

---

# IMPAK TUMBUHAN KEPADA BANGUNAN TINGGI DARI ASPEK KELESTARIAN

<sup>1</sup>K.I Badri, <sup>1</sup>M.F.I. Mohd Nor, <sup>1</sup>I.M.S. Usman, Abdul Halim Ismail

<sup>1</sup> Program Senibina  
Pusat Senibina dan Alam Bina Inovatif (SErAMBI),  
Fakulti Kejuruteraan dan Senibina,  
Universiti Kebangsaan Malaysia,  
43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

---

## ABSTRAK

Dewasa ini penggunaan tema tumbuhan dalam bangunan telah banyak diadaptasi dalam bangunan di Malaysia. Hal ini berikutan kesedaran terhadap alam sekitar yang semakin meningkat. Ini termasuklah di negara kita Malaysia melalui Dasar Teknologi Hijau yang diperkenalkan pada tahun 2009. Antara aspek hijau yang memberi impak kepada bangunan (Badruzaman,2011) adalah tumbuhan seperti bumbung hijau dan taman bumbung, teres langit atau 'sky terrace', balkoni berlandskap, dinding hijau, pokok berpasu, dan jambatan bangunan tingkat tinggi atau 'sky bridges' (Tan,2013). Namun begitu, aplikasi tumbuhan hijau tidak dimanfaatkan sepenuhnya dan hanya bersifat estetik sahaja (Badruzaman,2011). Objektif penulisan ini ialah untuk mengenal pasti jenis-jenis kategori aplikasi tumbuhan dan faedah-faedah aplikasi tumbuhan pada bangunan tingkat tinggi. Hasil kajian ini dapat memberi pengetahuan kepada kategori jenis-jenis dan faedahnya kepada alam sekitar.

**Kata kunci:** *Tumbuhan, bangunan tinggi, dinding hijau, pokok berpasu, balkoni berlandskap*

## PENGENALAN

Perkembangan pesat teknologi dan pembangunan mempunyai kesannya terhadap alam sekitar. Menurut Majlis Bangunan Hijau A.S. (USGBC), bangunan menggunakan secara purata 41% daripada penggunaan tenaga dunia. Di Malaysia, penggunaan elektrik dijangkakan akan mencapai 116 juta tan (Mtoe) pada tahun 2020 (Keong 2005), kebanyakan adalah dari sumber fosil (Shafie e tal. 2011). Penggunaan tenaga ini dijangka akan terus meningkat berganda terutamanya bagi Malaysia yang menuju ke arah negara maju. Peningkatan ini telah melahirkan kesedaran akan kepentingan pembangunan yang lestari.

Kesedaran terhadap alam sekitar telah semakin meningkat dewasa ini. Pada tahun 70-an, 80-an dan 90-an, pergerakan "Green Movement" lahir sebagai respons kepada suatu persepsi iaitu sumber-sumber tenaga di dunia semakin berkurang dan indeks pencemaran yang semakin meningkat. Satu punca kesedaran yang paling utama adalah bumi tempat kita berpijak rosak dalam proses-proses tersebut. Pada tahun 1987, United Nations World Commission On Environment And Development telah diadakan untuk membincangkan dan menyusun strategi untuk memelihara alam sekitar. Pada persidangan tersebut, telah mendefinisikan "Sustainable Development" bagi suatu projek. Pada persidangan tersebut, 'sustainable' telah didefinisikan

sebagai "the [human] needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs." (p.9, (World Commission on Environment and Development. 1987). Konsep ini menunjukkan bahawa sumber alam dan kebolehan alam menampung aktiviti manusia adalah terhad. Persidangan ini telah diteruskan pada tahun di 'Earth Summit' di Rio de Janeiro, Brazil yang menerbitkan Agenda 21. Agenda 21 adalah pelan tindakan Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu berhubung dengan pembangunan lestari.

Bermula dari persidangan tersebut banyak negara telah mengambil langkah untuk meningkatkan kesedaran terhadap termasuklah Malaysia . Pengenalan terhadap teknologi hijau di Malaysia bermula seawal tahun 2007 melalui pengenalan kepada piawaian MS 1525. Pada Julai 2009 Kementerian Tenaga, Komunikasi dan Multimedia telah dirombak dan dimasukkan fungsi baru( Teknologi Hijau) dan dikenali sebagai KeTTHA) dan Dasar Teknologi Hijau telah diperkenalkan pada Julai 2009. Teknologi Hijau merujuk kepada Teknologi Hijau merujuk kepada pembangunan dan aplikasi produk, peralatan serta sistem untuk memelihara alam sekitar dan alam semula jadi dan meminimumkan atau mengurangkan kesan negatif daripada aktiviti manusia. Dasar-dasar yang diperkenalkan ini telah melahirkan pengamalan reka bentuk hijau bangunan yang lestari.

Menurut Whitford et al., 2001, salah satu komponen penting dalam menentukan prestasi ekologi adalah peratusan ruang hijau, terutamanya pokok. Terdapat pelbagai faedah tumbuhan di persekitaran urban, terutamanya dari aspek alam sekitar, estetika dan rekreasi (Attwell, 2000) . Dalam kajian ini, kaedah kajian adalah dengan menggunakan kajian pustaka dan kajian konteks ke atas perkara-perkara yang berkaitan impak tumbuhan terhadap bangunan tinggi.

## ISU DAN PERMASALAHAN

Pengenalan terhadap teknologi hijau di Malaysia bermula seawal tahun 2007 melalui pengenalan kepada piawaian MS 1525. Pada Julai 2009 Kementerian Tenaga, Komunikasi dan Multimedia telah dirombak dan dimasukkan fungsi baru( Teknologi Hijau) dan dikenali sebagai KeTTHA) dan Dasar Teknologi Hijau telah diperkenalkan pada Julai 2009. Teknologi Hijau merujuk kepada Teknologi Hijau merujuk kepada pembangunan dan aplikasi produk, peralatan serta sistem untuk memelihara alam sekitar dan alam semulajadi dan meminimumkan atau mengurangkan kesan negatif daripada aktiviti manusia. (<http://www.kettha.gov.my>, Mac 2018).

Pengenalan kepada dasar-dasar hijau di peringkat global dan nasional telah menjadikan perkataan hijau sebagai gaya atau 'trend' masa kini. Tumbuhan hijau menegak dilihat membantu dalam meningkatkan kualiti persekitaran dan bertindak sebagai penyelesaian untuk meningkatkan hubungan manusia terhadap alam semulajadi (Badruzaman,2011). Faedah-faedah ini dapat digunakan dalam menjual dan mempromosi teknologi bangunan hijau. Secara umumnya, pengetahuan dan faedah akan terhadap tumbuhan pada bangunan bertingkat tinggi adalah kurang dan terhad kepada nilai estetik sahaja (Badruzaman,2011). Dengan melihat kepada kepentingan tumbuhan terutamanya pokok terhadap alam sekitar, adalah penting untuk mengenal pasti akan jenis-jenis tumbuhan yang dapat diaplikasikan pada bangunan untuk memaksimumkan kebaikannya terhadap alam sekitar. Justeru kajian ini memberi perhatian kepada kategori-kategori tumbuhan dan kebaikannya yang dapat digunakan dalam bangunan

bertingkat tinggi dan mengenal pasti penggunaan tumbuhan pada bangunan bertingkat tinggi. Metodologi kajian ini adalah berdasarkan pembacaan dan rujukan dari kajian-kajian sebelumnya yang berkaitan dengan tumbuhan di bangunan bertingkat tinggi

### OBJEKTIF KAJIAN

1. Mengetahui kategori umum tumbuhan menegak dalam aplikasi bangunan bertingkat tinggi
2. Mengetahui kebaikan dan penggunaan tumbuhan dalam aplikasi bangunan bertingkat tinggi

### NISBAH PLOT HIJAU

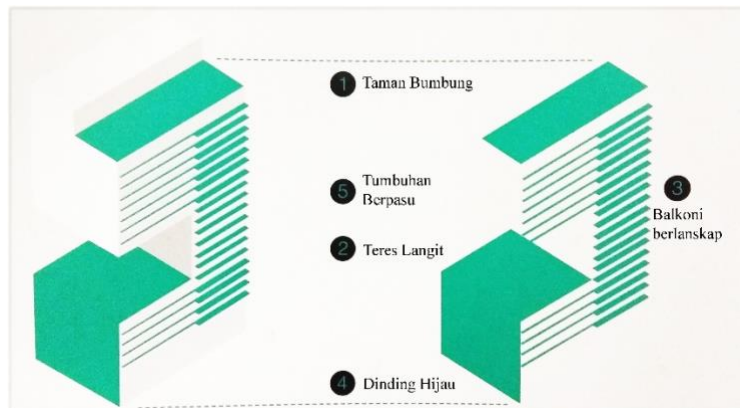
Di Singapura, konsep nisbah plot hijau digunakan sebagai alat untuk mengukur kebaikan alam sekitar oleh tumbuhan berintergrasi bersama bangunan secara 3 dimensi. Berbanding menggunakan pengiraan luas kawasan hijau di kawasan tapak secara 2 dimensi, nisbah plot hijau mengira index daun di kawasan tapak melalui pengiraan isipadu daun dengan mengambil kira bumbung hijau, dinding hijau, dan taman bumbung (Ong et al., 2003). Nisbah plot hijau telah digunakan dalam undang-undang bangunan di Singapura.



Fotografi tampak yang digunakan dalam menentukan Leaf Area Index  
(Sumber: Peper and McPherson, 1998)

### KATEGORI TUMBUHAN DALAM BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI

Menurut Tan (2013), dalam bukunya *Vertical Garden City Singapore*, secara kasarnya terdapat 6 cara penggunaan tumbuhan pada bangunan bertingkat. Hakikatnya tipologi tumbuhan dapat digunakan pada mana-mana bahagian bangunan, dan ianya hanya terhad kepada kreativiti pereka atau arkitek (Tan, 2013). 6 cara penggunaan tersebut adalah bumbung hijau dan taman bumbung, teras langit atau 'sky terrace', balkoni berlandskap, dinding hijau, pokok berpasu, dan jambatan bangunan tingkat tinggi atau 'sky bridges'



Bumbung hijau di Capri by Fraser dan Icon Residence, Kuala Lumpur  
(Sumber: Tan, Mac 2013)

### BUMBUNG HIJAU DAN TAMAN BUMBUNG

Bumbung di reka untuk penggunaan aktif pada planar mendatar. Oleh kerana terdapat beban tambahan oleh pokok besar dan lanskap kejur yang lain, ianya direka bentuk terlebih dahulu secara strukturnya berbanding bahagian bangunan yang lain. Taman bumbung adalah antara bentuk tumbuhan di bangunan tinggi terawal di Asia Tenggara (Tan, 2013).



Bumbung hijau di Capri by Fraser dan Icon Residence, Kuala Lumpur  
(Sumber: [https://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g298570-d5062918-i124372446-Capri\\_by\\_Fraser\\_Kuala\\_Lumpur\\_Malaysia-Kuala\\_Lumpur\\_Wilayah\\_Persekutuan.html](https://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g298570-d5062918-i124372446-Capri_by_Fraser_Kuala_Lumpur_Malaysia-Kuala_Lumpur_Wilayah_Persekutuan.html),  
<https://worldarchitecture.org/authors-links/chgee/icon-residencemont-kiara.html>, Mac 2018)

### TERES LANGIT ATAU 'SKY GARDEN'

Teres langit adalah lompong separa terbuka di antara lantai bangunan, selalunya bersama-sama kawasan landskap diintegrasikan bersama sama untuk menghasilkan ruang hijau di dalam bangunan untuk kemudahan akses oleh pengguna (Tan, 2013). Ia adalah satu inovasi untuk membenarkan kawasan taman hijau yang mempunyai teduhan dari kepanasan haba tropikal



Teres langit di Skyterrace@Dawson dan Hotel ParkRoyal , Singapura  
 (Sumber: <http://www.scdarchitects.com/landscape/skyterracedawson>,  
[https://images.adsttc.com/media/images/5175/6287/b3fc/4b20/1400/012e/slideshow/PARKROYAL\\_2-2013\\_PBH\\_018.jpg?1413994925](https://images.adsttc.com/media/images/5175/6287/b3fc/4b20/1400/012e/slideshow/PARKROYAL_2-2013_PBH_018.jpg?1413994925) Mac 2018 )

### BALKONI BERLANDSKAP

Balkoni berlandskap adalah bersifat peribadi,separa terbuka, dan secara umumnya dijumpai di bangunan kediaman. Di kawasan bandar yang padat, di mana majoriti penduduk tinggal di apartmen mempunyai akses terhadap kepada taman di aras tanah, balkoni menawarkan ruang untuk taman persendirian. Walaupun, ia tidak dapat menandingi suasana taman bumbung, ia masih memberi taman persendirian yang cantik (Tan,2013)



Teres Balkoni Berlandskap di Terrace house oleh Shigerunon  
 (Sumber: [https://inhabitat.com/shigeru-ban-architects-unveil-plans-for-the-worlds-tallest-hybrid-timber-building/](http://www.https://inhabitat.com/shigeru-ban-architects-unveil-plans-for-the-worlds-tallest-hybrid-timber-building/), Mac 2018)

### DINDING HIJAU

Dinding hijau juga dikenali sebagai 'vertical greenary system' atau VGS. Ia telah berada di pasaran dengan pelbagai nama komersil (Pérez et al. 2011). Begitu juga dalam bidang akademik. Oleh yang demikian, Perez et al. (2011) dan Kontoleon and Eumorfopoulou (2010) telah membuat kategori bagi jenis-jenis dinding hijau. Dua aspek utama yang diperkenalkan adalah Dinding Hidup(living wall) dan Fasad Hijau(green facade) .

Diding hidup adalah sistem penghijauan fasad yang boleh dianggap baru di pasaran. Tipologi ketara sistem ini adalah subtrat dalam bentuk menegak yang melekat pada dinding bangunan

menggunakan geotekstil atau sistem panel modular. Lapisan luar adalah pelbagai variasi tumbuhan seperti, tumbuhan litup bumi, pokok renek, pakis, lumut dan rumput. Oleh itu sistem ini dapat memberi kesan kepada estetik dan alam sekitar dengan cepat. Sistem ini juga adalah yang paling mahal kerana ia memerlukan pemeriksaan yang kerap untuk penyelenggaraan. Selain itu sistem ini juga dilengkapi dengan sistem berkomputer untuk tujuan irigasi, nutrien, pembajaan dan kepakaran pemasangan yang menjadikan kos secara total adalah tinggi (Ottel  et al. 2011; Perini et al. 2013).



Dinding Hidup di One Bligh Street, Sydney

(Sumber: <http://www.architectureanddesign.com.au/features/list/five-examples-of-vertical-gardens-including-a-prev>, Mac 2018)

Untuk sistem fasad hijau (green facade), secara umumnya, tumbuhannya berakar di arah tanah atau di dalam bekas. Sistem fasad hijau juga tidak memerlukan banyak penyelenggaraan. Maka dengan itu kos total untuk sistem fasad hijau adalah kurang berbanding sistem sistem dinding hidup.

Menurut Perini e tal. (2011), sistem fasad hijau terbahagi kepada 2 iaitu terus dan tidak terus. Sistem fasad terus adalah sistem tradisional di mana akar pokok boleh hidup secara menjalar terus pada dinding. Contoh tumbuhan menjalar ialah *Ficus pumila*, *Parthenocissus tricuspidata*, and *Hedera helix*.



Sistem fasad terus di Oasis Hotel Downtown oleh WOHA, Singapura

Sumber: <http://www.designandarchitecture.com/article/oasia-hotel-downtown-by-woha-amp-studio-patricia-urquiola.html> Mac 2018

Sistem fasad tidak terus pula memerlukan struktur sokongan seperti trellis, dawai kasa, kabel atau rod. Sistem ini juga dikenali sebagai 'double skin green facade' (Hunter et al. 2014). Atau tirai hijau (Pérez et al. 2014) kerana terdapat ruang udara diantara struktur penyokong dan dinding bangunan.



Fasad hijau tidak terus di School of the Art oleh WOHA, Singapura dan 5c Studios, Arizona  
(Sumber: <https://www.archdaily.com/217481/school-of-the-arts-woha>, Mac 2018,  
<https://continuingeducation.bnppmedia.com/courses/multi-aia/design-options-for-greening-urban-environments/>, Mac 2018)

## POKOK BERPASU

Pokok berpasu adalah tumbuhan yang di tanam di pelbagai aras bangunan dan boleh digunakan untuk menghasilkan suatu pengaturcaraan venier pada bangunan. (Tan, 2013). Pokok berpasu juga adalah di antara tipologi terawal digunakan pada bangunan. Tumbuhan berpasu juga digunakan di infrastruktur seperti kawasan pejalan kaki, dan jejambat. Ianya menambah kehijauan dan variasi warna pada rupa bandar setempat .



Tumbuhan berpasu di School of the Art oleh ZLG , Damansara dan House for Trees oleh VTN Architects

(Sumber: <https://www.archdaily.com/217481/school-of-the-arts-woha>, Mac 2018, <https://www.archdaily.com/518304/house-for-trees-vo-trong-nghia-architects/53a3636cc07a80fed5000298-house-for-trees-vo-trong-nghia-architects-photo>, Mac 2018)

### JAMBATAN BANGUNAN TINGKAT TINGGI ATAU 'SKY BRIDGE'

Berfungsi sebagai jambatan yang menghubungkan blok-blok bangunan. Jambatan bangunan berteres menambah lapisan koridor hijau pada aras yang lebih tinggi berabanding aras jalan (Tan, 2013)



Tumbuhan di jambatan bangunan di Sky Habitat dan The Pinnacle@Duxton di Singapura (Sumber: <http://archibazaar.com/articles/sky-habitat-triumphs-Singapura-property-awards-2016/>, Mac 2018, <http://www.rsp.com.sg/project/show?id=349>, Mac 2018.)

### FAEDAH TUMBUHAN DALAM BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI

Tumbuhan dalam membantu meningkatkan mutu alam sekitar secara keseluruhan dan berfungsi sebagai penyelesaian untuk meningkatkan hubungan dengan alam semula jadi. Asimilasi penghijauan menegak memberi manfaat kepada bangunan dan penghuninya (individual) serta bandar dan masyarakat pada umumnya (awam). Manfaat ini boleh dimanfaatkan untuk menjual atau mempromosikan teknologi, bergantung kepada penonton yang dimaksudkan (Peck et al., 1999). Arkitek, arkitek lanskap atau penganjur teknologi tumbuhan hijau sering mengalami kesukaran untuk meyakinkan pelanggan mereka (iaitu pemaju, pembuat dasar dan orang awam)



tentang kelebihan dan kelayakannya. Pada umumnya terdapat kekurangan pengetahuan tentang manfaat tanaman hijau menegak selain rayuan estetikanya. Menurut Badruzaman(2011), hasil dari analisis 21 artikel, faedah penghijauan pada bangunan tinggi boleh dibahagikan kepada tiga kategori iaitu estetika, persekitaran dan ekonomi (Jadual 1)

Jadual 1: Faedah-faedah tumbuhan dalam bangunan bertingkat tinggi

Kategori	Faedah
Estetik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penghijauan garis langit sebagai langkah penjenamaan bandar</li> <li>• Melegakan pandangan dari bentuk bangunan urban</li> <li>• Meningkatkan nilai seni bina dan ikonik</li> <li>• Menapis dan memfokuskan pandangan</li> <li>• Meningkatkan kualiti ruang awam</li> </ul>
Persekitaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengurangkan kesan pulau haba dan mengawal iklim mikro</li> <li>• Meningkatkan kualiti udara melalui penyerapan pencemaran dan mengurangkan kesan rumah hijau melalui penyerapan CO<sub>2</sub></li> <li>• Meningkatkan pengekalan air hujan 'rain water run off retention'</li> <li>• Kesan terapeutik lanskap dan tumbuhan</li> </ul>
Ekonomi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengurangkan beban penyejukan melalui penebat hijau dan teduhan</li> <li>• Meningkatkan kualiti bunyi</li> <li>• Meningkatkan nilai hartanah</li> <li>• Perlindungan fasad dari cuaca</li> </ul>

(Sumber: Badruzaman,2011)



## KAJIAN KES

**School of Art, oleh WOHA, Singapura**

The School of Art adalah Sekolah Tinggi pakar untuk visual dan seni persembahan di Singapura. Ia telah memenangi Presiden Design Award pada 2011, sekolah ini ketara dengan ruang yang bercantum tetapi terpisah secara fungsi privasi dan awam. Ruang Awam terdiri daripada dewan konsert, drama dan 'black box theater'. Ruang privasi terdiri daripada kelas dan ruang aktiviti pelajar. Ruang-ruang tersebut telah direka bentuk untuk mengalirkan angin sebagai pengudaraan semulajadi dalam bangunan. Secara visualnya, bangunan ini ketara dengan dinding hijau tidak terus yang mengurangkan silauan, haba dan habuk dari masuk ke ruang dalaman.



Fasad hijau tidak terus mengurangkan silauan, dan memberi kesan pendinginan kepada bangunan

(Sumber: <https://www.archdaily.com/217481/school-of-the-arts-woha/5005f7e828ba0d077900264c-school-of-the-arts-woha-photo/>, Mac 2018)



Pokok memberi keselesaan dan mengurangkan suhu dalaman bangunan menerusi transpirasi dan teduhan. Teduhan pokok juga mengurangkan penggunaan jumlah tenaga elektrik

(Pandit, 2010)

(Sumber: <https://www.archdaily.com/217481/school-of-the-arts-woha/5005f7e828ba0d077900264c-school-of-the-arts-woha-photo/>, Mac 2018)

## Vertical Forest oleh Stefano Boeri, Milan Italy

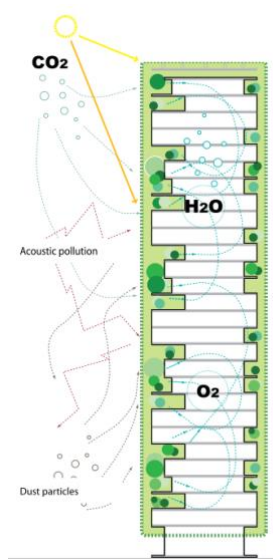


Vertical Forest di reka bentuk oleh Boeri Studio. Ia adalah model untuk reka bentuk bangunan menara kediaman yang lestari dengan persijilan LEED emas, satu projek tanam semula pokok untuk menyumbang kepada alam sekitar dan biodiversiti tanpa mengganggu gugat pembesaran bandar. Ia adalah satu model tanaman tumbuhan secara menegak yang beroperasi dalam ruang lingkup polisi perbandaran.

Bangunan ini mempunyai 2 menara kediaman masing-masing dengan ketinggian 110m dan 76m dibina di bandar Milan, Itali. Ia menempatkan 800 pokok yang berukuran 3,6,9 meter, 4500 pokok renek dan 15000 pokok bunga yang bertempat yang berkadar langsung dengan talaan matahari ke arah fasad. Sistem tumbuhan ini memberi manfaat kepada iklim mikro bangunan seperti penyerapan habuk, pengurangan bahan cemar di udara, penghasilan BVOC (Biogenic Volatile Organic Compound), pengasingan karbon,tebatan haba, meningkatkan kelembapan melalui evotranspirasi. (Giacomello, E. 2015)

Vertical Forest, Milah  
(Sumber: Kristen Bucher)

Di tanah datar, setiap Vertical Forest mempunyai jumlah pokok yang menyamai 20,000m<sup>2</sup> pokok di hutan. Struktur bangunan ini adalah dari konkrit, tiangnya dari konkrit yang diperkukuhkan dan lantainya adalah dari 'post-tensioned reinforced concrete'



Pokok yang ditanam dalah dari jenis tumbuhan berpasu. Yang terdiri dari pokok berbatang dan pokok renek. Setiap pasu mempunyai sistem irigasi automatik. Tumbuhan ditanam di 3.3 meter lantai julur yang dilindungi membran kalis air jenis bitumen serta perlindungan dari tembusan akar. Pasu pokok mempunyai ukuran 1.10m lebar x 1.10m panjang. Manakala pasu pokok renek berukuran 0.5m lebar x 0.5m panjang  
(Sumber: Stefano Boeri Achitectetti)

Gambaran konsep Vertical Forest  
(Sumber: Stefano Boeri Achitectetti)

## RUJUKAN

- [1] Badrulzaman, J., Said, I. & Rasidi, M.H. 2011. Evaluating the impact of vertical greenery system on cooling effect in a high rise building and surroundings : A Review. *The 12th International Conference on Sustainable Environment and Architecture (SENVAR)(1998)*: 1–9.
- [2] Giacomello, E. 2015. Bosco Verticale, Milan: A New Urban Forest Rises in Milan. *CTBUH Journal*, (1), 12-18.
- [3] Hunter, A.M., Williams, N.S.G., Rayner, J.P., Aye, L., Hes, D. & Livesley, S.J. 2014. Quantifying the thermal performance of green façades: A critical review. *Ecological Engineering* 63: 102-113.
- [4] Ong, B.L. 2003. Ong - 2002 - Green Plot Ratio An ecological measure for architecture and urban planning 63: 197–211.
- [5] Pandit, R. & Laband, D.N. 2010. Energy savings from tree shade. *Ecological Economics* 69: 1324-1329
- [6] Peck, Steven W., Chris Callaghan, Monica E. Kuhn, and Brad Bass. Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada. CMHC. 1999.
- [7] Peper, P.J., McPherson, E.G., 1998. Comparison of five methods for estimating leaf area index of open-grown deciduous trees. *J. Arboriculture* 24 (2), 98–111.
- [8] Pérez, G., Coma, J., Martorell, I. & Cabeza, L.F. 2014. Vertical Greenery System (VGS) for energy saving in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39: 139-165.
- [9] Perini, K., Ottel , M., Fraaij, A.L.A., Haas, E.M. & Raiteri, R. 2011b. Vertical greening systems and the effect on the air flow and temperature on the building envelope. *Building and Environment* 46(11): 2287-2294
- [10] Rakhshandehroo, M., Mohd Yusof, M.J. & Arabi, R. 2015. Living Wall (Vertical Greening): Benefits and Threats. *Applied Mechanics and Materials* 747(March): 16–19.
- [11] Sulaiman M.K.A.M, 2016. Cooling Effect Performance of Indirect Green Façade on Building in Tropical Climate of Malaysia.