tanda tindak balas kepada suatu pandangan mengenai isu sumber tenaga dunia yang semakin merudum serta indeks bagi pencemaran alam sekitar semakin bertambah. *United Nations World Commission on Environment and Development* telah mengadakan persidangan pada tahun 1987 bagi mengetengahkan dan menyusun beberapa perancangan bagi memelihara dan memulihara kembali alam sekitar. Pada persidangan tersebut, konsep "Sustainable Development" telah dibincangkan. Ia membincangkan mengenai kebolehan dan kekurangan sumber alam yang agak terhad dalam menampung aktiviti manusia serta berhubung dengan pembangunan lestari.

Selepas berakhirnya persidangan tersebut, banyak negara telah mengambil tindakan yang pantas bagi meningkatkan kesedaran dalam kalangan masyarakat termasuklah Malaysia. Pada awal tahun 2007, pengenalan kepada teknologi hijau di Malaysia bermula dengan piawaian MS 1525. Kementerian Tenaga, Komunikasi dan Multimedia pada Julai 2009 telah dirombak dan dimasukkan fungsi baru iaitu Teknologi Hijau, kini lebih dikenali sebagai KeTTHA. Dasar Teknologi Hijau juga telah diperkenalkan secara meluas. Teknologi Hijau merujuk kepada pembangunan, aplikasi peralatan, produk dan sistem bagi memulihara dan memulihara alam sekitar serta mengurangkan kesan buruk yang terhasil berpunca daripada aktiviti manusia. Dasar-dasar yang telah diperkenalkan ini secara tidak langsung mewujudkan reka bentuk bangunan hijau.

Penghijauan fasad pada bangunan tinggi mempunyai kelebihan bukan sahaja menyumbang aktif kepada alam sekitar tetapi juga mampu mengurangkan kos operasi sesebuah bangunan dalam jangka masa yang panjang. Di samping itu, penggunaan fasad

hijau di kawasan komersial yang lebih besar amat penting, kerana iklim tempatan kawasan penempatan kecil turut memberi kesan ketara. Penghijauan ini penting untuk kawalan debu, pelembapan dan penjana udara sejuk dan secara tidak langsung dapat meningkatkan tahap kesihatan pengguna. Oleh itu, bangunan yang turut mempunyai bumbung hijau, berfungsi sebagai penyaman udara semula jadi. Sebilangan besar potensi dan peluang sudah dapat dilihat lebih dekat dari segi nilai masa depan yang mampan.

Telah diketahui secara meluas bahawa fasad hijau dapat meningkatkan keselesaan termal untuk persekitaran tertutup, selain turut berfungsi sebagai teduhan bahagian luar bangunan dari sinaran matahari. Fasad hijau ini terdiri daripada dedaun yang mampu menyerap sebahagian besar sinaran matahari untuk fotosintesis dan 'evapo-transpiration'. Oleh itu, ia dapat mengurangkan haba panas bangunan dengan lebih berkesan. Fasad hijau mempunyai sistem yang dibahagikan kepada dua, iaitu fasad hijau tidak terus dan terus. Fasad hijau tidak terus perlu dibina bersama struktur sokongan seperti rod, kabel, dawai kasa dan dinding trellis. Sistem fasad ini turut dinamakan sebagai 'double skin green façade' kerana mempunyai ruang udara antara dinding bangunan dan struktur penyokong. Sistem fasad hijau terus pula merupakan tumbuhan yang berakar dari tanah atau tumbuh di dalam sesebuah bekas. Fasad hijau ini tidak mempunyai penyelenggaraan yang rumit. Oleh itu, kos keseluruhan bagi fasad hijau adalah agak murah.

MANFAAT DAN ANCAMAN FASAD HIJAU

Kualiti alam sekeliling mampu ditingkatkan secara keseluruhan dengan wujudnya bantuan penyelesaian dari penggunaan tumbuhan fasad hijau. Penyerapan fasad hijau membawa kebaikan kepada penghuni, bangunan dan bandar itu sendiri. Pelbagai manfaat ini boleh membantu para arkitek lanskap dan arkitek bangunan dalam mempromosikan teknologi fasad hijau kepada pelanggan tersendiri dengan lebih yakin iaitu orang awam, pembuat dasar dan para pemaju.

Manfaat fasad hijau boleh dibahagikan kepada tiga kategori iaitu ekonomi, persekitaran dan estetik. Jadual 1 menunjukkan manfaat-manfaat ini.

KATEGORI	MANFAAT
EKONOMI	<ul style="list-style-type: none"> - Menyusutkan beban penyejukan bangunan menerusi penebat fasad hijau dan teduhan. - Menaikkan kualiti bunyi dalam sesebuah ruang. - Memberi kenaikan pada nilai harta tanah. - Melindungi fasad bangunan dari suhu cuaca melampau.
PERSEKITARAN	<ul style="list-style-type: none"> - Melegakan kesan buruk pulau haba dan menjaga iklim mikro. - Menaikkan kualiti udara sesebuah kawasan dengan menyerap pencemaran dan menurunkan kesan rumah hijau.

	<ul style="list-style-type: none"> - Memberi terapeutic yang berkesan melalui tumbuhan lanskap. - Menjadi penebat tambahan pada fasad bangunan.
ESTETIK	<ul style="list-style-type: none"> - Kawasan ruang awam lebih berkualiti. - Menyaring dan menumpukan pandangan. - Menaikkan kualiti seni bina sesebuah bangunan ikonik. - Melapangkan pandangan bangunan dan memberi penghijauan dalam bandar.

Jadual 1: Manfaat fasad hijau

Fasad hijau harus dipilih dengan bijak, iaitu bersesuaian dengan iklim, anggaran dan kriteria reka bentuk. Jika tidak, ia akan mendatangkan ancaman yang tersendiri. Jadual 2 menunjukkan ancaman-ancaman ini.

KATEGORI	ANCAMAN
EKONOMI	<ul style="list-style-type: none"> - Kos penanaman yang tinggi kerana memerlukan sistem pengairan yang sistematik. - Kos penyelenggaraan meliputi pemangkasan dan pembajaan secara berkala, penggantian kotak penanam, spesies tumbuhan dan paip air. Kos ini berbeza untuk empat tahun pertama dan sepanjang hayat.
PERSEKITARAN	<ul style="list-style-type: none"> - Tumbuh-tumbuhan mudah mati sekiranya tanaman tidak dipilih dengan teliti mengikut mekanisme sokongan semulajadi dan persekitaran yang sesuai.
ESTETIK	<ul style="list-style-type: none"> - Tumbuh-tumbuhan mengambil masa lama untuk menutup fasad sepenuhnya, selalunya melebihi satu dekad. - Memerlukan penyelenggaraan teratur untuk memastikan tumbuhan tidak tumbuh menutup tingkap dan akar pokok tidak merosakkan struktur bangunan.

Jadual 2: Ancaman fasad hijau

KAJIAN KES LUAR NEGARA

1. OASIA HOTEL DOWNTOWN / WOHA ARCHITECTS

WOHA Architects yang berpusat di Singapura, ditubuhkan pada tahun 1994 oleh Wong Mun Summ dan Richard Hassell. Mereka telah membina lebih daripada 50 projek di seluruh Asia Tenggara, China dan Australia, termasuk bangunan tinggi kediaman, estet perumahan awam, stesen transit, hotel dan institusi kebudayaan. Hasil kerja mereka menggabungkan pelbagai strategi reka bentuk yang mampan sebagai tindak balas kepada perubahan iklim dan reka bentuk bandar secara meluas. WOHA mempunyai matlamat tersendiri dalam mengintegrasikan landskap, seni bina dan gaya hidup penduduk bandar di bangunan tinggi untuk meningkatkan kualiti hidup penduduk dalam kepadatan tinggi. Bangunan yang direka oleh WOHA terkenal kerana penggunaan tumbuhan semulajadi sebagai elemen bangunan secara meluas. Pada tahun 2007, WOHA turut mendapat perhatian antarabangsa apabila salah sebuah bangunan rekaannya telah dianugerahkan Anugerah Aga Khan untuk Seni Bina, yang menaikkan reputasi WOHA.

Butiran Projek:

Lokasi: 100 Peck Seah St, Singapura

Kawasan: 19416.0 m²

Tahun Projek: 2016



*Gambarajah 1 & 2: Fasad hijau jenis terus digunakan secara meluas
Sumber: <https://igsmag.com/features/oasia-hotel-downtown-woha-2/>*

Pada Disember 2016, sebuah bangunan tinggi hijau siap dibina di tengah pusat kewangan Singapura. Oasia Hotel Downtown direka oleh WOHA Architects telah dianugerahkan sebagai Best Tall Building oleh Council on Tall Building and Urban Habitat (CTBUH). Ianya mengalahkan 48 finalis dari 28 negara, bangunan itu dipilih oleh

panel arkitek, dinilai terhadap setiap aspek prestasi. Menurut arkitek, bangunan ini tidak hanya menang kerana menggabungkan 60 tingkat dinding hijau di fasad luar bangunan, tetapi turut menitikberatkan ruang awam dalam bangunan. Bangunan ini telah memberi lebih daripada 40% tiang untuk membuka ruang awam terbuka di atas bumbung.

WOHA turut mencipta satu siri strata yang berlainan, mempunyai 'sky garden' tersendiri, membolehkan kawasan rekreasi dan sosial di setiap kawasan bangunan. Setiap 'sky garden' terlindung oleh tingkat tinggi sebelumnya, dengan keadaan ruang terbuka untuk ketelusan visual, dan membenarkan pengalihudaraan silang. Seterusnya, landskap hijau turut membentuk sebahagian besar estetik bangunan, digunakan secara meluas sebagai rawatan permukaan fasad. Ia mencapai Nisbah Plot Hijau sebanyak 1,100%, dan bertujuan untuk menjadi syurga untuk burung yang menggalakkan kepulungan biodiversiti ke dalam kawasan bandar. Bangunan ini menggabungkan 21 spesies pohon menjalar yang berbeza, dengan bunga berwarna-warni dan kehijauan pada lapisan luar 'wire mesh' fasad.

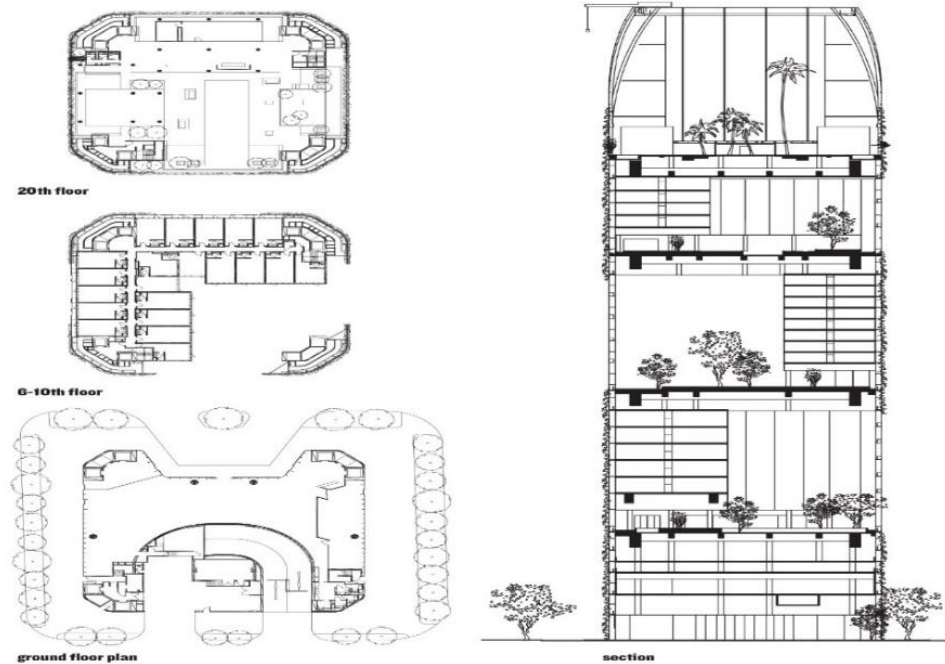


Gambarajah 3: Fasad hijau bermula dari aras bawah

Gambarajah 4: Akses penyelenggaraan

Sumber: <https://igsmag.com/features/oasia-hotel-downtown-woha-2/>

Penumbuhan fasad hijau di antara konkrit dan kaca, bangunan tinggi ini mempunyai permukaan keluli tahan karat (25,490 meter persegi) yang menggalakkan penumbuhan kepelbagaian biologi. Dengan batas menanam pada setiap tingkat (sejumlah 1,793 kotak penanam), bertujuan bagi membungkus Oasia dalam lapisan dedaunan hijau dengan pelbagai bunga cerah.



Gambarajah 5: Pelan lantai dan pandangan keratan dinding bagi bangunan Oasia
 Sumber: <https://igsmag.com/features/oasia-hotel-downtown-woha-2/>

Terdapat 21 spesies tumbuhan menjalar yang merayap di seluruh trellis, beberapa menghasilkan bunga yang akan menarik burung dan serangga pada masa yang berlainan. Untuk memaksimumkan daya penyesuaian mereka, spesies telah diatur pada ketinggian yang selaras dengan keadaan pertumbuhan pilihan dimana jumlah cahaya matahari, ketahanan terhadap angin dan kelajuan pertumbuhan diambilkira. Fasad hijau yang ditanam ini bertujuan untuk mengubah dan melembutkan landskap sekitarnya dengan menawarkan kelegaan visual dengan mencipta persekitaran biophilic.

2. SEOUL CITY HALL / IARC ARCHITECTS

Merupakan arkitek praktik yang berpusat di Seoul, Korea Selatan, diketuai oleh tiga rakan kongsi: Kerl Yoo, Jeongim Kim dan Tesoc Hah. iArc mewujudkan topografi baru dalam reka bentuk seni bina Korea. Bangunan ini menempatkan pejabat pentadbiran tempatan bersama-sama dengan pelbagai fungsi awam yang lain. Bentuk uniknya adalah iklim yang responsif kepada bandar kerana ia bersudut untuk memaksimumkan jumlah cahaya matahari yang diserap masuk ke ruang lobi dan peredaran sambil menghadkan jumlah cahaya langsung untuk mengurangkan penggunaan tenaga.



Gambarajah 6: Fasad luar bangunan Seoul City Hall

Sumber: <https://www.archdaily.com/457570/seoul-new-city-hall-iarc-architects>

Butiran Projek:

Lokasi: Seoul City Hall

Kawasan: 590.0 m²

Tahun Projek: 2013

Seoul City Hall merupakan satu bentuk seni bina masa depan yang selari dengan rupa bumi Korea yang menyesuaikan diri dengan emosi kebudayaan warga Seoul. Barisan seni bina mendatar dan bumbung yang besar adalah bentuk yang sesuai untuk rupa bumi dan iklim Korea. Hubungan spatial antara seni bina dan struktur bandar Seoul sangat berbeza dengan yang Barat. Reka bentuk ini diilhamkan dari dataran Seoul. Dataran Seoul adalah simbol kepada Seoul dan ruang awam yang sedia ada.

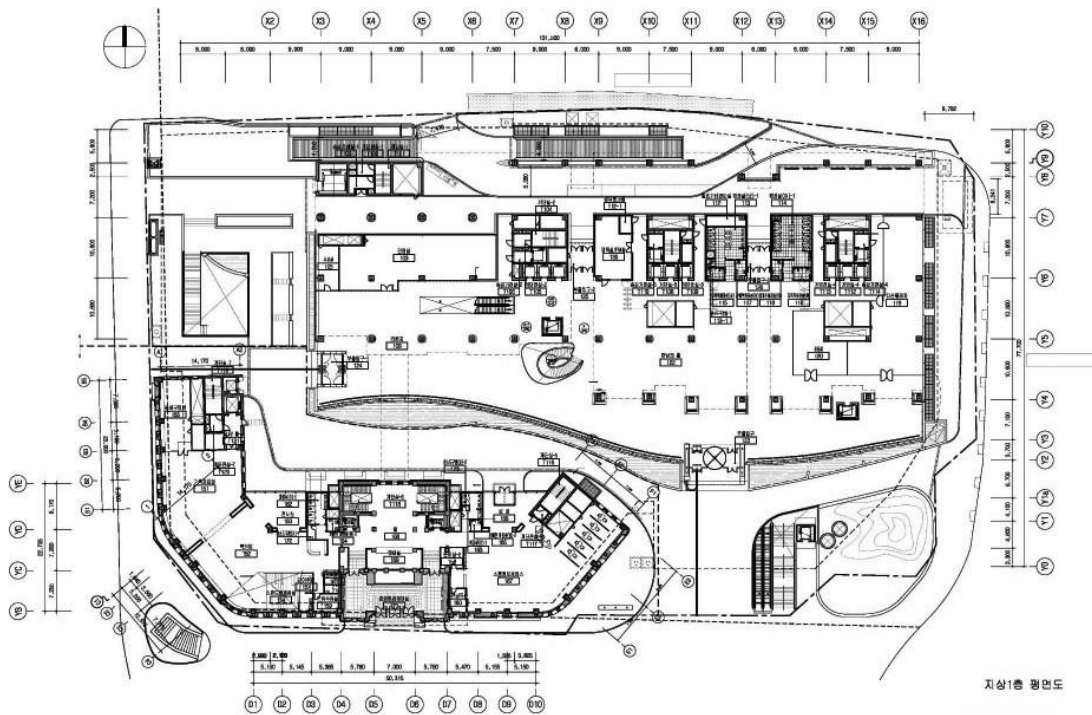
Seoul City Hall mempunyai fasad hijau dalaman yang sangat besar yang dicatatkan oleh *Guinness World Records* sebagai fasad hijau menegak terbesar di dunia pada tahun 2013. Direka oleh iArc Architects, fasad setinggi tujuh tingkat bangunan telah direka dengan beberapa ciri mesra alam. Kira-kira 65,000 tumbuhan daripada 14 spesies yang berlainan tumbuh di fasad dalaman, yang meliputi kawasan lebih besar daripada 17,000 kaki persegi.



*Gambarajah 7 & 8: Fasad hijau jenis menegak dalam bangunan Seoul City Hall
Sumber: <https://www.archdaily.com/457570/seoul-new-city-hall-iarc-architects>*

Ketika Seoul City Hall yang baru dibuka pada tahun 2012, bangunan kaca moden melengkung ini mencetuskan kontroversi kerana ketidakpadanan dengan gaya senibina Seoul City Hall yang lama, dimana struktur batu zaman penjajahan yang dipelihara yang terletak bersebelahan dan telah diubahsuai menjadi Perpustakaan Awam. Pada tahun berikutnya, pihak perbandaran menerapkan fasad hijau ke dalam bangunan dengan harapan untuk melembutkan penampilan kaca dan keluli dan memperkukuh reka bentuk bangunan mesra alam dan penjimatan tenaga.

Diperbuat daripada timbunan yang jatuh dari tumbuh-tumbuhan subur, sistem fasad hijau terus ini berfungsi sebagai penapis udara dalaman yang menyedut udara tercemar dan debu halus. Fasad hijau menegak juga membantu menjimatkan kos tenaga dengan mengawal suhu dan kelembapan dalaman bangunan. Ciri-ciri cekap tenaga tambahan termasuk penukar haba dan sistem pam yang kompleks yang memenuhi hampir separuh daripada pemanasan dan keperluan penyejukan bangunan. Panel bumbung fotovoltaik bersepadu menyediakan 29% daripada tenaga bangunan melalui tenaga solar.



Gambarajah 9: Pelan lantai bagi fasad hijau dalam bangunan Seoul City Hall
 Sumber: <https://www.archdaily.com/457570/seoul-new-city-hall-iarc-architects>

KAJIAN KES DI MALAYSIA

1. LE NOUVEL KLCC / ATELIERS JEAN NOUVEL

Jean Nouvel merupakan arkitek Perancis. Nouvel belajar di École des Beaux-Arts di Paris. Beliau telah memperoleh beberapa anugerah berprestij sepanjang kariernya, termasuk Anugerah Aga Khan untuk Seni Bina, Anugerah Wolf dalam Seni pada tahun 2005 dan Anugerah Pritzker pada tahun 2008.

Butiran Projek:

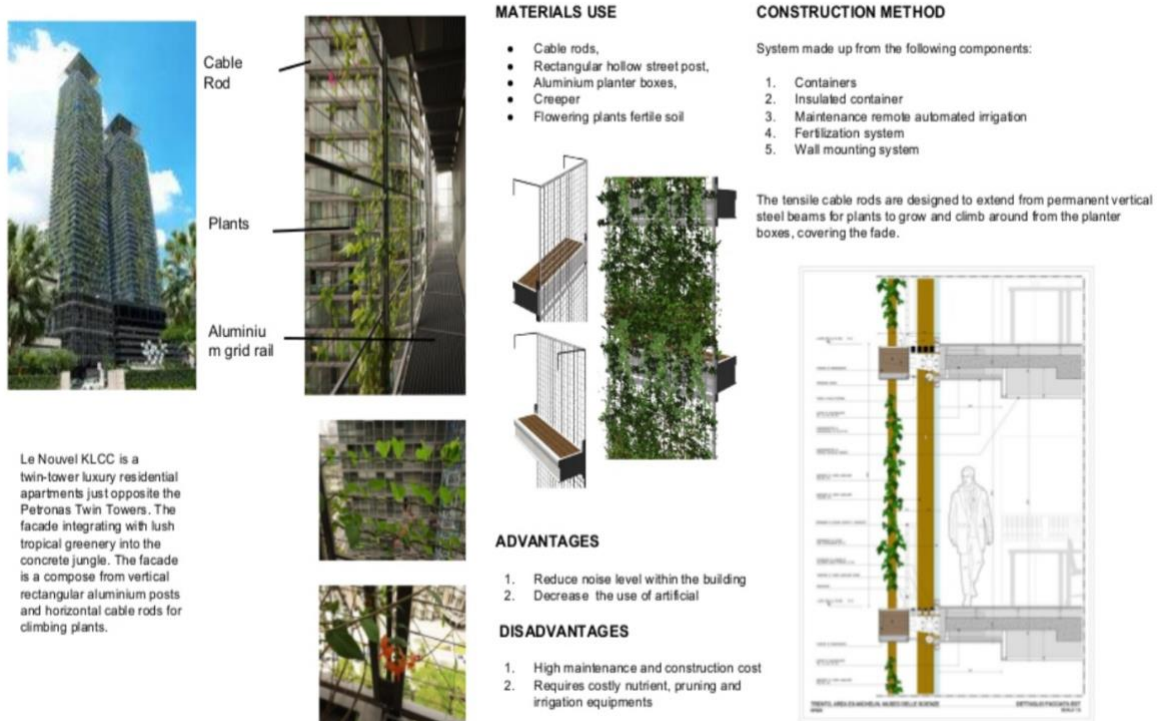
Lokasi: 152, Jalan Ampang, Kuala Lumpur

Kawasan: 50,713 m²

Tahun Projek: 2016

Le Nouvel KLCC terdiri daripada dua menara 43 tingkat dan 48 tingkat yang direka oleh Ateliers Jean Nouvel. Fasad hijau tidak terus direka menggunakan grid kabel keluli tahan karat di fasad kaca bangunan dan mengikatnya dengan pelbagai jenis pohon menjalar. Pelbagai faktor yang mempengaruhi proses penumbuhan fasad hijau diambil kira seperti kewujudan serangga, cahaya matahari, dan angin kencang berbeza-beza pada setiap tingkat bangunan, menyebabkan 243 spesies tumbuhan ditanam.

Fasad hijau yang ditanam berfungsi untuk menapis bunyi dan udara luar yang tercemar, habuk dan mengimbangi perlepasan karbon di sekeliling bangunan. Selain itu, ianya turut membersihkan udara dalam bangunan dengan menyingkirkan 'Volatile Organic Compounds' (VOC) yang boleh menyebabkan kanser. Tumbuh-tumbuhan yang ditanam mampu menapis air hujan dari mengalir terus ke atas fasad.



Gambarajah 10: Menara berkembar Le Nouvel
Sumber: <https://www.hoylake.com.sg/project-gallery/>

KESIMPULAN

Berdasarkan pemerhatian dan kajian kes yang telah dikemukakan, penggunaan fasad hijau di dalam atau di luar negara mampu mengurangkan impak negatif pencemaran udara, peningkatan haba serta banjir kilat di kawasan berketumpatan tinggi dan kawasan yang terdapat banyak bangunan tinggi. Kaedah penghijauan fasad merupakan konsep yang dapat mendekati penghuni bandar bersama dengan alam semulajadi serta mengurangkan kekakuan bandar disamping dapat menghasilkan udara yang segar serta pengurangan terhadap pencemaran udara pada persekitaran bandar.

RUJUKAN

- [1] Afrin, S., 2009. *Green Skyscraper: Integration of Plants into Skyscrapers Green Skyscraper: Integration of Plants into Skyscrapers*. Kungliga Tekniska Högskolan.
- [2] Aksamija, A., 2013. *Sustainable facades: Design methods for high-performance building envelopes*. John Wiley & Sons.
- [3] Chiang, K., & Tan, A., (Eds.). 2009. *Vertical greenery for the tropics (First Edit.)*. Singapore: National Parks Board.
- [4] Jaafar, B., Said, I., Reba, M. N. M., & Rasidi, M. H., 2013. *Impact of vertical greenery system on internal building corridors in the tropic*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 105, 558-568.
- [5] Jaafar, B. and Said, I., 2011. *Evaluating the Impact of Vertical Greenery System on Cooling Effect on High Rise Buildings and Surroundings: A Review, In Skudai, Johor, Malaysia*. *Senvar* 12 2011. Available at: www.epublication-fab.utm.my/180/1/SENVAR1201.pdf.
- [6] KÖHLER, M., 2008. *Green facades a view back and some visions*. *Urban Ecosyst* 11:423-436.
- [7] Krushe P, Krushe M, Althaus D, Gabriel I., 1982. *Ökologisches Bauen Herausgegeben vom Umweltbundesamt*. Wiesbaden und Berlin: Bauverlag.
- [8] Odum, H. T., 1995. Scales of ecological engineering. *Ecol. Eng.* 6 (1996), 7 19. Pekkanen J, Timonen KL, Tiittanen P, Vallius M, Lanki T, Sinkko H., 2000. *Exposure and Risk Assessment for Fine and Ultrafine Particles in Ambient Air*. National Public Health Institute.
- [9] Sheweka, S. M., & Mohamed, N. M., 2012. *Green facades as a new sustainable approach towards climate change*. *Energy Procedia*, 18, 507-520.
- [10] Hopkins, G., & Goodwin, C., 2011. *Living architecture: Green roofs and walls*. Australia: CSIRO Publishing.
- [11] Wong, N. H., Tan, A. Y. K., Chen, Y., Sekar, K., Tan, P. Y., Chan, D., Chiang, K., et al., 2010. *Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls*. *Building and Environment*, 45(3), pp 663–672.