

FASAD HIJAU SEBAGAI PENDEKATAN MAMPAN BAGI NEGARA PANAS TROPIKA

¹Khairunnadia Mohd Safaai, ^{*1}Mazlan Mohd Tahir, ²M. F. Bukhori

¹ Jabatan Seni bina dan Alam Bina,
Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina,
Universiti Kebangsaan Malaysia

²Program Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik,
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina,
Universiti Kebangsaan Malaysia

*Correspondence e-mail: mazlanmt@ukm.edu.my

ABSTRAK

Pendekatan fasad hijau telah menjadi trend yang tidak lagi asing dalam persekitaran dunia pembinaan yang kian meningkat dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Penggabungan pepohon hidup ke dalam persekitaran bandar bukan hanya kelihatan lebih menarik, tetapi turut memberikan pelbagai faedah dan impak yang berbeza. Fasad hijau dihasilkan daripada tumbuhan yang memanjat dan merayap ke fasad bangunan, bermula daripada tumbuhan yang berakar dari tanah atau tumbuh di dalam sesebuah bekas yang dipasang pada tingkat yang berbeza di seluruh bangunan. Kajian ini dijalankan bagi mencapai objektif kajian iaitu untuk mengenalpasti aplikasi fasad hijau dalam bangunan, menentukan keberkesanan sistem penghijauan fasad hijau dalam aplikasi bangunan dan memperkenalkan solusi untuk mengatasi masalah panas melampau dalam bangunan melalui elemen fasad hijau. Bagi mencapai objektif kajian, pendekatan kualitatif iaitu prosedur penyelidikan yang menghasilkan data gambaran yang boleh diamati telah digunakan melalui kaedah kajian kepustakaan. Pencarian bahan rujukan adalah menggunakan pangkalan data ScienceDirect, Google Scholar, serta Mendeley. Oleh itu, beberapa artikel telah dirujuk sebagai sumber bahan bacaan utama dan dipilih bagi mendapatkan data lebih terperinci mengenai fasad hijau. Seterusnya, kajian ini turut menggunakan kajian kes tempatan dan antarabangsa bagi menghimpun, memperoleh data, dan meraih pemahaman dalam meneroka fasad hijau dalam konteks iklim di negara panas tropika. Kaedah soal selidik secara atas talian juga telah digunakan untuk menilai pandangan mengenai penerapan fasad hijau. Keputusan yang didapati menunjukkan bahawa fasad hijau mampu mengubah persekitaran mikro dan makro, iklim, dapat memulihkan ekologi dan memberi manfaat kepada ekonomi.

Kata kunci: Fasad hijau, aplikasi, panas tropika

PENGENALAN

Dalam cabaran krisis tenaga dan perubahan iklim, arkitek mula mengetengahkan pendekatan baru untuk menangani permintaan tuntutan tenaga dalam bangunan. Salah satu pendekatan ini adalah penghijauan fasad yang mula mengambil tempat yang penting dalam dunia seni bina. Sejak 10 tahun yang lalu, ianya bukan saja tidak dianggap sebagai inovasi baru kerana hanya menerapkan fasad hijau malahan ia tidak diluluskan sebagai salah satu kaedah bagi penjimatan tenaga bangunan. Seperti yang telah kita ketahui, penghijauan fasad berpotensi besar dalam memberi penyejukan di permukaan bangunan, ini merupakan kaedah penting yang boleh diaplikasikan terutamanya untuk negara beriklim panas tropika seperti Malaysia. Kesan pendinginan fasad hijau ini juga memberi kesan kepada iklim dalaman di dalam bangunan dengan menghalang pemanasan bangunan. Dalam usaha ini, maka kertas kajian ini memberi tumpuan kepada analisis kesan sistem fasad hijau pada perubahan suhu dan pelbagai jenis sistem fasad hijau dan kesan terma. (Sheweke, S. M., & Mohamed, N. M. 2012).

ISU DAN PEMASALAHAN

Dewasa ini, jumlah penduduk dunia telah mencecah melebihi 7 bilion orang, akan tetapi separuh daripadanya menetap di kawasan bandar. Dengan wujudnya pertambahan penduduk ini, ianya turut memberi impak kepada perubahan iklim secara mendadak termasuklah di Malaysia. Dengan jumlah melebihi 22 juta, pertambahan penduduk bandar di Malaysia turut terbabit dalam perubahan ini (Shaharudin Idrus, 2016). Oleh itu, ini merupakan masa yang tepat bagi membuat perubahan menuju kecekapan tahap pembandaran yang lestari melalui penanaman fasad hijau secara proaktif. Isu utama dalam kajian ini adalah mengenai isu penggunaan fasad hijau pada bangunan yang kurang dan terhad kepada nilai estetik sahaja, tanpa melihat kepada kepentingan tumbuh-tumbuhan terhadap alam sekitar. Hal ini terjadi kerana tiada pendedahan awal dan kesedaran diuar-uarkan kepada orang awam tentang pentingnya keberkesanan fasad hijau terhadap alam sekitar dalam jangka masa yang panjang. Selain itu, tipologi bangunan yang melaksanakan penggunaan fasad hijau kebanyakan tertumpu pada bangunan awam dan pejabat sahaja bagi mencapai reka bentuk pasif, hal ini demikian ia bersangkutan kepada isu penyelenggaraan. Seterusnya, fasad hijau ini turut memberi ancaman kehilangan karakter bagi sesebuah bangunan apabila digunakan secara maksima.

OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini dijalankan untuk mencapai objektif-objektif berikut:

1. Mengenalpasti aplikasi fasad hijau dalam bangunan.
2. Menentukan keberkesanan sistem penghijauan fasad hijau dalam aplikasi bangunan.
3. Mencadangkan solusi untuk mengatasi masalah panas melampau dalam bangunan melalui elemen fasad hijau bangunan.

METODOLOGI KAJIAN

Kajian ini dilakukan dengan menggunakan kaedah kajian kepustakaan, pemerhatian kajian kes dan soal selidik secara atas talian. Kajian dimulakan dengan mengamati kajian kepustakaan. Seterusnya, pemerhatian dijalankan melalui kajian kes. Di dalam kajian kes

tersebut beberapa bangunan yang menerapkan pendekatan fasad hijau telah dikenal pasti. Kajian kes yang dipilih bangunan Digi Data Centre, Shah Alam, Selangor dan menara Oasia Downtown, Singapura bagi menjalan kajian ke atas fasad hijau yang digunakan. Selain itu, menerusi kaedah kualitatif dapat menyokong lagi dapatan kajian melalui pengagihan borang soal selidik iaitu merupakan kaedah kuantitatif. Soal selidik juga membenarkan pengkaji untuk mendapat lebih informasi mengenai fasad hijau dengan lebih mendalam dalam masa yang singkat. Selain itu, hasil penyelidikan ini juga akan dapat diguna semula di kawasan lain yang mempunyai ciri persekitaran yang sama dalam menyelesaikan sesuatu permasalahan atau untuk mencadangkan sesuatu perubahan.

FASAD HIJAU

Fasad hijau telah wujud dalam pasaran dengan bergai-bagai nama komersial (Perez et al. 2011). Sistem fasad hijau 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. Fasad hijau terdiri daripada beberapa jenis. Antaranya ialah tumbuhan memanjat sendiri, tumbuhan memanjat yang memerlukan struktur sokongan, tumbuhan gantung yang tumbuh dari pasu di atap atau balkoni dan taman fasad hijau. Fasad hijau mempunyai sistem yang dibahagikan kepada dua, iaitu fasad hijau tidak terus (non-continuos green façade) dan fasad hijau terus (continuos green façade). 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 merupakan kaedah tradisional kerana akar pokok akan hidup secara menjalar terus pada bahagian dinding. Tumbuhan menjalar ini mempunyai beberapa jenis, antaranya ialah Hedera Helix, Ficus Pumila dan Parthenocissus Tricupidata.



Rajah 1: Fasad hijau terus di Hotel Oasis Downtown, Singapura. Sumber: Designboom. 2019. WOHA's oasia hotel conceived as a living green tower in downtown Singapore. <https://www.designboom.com/architecture/woha-oasia-hotel-downtown-singapore-living-tower-12-07-2016/> [12 Disember 2019].

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 3 kategori iaitu ekonomi, persekitaran dan estetik.

Jadual 1: Manfaat fasad hijau dari segi ekonomi, persekitaran dan estetik.

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. - Memberi terputik 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.

KAJIAN KEPUSTAKAAN SECARA GLOBAL

Sejak beberapa abad yang lalu, perubahan dunia yang paling kritikal terjadi disebabkan oleh isu utama yang berkait rapat dengan alam sekitar. Udara yang tercemar mempengaruhi kesihatan manusia (Mayer, 1999). Kira-kira satu daripada sepuluh orang tinggal di tempat yang mempunyai tahap pencemaran yang tidak sihat setiap tahun (ALA, 2010). Seperti di negara maju seperti Kanada, Persatuan Ontario Medical mengaitkan 9500 kes kematian bayi pramatang pada setiap tahun (OMA, 2010) dan ini meningkat lagi kos rawatan kesihatan dan kehilangan produktiviti sebagai hasil dari pencemaran udara (OMA, 2005). Simtom kesihatan yang paling biasa bagi pencemaran udara adalah meningkatnya penyakit pernafasan seperti asma dan penyakit kardiovaskular.

Aktiviti manusia yang berkaitan dengan pembakaran bahan api fosil telah meningkatkan kepekatan karbon dioksida (CO₂) di udara sebanyak 32% sejak tahun 1750 (OMA, 2005). Selain itu, suhu dunia turut meningkat secara mendadak akibat daripada aktiviti penebangan hutan yang berleluasa di seluruh negara yang melepaskan gas rumah hijau ke

atmosfera dan membawa kepada El Nino, merupakan fenomena fasa berlawanan putaran iklim semula jadi yang membawa perubahan besar kepada suhu permukaan laut merintang timur pasifik tropika.

Di kawasan bandar, pokok telah menunjukkan pemberian sumbangan yang besar kepada pengurangan pencemaran udara (Akbari et al., 2001) dan menganggarkan bahawa pokok mengeluarkan 711,000 metrik tan pencemaran dari alam sekitar selama setahun. Walau bagaimanapun, di kawasan bandar hanya terdapat sedikit ruang untuk menanam pokok atau mengusahakan projek hutan bandar. Oleh itu, penggunaan fasad hijau pada bangunan amat digalakkan kerana ianya menjimatkan ruang serta mampu menjadi penapis kepada pencemaran alam sekitar.

Seperti yang telah diketahui, penghasilan prestasi haba yang baik turut menjadi salah satu kelebihan bagi fasad hijau secara global, hal ini turut bergantung pada banyak faktor, dan sebahagian daripadanya melibatkan faktor iklim, jenis kulit bangunan yang diguna, serta kepadatan tanaman yang ditanam pada fasad bangunan. Melalui penggunaan tumbuh-tumbuhan sebagai penebat haba mampu mengurangkan penggunaan tenaga dalam bangunan hingga 20%. (Haggag, M.A., 2010).

Selain itu, fasad hijau turut mampu memberi pengurangan pencemaran udara, ianya menyaring bahan tercemar dalam udara, dan meningkatkan kualiti udara dalam kawasan yang tertumpu, baik di dalam atau di luar bangunan. Hal ini demikian kerana tumbuh-tumbuhan adalah penapis semula jadi yang menyingkirkan karbon dioksida dari udara dan menggantikannya dengan oksigen yang sangat diperlukan. Spesies tumbuh-tumbuhan tropika adalah spesies yang terbaik untuk membuang toksin dalam udara.

Seterusnya, fasad hijau turut mempunyai kelebihan untuk menapis pencemaran bunyi bising yang datang dari luar bangunan untuk tidak masuk secara terus ke dalam bangunan. Ini kerana fasad hijau mampu menjadi bahan penebat bunyi pada fasad bangunan. Ianya berpotensi mengurangkan tahap kebisingan terutamanya bagi bangunan yang berada di kawasan bandar yang mempunyai tahap pencemaran bunyi tinggi dan dapat digunakan dengan berkesan di tempat awam, seperti hotel dan restoran.

Seperkara lagi, fasad hijau mempunyai peranan penting dalam peningkatan kualiti hidup di kawasan bandar. Ianya terbukti memberi kesan positif yang besar terhadap kesihatan manusia (Tzoulas et al. 2007) dan menunjukkan faedah sosial kepada individu, organisasi dan seluruh lapisan masyarakat (Westphal, 2003). Oleh itu, kehadiran fasad hijau terbukti membantu menurunkan tahap tekanan, meningkatkan umur panjang, serta meningkatkan pemulihan dari penyakit. (Taylor et al. 2001). Ia juga dapat meningkatkan prestasi kerja di bangunan pejabat dan meningkatkan kepuasan kerja (Dravigne et al. 2008).

Fasad hijau turut memberi impak kepada pendidikan secara global. Sebagai contoh, fasad hijau yang dibina di sekolah atau pusat pendidikan alam boleh digunakan oleh pelajar dalam aliran sains biologi, pertanian dan juga seni (Hop et al. 2012). Walau bagaimanapun, dari segi literatur ilmiah, hampir tidak ada data mengenai manfaat wujudnya pendidikan berteraskan fasad hijau. Fasad hijau adalah bahan pengajaran yang sempurna untuk mengajar tentang persekitaran. Generasi akan datang perlu belajar mengambil kira masalah alam sekitar masa kini dan bagaimana untuk mengatasinya.

Pendedahan fasad hijau dalam pendidikan dapat memberikan peluang pendidikan yang tidak berkesudahan dan dapat digunakan sebagai alat kajian untuk pemerhatian dalam ekologi tumbuh-tumbuhan serta mengenal pasti jenis perlindungan semulajadi yang boleh

dipakai pada fasad bangunan. Selain itu, impak dari fasad hijau ini dapat meninggalkan kesan yang kuat kepada pelajar dan meningkatkan kesedaran tentang pentingnya ekologi. (Brkovic 2013) dalam penulisannya menyentuh mengenai langkah yang boleh diambil oleh pihak pendidikan ke arah persekitaran hijau yang dapat menyumbang kepada kelestarian bangunan.

Selanjutnya, pemeliharaan fasad hijau turut memberi penjimatan air dan teknik menyiram hanya memerlukan dalam kuantiti yang sedikit. Fasad hijau memberi manfaat dengan menguruskan air sisa buangan sewajarnya. Sistem pengairan titisan atau sistem penyiraman hidroponik yang diguna adalah sangat cekap. Air sisa buangan akan dikumpulkan di bahagian bawah tanaman. Sebagai alternatif, air sedia ada ini boleh dikitar semula dan digunakan kembali untuk menyiram tanaman.

Seterusnya, fasad hijau juga turut meningkatkan nilai hartanah sesebuah tempat. Fasad hijau adalah cara unik untuk menambahkan lebih banyak kehijauan ke bahagian luaran atau dalaman bangunan dan ini mampu menarik lebih ramai orang yang berminat untuk membeli hartanah. Menurut (Hop et al. 2012), bangunan yang mempunyai fasad hijau sama ada di dalam dan di sekitar bangunan dapat meningkat secara nyata nilai hartanah sehingga 20%. Manfaat ekonomi lain dari fasad hijau adalah insentif cukai. Menurut penulisan (Perini et al. 2013), menyatakan bahawa ada sesetengah negara turut menawarkan insentif ekonomi dengan pengurangan cukai yang dapat mengurangkan kos peribadi sekiranya pengaplikasian fasad hijau ini diguna bertujuan untuk mengurangkan masalah persekitaran di kawasan bandar yang padat, seperti fenomena pulau haba di bandar dan pencemaran udara.

Jadual 3: Rumusan kesan penggunaan fasad hijau ke atas bangunan secara global.

Kesan
1. Sebagai lapisan luaran tambahan bagi menyelamatkan fasad luar dari pelbagai faktor seperti persekitaran fizikal.
2. Memanjangkan jangka hayat bangunan.
3. Memanjangkan umur fasad sekiranya panel kalis air digunakan dan memisahkan lapisan melalui udara, melindungi bangunan dari angin, radiasi matahari dan hujan, dan menyumbang kepada pengurangan pengembangan dan pengecutan bahan binaan.
4. Penjimatan kos penyelenggaraan cat dan penggantian bahagian fasad bangunan.
5. Meningkatkan daya tarikan visual secara terus.
6. Memberi kelegaan pada bangunan urban dengan meningkatkan kualiti nilai seni bina dan ruang awam.
7. Peningkatan dalam biodiversiti, menjadi sistem sokongan hidupan antara tumbuh-tumbuhan, haiwan dan serangga kerana fasad hijau menyediakan habitat, sumber makanan, perlindungan dan koridor membolehkan spesies tambahan tinggal di kawasan bandar.
8. Menjadi penebat haba dalam mengurangkan penggunaan tenaga dalam bangunan hingga 20%.
9. Meningkatkan nilai hartanah sesebuah tempat.
10. Sesetengah negara menawarkan insentif pengurangan cukai yang dapat mengurangkan kos peribadi sekiranya pengaplikasian fasad hijau ini diguna bagi bangunan persendirian.

SISTEM KONSTRUKTIF FASAD HIJAU

Walau bagaimanapun, fasad hijau ini memerlukan penyelenggaraan kerana ianya adalah sistem hidup. Jumlah penyelenggaraan yang diberikan oleh pelanggan adalah penting bagi faktor reka bentuk, yang mempengaruhi pemilihan jenis sistem dan tumbuh-tumbuhan. Fasad hijau kebiasaannya menggunakan tanaman yang tumbuh dari tanah atau bekas. Lokasi dan bekas tapak memerlukan spesies tanaman yang tidak bergantung diberi pengairan dan nutrien tambahan. Sebahagian tanaman yang tumbuh akan menjadi gugur atau mengeluarkan buah-buahan yang mungkin memerlukan penyelenggaraan tambahan. Sistem kabel dan tali kawat yang diguna pada fasad hijau juga memerlukan pemeriksaan ketegangan kabel secara berkala. Masalah penyelenggaraan seharusnya dijelaskan kepada pelanggan pada peringkat awal reka bentuk untuk menentukan kriteria reka bentuk fasad.

Bahan yang digunakan dalam setiap teknik pemasangan fasad dihubungkan melalui penyelesaian konstruktif terpilih, ada beberapa aspek mustahak perlu dijaga rapi memastikan fasad hijau berfungsi dengan baik. Fleksibiliti struktur sokongan tumbuhan sangat penting, kerana ianya membenarkan pertumbuhan tanaman yang sihat, memastikan tumbuhan mendapat akses ke air dan nutrien dari sistem pengairan. Struktur yang dibina harus memastikan beban kapasiti mengikut kitaran hidup tanaman dan membolehkan penyerapan dan menyimpan sedikit air untuk mengelakkan keperluan pengairan berterusan. Rajah dibawah menunjukkan beberapa teknik khusus diguna untuk fasad bangunan hijau.

Jadual 4: Sistem konstruktif fasad hijau.

Jenis sistem	Fungsi	Kelebihan	Kekurangan
1. Fasad hijau tradisional.	Sebagai penanaman secara terus di atas tanah.	Kos rendah, tiada sebarang binaan struktur dan sistem irigasi.	Pemilihan tanaman terhad, merosakkan permukaan bangunan sekiranya penumbuhan akar pokok tidak terkawal dan direka selepas pembinaan bangunan.
2. Fasad hijau modular.	Untuk penanaman pokok dari jenis dan saiz skala yang berbeza dalam fasad yang sama, membolehkan reka bentuk fasad hijau kompleks dibuat.	Sistem pengairan terkawal, mudah untuk dipasang dan dibuka untuk penyelenggaraan dan lebih ringan.	Kos pemasangan yang tinggi, memerlukan sokongan struktur.
3. 'Foam' penyerap.	Untuk penanaman pokok dari jenis dan saiz skala yang berbeza dalam fasad yang sama, membolehkan reka bentuk fasad hijau kompleks dibuat.	Menjimatkan kos sistem pengairan, mudah untuk dipasang dan dibuka untuk penyelenggaraan dan lebih ringan.	Kos pemasangan yang tinggi, memerlukan sokongan struktur.
3. Struktur penyokong fasad hijau.	Untuk penanaman pokok dari jenis dan saiz skala yang berbeza dalam fasad yang sama, membolehkan reka bentuk fasad hijau kompleks dibuat.	Mengutamakan kedudukan substrat, pengairan dan akses untuk penyelenggaraan.	Kos pemasangan yang tinggi, memerlukan sokongan struktur.
4. Sistem tiub.	Sistem tanaman dan proses membesarkan tumbuhan di udara dengan semburan air secara terus kepada akar pokok tanpa menggunakan tanah.	Sistem pengairan terkawal dan ketepatan keseragaman agihan air di permukaan akar menjamin tanaman yang segar.	Kos yang tinggi dan memerlukan tenaga kerja yang mahir untuk menyelenggara.
4. Paip alternatif, struktur penyokong & media.	Untuk menyelesaikan masalah penanaman pokok dengan ruang yang terhad.	Sistem paling mudah dipasang oleh sesiapa sahaja tanpa latihan khusus, tidak memerlukan tanah untuk penyelenggaraan, kos rendah.	Ruang yang terhad untuk pengembangan akar pokok.

KAJIAN KEPUSTAKAAN DI MALAYSIA

Dalam usaha penghijauan bandar di Malaysia, beberapa isu yang berkaitan telah timbul. Kadar penanaman semula pokok di kawasan bandar masih berada di tahap yang rendah berbanding dengan pemusnahan kawasan hijau yang dilakukan untuk pembangunan baru (Khor M. 1996). Penanaman semula pokok di kawasan bandar juga masih kurang peka terhadap jenis pokok yang perlu ditanam untuk berfungsi secara berkesan. Hal ini demikian kerana kebanyakan penanaman pokok di kawasan pembangunan baru hanya fokus kepada kuantiti pokok yang ditanam bagi memenuhi syarat kelulusan sahaja, bukannya menanam pokok yang mampu mengatasi isu peningkatan haba di persekitaran bandar terutamanya (Ismail A.M. 2000). Berdasarkan tajuk penulisan yang dipilih, terdapat isu-isu utama yang berbangkit dengan penerapan fasad hijau.

Sebagaimana yang telah dibincangkan terlebih awal, isu peningkatan haba di persekitaran bandar terutamanya boleh diatasi dengan pengaplikasian fasad hijau secara maksima. Walau bagaimanapun, penanaman pokok fasad hijau pada bangunan perlu dilakukan bersesuaian dengan jenis pokok yang dipilih bagi membolehkan ianya berfungsi dengan berkesan dan bertahan lama. Jenis-jenis pokok yang boleh ditempatkan pula perlu dipilih sama ada berdasarkan kecantikan bunganya atau keupayaan menghijau sepanjang masa atau berjuntai dan memanjat. Sebagai contoh, pemilihan pokok berbunga yang sering menjadi pilihan ialah bunga kertas (*bougainvillea*) oleh kerana kemampuannya berbunga sepanjang tahun. Selain itu, pokok seperti (*scindapsus aureus*) dan (*passiflora violace*) pula kerap dipilih kerana kemampuan pokok memanjat dan berjuntai. Pokok jenis paku-pakis seperti (*ficus repens*), (*pilea*), dan (*calathea*) juga menjadi spesies tumbuhan popular dan berkesan untuk ditanam di fasad hijau.

Pembinaan fasad hijau pada bangunan berupaya menyerap gas karbon dioksida dan menyederhanakan suhu persekitaran, mengurangkan fenomena pulau haba bandar (*urban heat island - UHI*) akibat cuaca panas. Kedudukan bangunan yang dibina rapat antara satu bangunan dengan yang lain menyebabkan kekurangan ruang pengaliran udara, ditambah dengan penebatan pokok akibat pembangunan. Oleh itu, melalui kaedah penanaman fasad hijau ini dapat membantu mewujudkan ruang tanaman walaupun terhad dalam bangunan.

Selain dari masalah haba, bidang penglihatan (*field of vision*) di kawasan tumpuan yang padat dengan bangunan turut mendatangkan beberapa masalah lain. Tumpuan mata manusia lebih terganggu dengan silauan dan haba yang datangnya dari komponen menegak seperti dinding dan tembok bangunan. Oleh itu, ruang yang wujud di antara bangunan iaitu ruang mendatar pada aras tanah yang ditanami dengan tumbuh-tumbuhan renek dan pokok rendah masih tidak mampu menyelesaikan sebahagian daripada masalah haba pantulan daripada permukaan tanah. Dengan wujudnya penerapan fasad hijau pada bangunan ianya mampu membantu menyelesaikan masalah silau dan haba yang dipancar ke tanah.

Masalah persekitaran yang timbul seperti masalah silau pada penglihatan dan peningkatan haba merupakan masalah utama terhadap persekitaran bandar. Dengan penerapan penanaman pokok dan penghijauan bandar merupakan salah satu kaedah penyelesaian yang berkesan yang boleh dilaksanakan (Yeang K. 1989). Pokok-pokok boleh ditanam menggunakan kaedah terkini iaitu melalui cara penanaman pokok menggunakan fasad hijau. Kaedah menanam tumbuh-tumbuhan terus di fasad hijau merupakan pendekatan mudah yang mampu memberikan kehijauan yang boleh dinikmati secara terus oleh penghuni bangunan. Bandar-bandar moden kini lebih banyak menyediakan bangunan tinggi

sebagai tempat tinggal, berkerja dan berekreasi. Kepada mereka yang tinggal atau menghuni tingkat atas bangunan tinggi, penanaman pokok secara terus diatas fasad hijau dapat dikecapi. Mereka mampu menikmati dan melihat secara terus pokok-pokok yang ditanam. Dari sudut kitaran ekologi, hubungan manusia dan tumbuh-tumbuhan dapat terjalin erat, kedua-duanya saling memerlukan antara satu sama lain untuk keseimbangan dan kesinambungan ekosistem alam.

Pohon-pohon rendah juga menjadi peneduh semula jadi yang berkesan kepada manusia dan aktiviti mereka (Ismail A.M. 2000). Walau bagaimanapun, keberkesanan pohon-pohon untuk menjadi peneduh asli terhadap batasan ketinggian matangnya. Apabila manusia mula menghuni bangunan tinggi, kesan pokok secara terus tidak dapat dirasai lagi. Oleh sebab itu, manusia mula membawa tumbuh-tumbuhan naik ke atas bangunan. Penerapan tumbuh-tumbuhan dilakukan pada fasad bangunan agar matlamat menghijaukan semula bumi dapat dicapai sepenuhnya, disamping memenuhi kehendak asasi manusia yang perlukan interaksi dengan tumbuh-tumbuhan dan haiwan.

KAJIAN KES BANGUNAN DIGI DATA CENTER SHAH ALAM

Projek ini adalah pusat data dengan kemudahan tambahan iaitu pejabat pentadbiran, lobi, menara telco dan pusat pengurusan perkhidmatan untuk syarikat Digi Telecommunications Sdn. Bhd. Bangunan ini direka oleh arkitek T.R. Hamzah & Yeang, yang terletak di Shah Alam, Selangor, Malaysia. Bangunan setinggi 4 tingkat ini mempunyai ketinggian 23.5 meter. Bangunan ini mulai beroperasi pada Julai 2010 dan mempunyai keluasan lantai (GFA) 12,468-meter persegi.

Bangunan ini direka berdasarkan kepada kehendak klien iaitu sebuah pusat data berdasarkan platform 'IT Data Center's Uptime Institute' Tier III, dengan beberapa ciri ekologi yang penting. Bangunan ini direka untuk mengoptimumkan tapak 'footprint' pusat data, menyediakan sistem perparitan yang berkesan dan kalis air untuk melindungi peralatan dalam bangunan yang sensitif, mengurangkan penambahan haba solar ke dalam pusat data bagi sebagai langkah keselamatan. Pada bahagian fasad bangunan pula menggabungkan fasad hijau yang luas berfungsi sebagai habitat hidup. Komponen kehijauan yang besar ini berfungsi sebagai kaedah menyaring dan meningkatkan kualiti udara dalaman bangunan.



Rajah 2: Fasad hijau subur pada fasad bangunan Digi Data Center, Shah Alam.

Fasad hijau ini berfungsi sebagai dinding hidup yang bernafas dan sebagai pelapisan yang mampu menjana semula yang berfungsi sebagai seni hidup 'living art' dan penapis udara biologi. Fasad hijau, sama ada yang berada di dalam atau di luar bangunan, mampu mengurangkan karbon dioksida dengan penyerapan melalui tumbuh-tumbuhan, membantu mengawal tahap kelembapan, memerangkap debu, mengurangkan pencemaran bunyi dan mewujudkan habitat bagi hidupan liar bandar. Bangunan Digi Data Center ini telah diperakui 'Gold' oleh Green Building Index (GBI) Malaysia.

Pemasangan fasad hijau pada bahagian luar bangunan mampu mengurangkan penyerapan tenaga solar akibat dari perangkap haba yang berada di permukaan bangunan dan secara tambahan ianya turut mampu menjimatkan kos tenaga bangunan dengan memberi perlindungan dari kesan sinaran UV dan hujan asid serta membantu mengurangkan kesan pulau haba yang terhasil akibat dari tumbuhan tanaman yang telah diganti dengan bahan konkrit dan asfalt.

KAJIAN KES MENARA DOWNTOWN OASIA SINGAPURA

Menara Oasia Downtown yang terletak di Singapura ini direka oleh WOHA Architects, dianugerahkan sebagai '*Best Tall Building*' oleh '*Council on Tall Building and Urban Habitat*' (CTBUH). Bangunan setinggi 30 tingkat ini mulai beroperasi pada April 2016 dan mempunyai keluasan lantai (GFA) 19,416-meter persegi. Menurut arkitek, bangunan hotel ini tidak hanya menang kerana menggabungkan 60 tingkat dinding hijau di fasad luar bangunan, tetapi turut menitikberatkan ruang awam dalam bangunan. Bangunan ini telah mengurangkan lebih daripada 40% jumlah tiang untuk memberi ruang awam terbuka di atas bumbung.

WOHA turut mencipta satu siri strata berlainan, mempunyai taman langit 'sky garden' tersendiri, membolehkan kawasan rekreasi dan sosial di setiap kawasan bangunan. Setiap taman langit 'sky garden' mempunyai ruang terbuka untuk ketelusan visual dan membenarkan pengudaraan silang. Seterusnya, landskap hijau turut membentuk sebahagian besar estetik bangunan digunakan secara meluas sebagai rawatan permukaan fasad. Ia mencapai Nisbah Plot Hijau biodiversiti dan bertujuan untuk menggalakkan kepulangan biodiversiti ke dalam kawasan bandar. Bangunan ini menggabungkan 21 spesies pokok menjalar 'creepers' berbeza, dengan bunga berwarna-warni dan kehijauan pada lapisan luar fasad.



Rajah 3: Menara Oasia Downtown, Singapura.

Tujuan reka bentuk menara ini adalah untuk menghasilkan respons terhadap keseragaman konkrit yang sedia ada di kawasan tapak. Bangunan ini menekankan isu kelestarian di Singapura. Dengan penerapan ekosistem semula jadi, fasad hijau yang ditanam berpotensi menarik fauna seperti serangga dan tupai. Selain itu, empat taman langit 'sky garden' komunal diletak ke dalam bangunan, membolehkan pengudaraan semula jadi di ruang awam sebagai pengganti kepada penghawa dingin. Bangunan ini menggantikan taman dengan menyediakan hampir sepuluh kali ganda kehijauan dari kawasan tapak yang asal. Hampir 18 jenis spesies hidupan liar telah tertarik ke fasad bangunan, setanding dengan taman berdekatan, menurut kajian biodiversiti yang dilakukan oleh BioSEA (Derek W, 2018).

ANALISIS KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Dari kajian kes yang dijalankan, menara Oasia Downtown memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk mengurangkan suhu kerana dapat dilihat jumlah peratusan fasad hijau yang membaluti menara adalah lebih tinggi berbanding dengan bangunan Digi Data Center. Selain itu, peratusan kelembapan di bangunan yang mempunyai kehadiran tumbuhan dalam kuantiti yang kecil menunjukkan hasil yang negatif dan kurang lembap manakala bagi menara Oasia mempunyai peratusan kelembapan sepanjang hari agak tinggi berbanding dengan bangunan Digi Data Center. Oleh kerana jumlah keselesaan termal mempengaruhi tahap keselesaan termal seseorang, bangunan Digi Data Center menunjukkan bahawa tahap keselesaan termal sedikit lebih rendah berbanding dengan Menara Oasia Downtown.

Berdasarkan soal selidik yang telah dijalankan atas talian, responden paling ramai yang terlibat mempunyai kelayakan akademik Sarjana Muda iaitu 64.1%, Sarjana 15.4%, Diploma 12.8%, Arkitek Professional (AR) 2.6% dan lain-lain 5.1%. Manakala bagi latar belakang bidang responden majoritinya adalah daripada bidang seni bina sebanyak 76.9%, 15.4% bidang lain-lain, 5.1% Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) dan 2.6% adalah pemaju. Seterusnya, majoriti responden terlibat seramai 91.9% mempunyai tempoh pengalaman berkerja selama 0-10 tahun, manakala seramai 2.7% untuk 11-20 tahun pengalaman berkerja dan 5.4% bagi 21-30 tahun pengalaman berkerja. Seterusnya, minoriti 20.5% responden berpengalaman terlibat dalam projek penghijauan fasad dan majoriti 79.5% tidak mempunyai sebarang pengalaman berkerja berkaitan fasad hijau. Jawapan soal selidik

yang diberikan oleh 39 responden dinyatakan dalam Jadual 6.

Jadual 5: Ringkasan penemuan utama daripada kajian kes yang berkaitan dengan penghijauan fasad.

Perkara	Digi Data Center, Shah Alam, Selangor.	Menara Oasia Downtown, Singapura.
1. Kategori anugerah fasad hijau.	'Gold' oleh Green Building Index (GBI) Malaysia.	'Best Tall Building' oleh Council on Tall Building and Urban Habitat (CTBUH).
2. Jenis fasad hijau.	Sistem fasad hijau tidak terus (<i>non-continuos green façade</i>). 	Sistem fasad hijau terus (<i>non-continuos green façade</i>). 
3. Jenis sistem konstruktif fasad hijau.	'Foam' penyerap, untuk penanaman pokok dari jenis dan saiz skala yang berbeza dalam fasad yang sama, membolehkan reka bentuk fasad hijau kompleks dibuat.	Fasad hijau tradisional, sebagai penanaman secara terus di atas tanah.
4. Ciri rekabentuk ekologi.	<ul style="list-style-type: none"> - Kesyinambungan ekologi. - Penapisan udara semulajadi. - Prestasi termal. - Pencahayaannya siang. - Kualiti udara dalaman. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesyinambungan ekologi. - Pengudaraan semulajadi. - Prestasi termal. - Kualiti udara dalaman.
5. Analisis rekabentuk pasif fasad hijau.	<ul style="list-style-type: none"> - Fasad hijau diletakkan pada bahagian timur laut, barat laut dan tenggara secara zigzag. - Fasad hijau meningkatkan biodiversiti di kawasan sekitar, menapis karbon dioksida, meningkatkan prestasi termal sebanyak 32%. - Menggunakan tanaman jenis 'yellow screwpine' dan 'green mondo grass' sebagai pembersih bio semula jadi, mengurangkan keperluan bagi penyejukan bangunan dan sebagai penebat akustik. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fasad hijau diletakkan di 4 fasad bangunan dengan sokongan kepingan aluminium. - Simulasi termal menunjukkan penurunan suhu pada permukaan bangunan dengan adanya liputan sebanyak 60%. - Taman terbuka 'open garden' dan teras langit 'sky terrace' membawa pengudaraan silang. - Menggunakan 21 spesies tanaman 'creepers' di seluruh teralis, tanaman diatur pada ketinggian selaras dengan keadaan pertumbuhan yang dipilih, jumlah cahaya matahari, ketahanan angin dan kelajuan pertumbuhan.
6. Orientasi.	<ul style="list-style-type: none"> - Permukaan fasad yang panjang berorientasi ke arah timur dan barat, bagi mengurangkan kenaikan haba panas matahari, kawasan servis tangga dan saluran servis terletak berhampiran dinding luaran di bahagian hadapan timur dan barat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Permukaan fasad segi empat tepat, dan kedudukan orientasi bangunan ke arah timur, barat, utara dan selatan agak seimbang, alat pendedahan dengan menggunakan kepingan aluminium dan fasad hijau turut digunakan.
7. Caadangan kajian.	<ul style="list-style-type: none"> - Aplikasi fasad hijau di kawasan industri secara maksima mampu mengurangkan pencemaran udara dan bunyi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplikasi fasad hijau di kawasan bandar secara maksima mampu mengurangkan silau pada bangunan dan kesan pulau haba.

Jadual 6: Jumlah jawapan yang diberikan oleh responden kajian soal selidik (Jumlah Responden: 39).

Soalan	Sangat tidak setuju	Tidak setuju	Neutral	Setuju	Sangat setuju
1. Penerapan fasad hijau pada bangunan mampu meningkatkan kualiti udara sama ada di dalam atau luar bangunan.			5	13	21
2. Penggunaan fasad hijau mengurangkan pencemaran bunyi.	1	3	12	11	12
3. Fasad hijau mampu mengurangkan penggunaan tenaga dalam bangunan.	1	4	15	9	10
4. Fasad hijau mengurangkan kesan pulau haba dalam bandar.			7	10	21
5. Fasad hijau memberikan kelegaan visual & ketenangan.		2	1	7	28
6. Penggunaan fasad hijau melibatkan kos tinggi sama ada dari awal proses pembinaan sehingga proses penyelenggaraan.		3	8	10	18
7. Penerapan fasad hijau pada bangunan menghasilkan karakter tersendiri kepada sesebuah tempat.		1	2	17	19
8. Terdapat pelbagai jenis sistem fasad hijau.			5	12	22
9. Fasad hijau mampu menjadi agen penarik bagi sesebuah bangunan untuk dikunjungi orang ramai.		2	1	15	20
10. Penerapan fasad hijau di dalam bangunan adalah tidak digalakkan.	6	12	11	7	3
11. Rekabentuk fasad hijau dan penggunaan jenis tanaman yang berbeza pada fasad bangunan adalah lebih menarik.		1	1	15	22
12. Fasad hijau menaikkan nilai estetik & nilai hartanah.	1	1	7	12	18
13. Penggalakkan penggunaan fasad hijau dengan menawarkan insentif ekonomi seperti pengurangan cukai yang dapat mengurangkan kos peribadi sekiranya pengaplikasian fasad hijau ini diguna bertujuan untuk mengurangkan masalah persekitaran adalah sangat perlu.		1	7	13	18
14. Fasad hijau di negara panas tropika lebih bersifat estetik berbanding fungsi.	3	6	11	7	12
15. Apakah spesies tanaman yang paling sesuai untuk ditanam pada fasad hijau?	3 Tanaman herba	3 Tanaman paku pakis & tumbuhan renek	6 Tanaman bunga yang sentiasa mekar bagi negara iklim panas tropika		27 Tanaman menjalar & memanjat
16. Apakah jangkaan kesan atas penggunaan fasad hijau secara maksima ke atas bangunan?	5 Fungsi & praktikal	6 Nilai estetika	10 Penjimatan kos penyelenggaraan cat & penggantian bahagian fasad bangunan	9 Peningkatan biodiversiti	9 Perubahan iklim yang lebih baik
17. Rekabentuk sistem fasad hijau perlu lebih fleksibel dan mudah diselenggara.		1	2	6	30
18. Set polisi & garis panduan dari pihak berkuasa tempatan (PBT) untuk rekabentuk fasad hijau diperlukan agar fasad hijau dapat dilaksanakan, dijadikan panduan kepada pengeluar, pemasang & pengguna bagi mencapai kualiti, prestasi dan kos yang baik.		2	2	13	22
19. Kesedaran masyarakat adalah penggerak utama memainkan peranan yang besar dalam menggalakkan penggunaan fasad hijau untuk menjadi sebahagian daripada inisiatif kelestarian pembangunan.			2	15	22
20. Mengurangkan kos pemasangan awal sistem fasad hijau melalui Skim Pembiayaan Teknologi Hijau 'Green Technology Financing Scheme' (GTFS) yang ditanggung oleh pihak kerajaan untuk mempromosi penggunaan teknologi hijau dalam negara.			5	9	25

*Jadual 7: Analisis kajian soal selidik.***Analisis**

1. Dapat dilihat bahawa fasad hijau pada bangunan mampu meningkatkan kualiti udara sama ada di dalam atau luar bangunan.
2. Penggunaan fasad hijau mengurangkan pencemaran bunyi.
3. Sebilangan besar responden berpendapat bahawa fasad hijau hanya mampu mengurangkan penggunaan tenaga bangunan dalam kuantiti yang sederhana.
4. Fasad hijau mengurangkan kesan pulau haba dalam bandar.
5. Fasad hijau memberikan kelegaan visual dan ketenangan.
6. Majoriti responden berpendapat bahawa fasad hijau melibatkan kos yang tinggi sama ada dari awal proses pembinaan sehingga proses penyelenggaraan.
7. Majoriti responden bersetuju bahawa penerapan fasad hijau pada bangunan menghasilkan karakter tersendiri kepada sesebuah tempat.
8. Terdapat pelbagai jenis sistem fasad hijau
9. Sebilangan besar responden berpendapat bahawa fasad hijau mampu menjadi agen penarik bagi sesebuah bangunan untuk dikunjungi orang ramai.
10. Majoriti responden bersetuju penggalakkan penerapan fasad hijau di dalam bangunan.
11. Responden menjangkakan rekabentuk fasad hijau dan penggunaan jenis tanaman yang berbeza pada fasad bangunan adalah lebih menarik.
12. Sebilangan besar responden bersetuju bahawa fasad hijau menaikkan nilai estetik dan nilai hartanah.
13. Dapat dilihat bahawa penggalakkan penggunaan fasad hijau dengan menawarkan insentif ekonomi seperti pengurangan cukai yang dapat mengurangkan kos peribadi sekiranya pengaplikasian fasad hijau ini diguna bertujuan untuk mengurangkan masalah persekitaran adalah sangat perlu.
14. Responden menjangkakan bahawa fasad hijau di negara panas tropika lebih bersifat estetik berbanding fungsi.
15. Jangkaan spesies tanaman yang paling sesuai untuk ditanam pada fasad hijau ialah tanaman menjalar dan memanjat, diikuti dengan pilihan tanaman bunga yang sentiasa mekar bagi negara iklim panas tropika, akhir sekali ialah tanaman paku pakis dan tumbuhan renek.
16. Jangkaan kesan atas penggunaan fasad hijau secara maksima ke atas bangunan yang tinggi ialah penjimatan kos penyelenggaraan cat dan penggantian bahagian fasad bangunan, diikuti dengan perubahan iklim yang lebih baik, peningkatan biodiversiti, nilai estetika, fungsi dan praktikal.
17. Majoriti responden bersetuju bahawa rekabentuk sistem fasad hijau perlu lebih fleksibel dan mudah diselenggara.
18. Sebilangan besar responden berharap bahawa set polisi dan garis panduan dari pihak berkuasa tempatan (PBT) untuk rekabentuk fasad hijau dilakukan agar fasad hijau dapat dilaksanakan, dijadikan panduan kepada pengeluar, pemasang dan pengguna bagi mencapai kualiti, prestasi dan kos yang baik.
19. Responden berpendapat kesedaran masyarakat adalah penggerak utama memainkan peranan yang besar dalam menggalakkan penggunaan fasad hijau untuk menjadi sebahagian daripada inisiatif kelestarian pembangunan.
20. Responden bersetuju dengan cadangan mengurangkan kos pemasangan awal sistem fasad hijau melalui Skim Pembiayaan Teknologi Hijau 'Green Technology Financing Scheme' (GTFS) yang ditanggung oleh pihak kerajaan untuk mempromosi penggunaan teknologi hijau dalam negara.

PERBINCANGAN

Merujuk kepada hasil kutipan data, kajian ini telah menunjukkan pelbagai kaedah penerapan fasad hijau ke dalam bangunan. Antaranya ialah tumbuhan memanjat sendiri, tumbuhan memanjat yang memerlukan struktur sokongan, tumbuhan gantung yang tumbuh dari pasu di atap atau balkoni dan taman fasad hijau. Fasad hijau mempunyai sistem yang dibahagikan kepada dua, iaitu fasad hijau tidak terus (non-continuous green façade) dan fasad hijau terus (continuous green façade). Fasad hijau yang mempunyai tipologi tersendiri memerlukan teknologi pemasangan dan penyelenggaraan agar struktur binaan dan tanaman dapat bertahan dengan tekanan angin yang berlebihan. Penggunaan fasad hijau yang menutup permukaan fasad kaca yang reflektif dari bangunan mampu untuk mencegah pembunuhan burung. Hal ini demikian kerana, terdapat banyak kes burung mati akibat terbang ke permukaan fasad kaca bangunan kerana sukar membezakan kaca reflektif dari ruang udara terbuka. Selain mencegah kematian burung, ia juga akan membantu mengurangkan penyerapan haba panas secara terus ke dalam bangunan serta mencegah kesan rumah hijau dan menurunkan tekanan pada sistem HVAC. Seperti yang dinyatakan dalam Yeang (2006), lapisan penutupan fasad yang lengkap dapat menyumbang untuk menurunkan suhu persekitaran.

Kajian ini menunjukkan terdapat pelbagai manfaat untuk fasad hijau, walau bagaimanapun ianya tidak dinyatakan dengan jelas, dan manfaat yang telah diteliti selalunya tidak disokong oleh sebarang bukti empirikal. Tiada sebarang penyelidikan saintifik mengenai manfaat khusus untuk jenis pembinaan fasad hijau tertentu, dan para pengkaji turut mengalami kekangan akibat dari kekurangan alat pengukuran yang sesuai. Seterusnya, berdasarkan semua kertas yang dianalisis, dapat disimpulkan bahawa prestasi terma 'thermal performance', merupakan manfaat yang paling tinggi dalam aplikasi fasad hijau; namun masih ada ruang untuk penyelidikan lebih lanjut. Eksperimen yang dijalankan dalam persekitaran kehidupan sebenar dimana bangunan yang sudah dibina mempunyai fasad hijau di sebahagian permukaan bangunan tertentu sahaja menjadikan potensi dan kesan sepenuhnya di seluruh bangunan tidak dapat dianggarkan. Selain itu, beberapa kajian empirikal tidak mengandungi penerangan lengkap mengenai alat analisis atau pengukuran yang digunakan.

Tambahan lagi, kajian kualitatif yang meninjau persepsi manusia terhadap prestasi terma fasad hijau sangat jarang dijalankan. Seperti yang diketahui bahawa suhu yang diukur dan dirasakan tidak sama, penilaian kajian dengan penghuni bangunan harus dilakukan sehingga sejauh mana fasad hijau dapat menyumbang kepada keselesaan termal orang di dalam dan di luar bangunan dapat ditentukan. Peningkatan kualiti udara adalah salah satu kelebihan fasad hijau yang tidak diterokai sepenuhnya secara empirikal. Walaupun penggunaan fasad hijau merupakan usaha untuk pembersihan pencemaran udara, akan tetapi tiada sebarang data penyelidikan dapat mengesahkan secara jelas kemampuan fasad hijau untuk membersihkan udara dan menyumbang kepada kualiti udara. Hanya terdapat sedikit contoh penelitian yang meneliti kemampuan spesies tanaman tertentu untuk menangkap debu, membersihkan udara, atau membuang racun dari tanah. Ini menandakan bahawa diperlukan lebih banyak kajian yang membandingkan bagaimana pelbagai jenis penanaman fasad hijau yang terdiri daripada pelbagai jenis pembinaan, jenis tanah, dan spesies tumbuhan dapat menyumbang kepada peningkatan kualiti udara, dan menunjukkan jenis fasad hijau yang paling sesuai mengikut iklim.

KESIMPULAN

Merujuk kepada penulisan kertas kajian ini, penyelidik mendapati bahawa fasad hijau mempunyai pelbagai jenis dan sistem konstruktif dengan penerapan yang berbeza dalam kajian kepustakaan dan kajian kes yang dijalankan. Dari sudut ciri rekabentuk ekologi fasad hijau berkenaan, kedua kajian kes mempunyai persamaan yang hampir sama dengan perbezaan yang sedikit kerana perletakan lokasi di negara yang berbeza tetapi dalam iklim panas tropika yang sama. Namun, penghijauan fasad boleh menjadi sumbangan terbesar bagi pengudaraan bandar, fakta ini sudah diketahui ramai pihak terutamanya yang berada dalam industri binaan. Penghasilan kertas kajian ini diharapkan dapat menyumbang kepada usaha penerapan fasad hijau secara maksima dan membantu pelbagai pihak berkerjasama untuk memastikan sistem fasad hijau yang mantap dapat memberikan asas untuk penanda aras sehingga mendorong penyelidikan dan perkembangan teknologi fasad hijau. Selain mencipta visual keselesaan dan mengurangkan kesan pulau haba bandar, penghijauan fasad dapat menurunkan suhu permukaan fasad dan pada masa yang sama menyebabkan pengurangan beban kuasa dalam penghawa dingin. Secara umumnya, penerapan fasad hijau yang dikendalikan dengan baik dapat menjadi alat yang berguna untuk kawalan pasif termal bangunan dalam jangka masa yang panjang dengan penjimatan tenaga rendah bagi negara panas tropika sama ada di Malaysia mahupun Singapura.

RUJUKAN

- [1] Abhijith, K.V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F., Broderick, B., Sabatino, S. D. & Pulvirenti, B. 2017. *Air Pollution Abatement Performances of Green Infrastructure in Open Road and Built-Up Street Canyon Environments*. Atmospheric Environment Volume 162. Amsterdam: Elsevier.
- [2] Amorim, F. & Mendonça, P., 2017. *Advantages and constraints of living green façade systems*. International Journal of Environmental Science and Development 8(2):124-129.
- [3] Cities100. 2015. Copenhagen: Sustainia.
- [4] Dover, J.W. 2015. *Green Infrastructure: Incorporating Plants and Enhancing Biodiversity in Buildings and Urban Environments*. New York: Routledge Publishing.
- [5] Durmus-Pedini, A. and Ashuri, B. 2010. *An overview of the benefits and risk factors of going green in existing buildings*. International Journal of Facility Management, 1, pg. 1-15.
- [6] Halawa, E., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Trombley, J., Hassan, N., Baig, M., Yusoff, S. and Azzam Ismail, M. 2017. *A review on energy conscious designs of building façades in hot and humid climates: Lessons for (and from) Kuala Lumpur and Darwin*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, pg. 2147-2161.
- [7] Hunter, A.M., Williams, N.S.G., Rayner, J.P., Aye, L., Hes, D., Livesly, S.J. 2014. *Quantifying the thermal performance of green façades: A critical review*. Ecological Engineering, 63, pg.102-113.
- [8] Luis Pérez-Urrestarazu, Rafael Fernández-Cañero, Antonio Franco-Salas & Gregorio Egea. 2015. *Vertical Greening Systems and Sustainable Cities*. Journal of Urban Technology, 22:4, pg. 65-85. Abingdon: Routledge Taylor & Francis Group.

- [9] Medl, A., Stangl, R., & Florineth, F., 2017. *Vertical greening systems – A review on recent technologies and research advancement*. Building and Environment. Volume 125, pg. 227-239.
- [10] Muhammad Shamsuddeen Abdullahi & Halil Zafer Alibaba. 2016. *Façade greening: A way to attain sustainable built environment*. International Journal of Environmental Monitoring and Analysis. Volume 4, No. 1, pg. 12-20.
- [11] Rakhshandehroo, M., Mohd Johari, M.Y. and Arabi, B.R. 2015. Living Wall (Vertical Greening): Benefits and Threats, Applied Mechanics and Materials, 747, pp.16-19.
- [12] Rakhshandehroo, M. 2016. *An introduction to green walls: Green Facades*. Slaid. Serdang: Universiti Putra Malaysia.
- [13] Seah, Soon Teck Allan dan Hyeong-III, Kim. 2016. *A study of workflow for simulations of vertical greenery systems*. Singapore: Scientific & Academic Publishing.
- [14] Shahrina Afrin. 2009. *Green skyscraper: Integration of plants into skyscrapers*. Stockholm: KTH Architecture and the Built Environment.