

# **KESTABILAN MIKROIKLIM MENERUSI APLIKASI BUMBUNG HIJAU : PENELITIAN DI PLOT EKSPERIMEN BANGI**

Shaharuddin Ahmad  
Noorazuan Md. Hashim  
Yaakob Mohd Jani

Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan & Persekitaran  
Fakulti Sains Sosial & Kemanusiaan  
UKM Bangi

## **Abstrak**

Kawasan bandar biasanya didominasi oleh kawasan yang berturap seperti lapisan asphalt serta tar. Kawasan tepubina seperti bangunan mempunyai lapisan konkrit yang mempunyai kapasiti menyerap haba dan menghasilkan tompok panas yang membawa ketidakselesaan terma kepada penghuni serta penambahan tenaga untuk penyejukan dalam bangunan. Melalui satu tema penyelidikan mengenai bumbung hijau atau *ecorooft*, pihak kami telah mengusahakan satu tapak eksperimen di Kampus Bangi bagi mengenalpasti keupayaan bumbung hijau dalam memberikan perkhidmatan ekosistem seperti penyederhanaan suhu ambien, pengurangan puncak luahan serta keupayaan menambahkan kualiti landsap sekitar. Kajian awal mendapati takat ambang hujan kurang daripada 5 mm/jam telah berupaya dipintas oleh bumbung hijau daripada membentuk komponen larian permukaan. Selain itu, pengurangan suhu ambien boleh mencecah sehingga 4 darjah Celcius, terutamanya semasa tempoh bahangan maksimum. Penggunaan peralatan Infrared Thermometer juga membuktikan bahawa suhu permukaan antara lapisan konkrit dan padang hijau dirian palma matang (di permukaan tanah) mempunyai darjah perbezaan yang lebih ketara (berbanding bumbung hijau), iaitu sehingga 14 darjah Celcius. Kertaskerja ini juga mengukur keupayaan bumbung hijau sebagai alternatif penyelesaian isu air ribut bandar (urban stormwater) di samping memperihalkan kelebihan kawasan hijau untuk kawalan keselesaan terma di kawasan bandar.

---

\* Kertaskerja ini akan dibentangkan dalam Seminar Kebangsaan Geografi 2007, anjuran Jabatan Geografi, Universiti Perguruan Sultan Idris, Tg Malim Perak pada 8 & 9 September 2007.

## **PENDAHULUAN**

Isu signifikan yang sering diperdebatkan berkaitan ekosistem bandar adalah mengenai aspek permukaan tepu bina bandar. Penelitian terhadap aspek tepu bina ini telah banyak dipertanyakan sama ada daripada disiplin sains, kejuruteraan awam atau bangunan mahupun kemanusiaan yang berkaitan (Giridharan et al. 2007; Takebayashi et al. 2007; Jusuf et al. 2007; Oke 1998; Eliasson 1996). Namun isu kesan tepu bina terhadap iklim mikro bandar dan keadaan hidrologi bandar agak terkehadapan, sehinggakan ujud penyelidikan yang mengukur hubungan tepu bina dengan kehadiran fenomena pulau haba di kawasan bandar (Strecker & Liptan 2003; Dousset et al 2004).

Memandangkan perhatian yang serius diberikan oleh para penyelidik berteraskan pelbagai disiplin, pihak kami dari Kumpulan Penyelidik Iklim Bandar, Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran UKM Bangi telahpun memulakan penyelidikan asas berkaitan dengan impak tepu bina kepada persekitaran fizikal dan juga manusia. Bermula pada awal tahun 2006, pihak kami telah membangunkan satu plot kajian untuk memerhati dan mengukur perubahan mikroiklim di antara dua permukaan bandar yang berbeza, iaitu bumbung konkrit dan bumbung hijau, iaitu merujuk kepada bumbung buatan daripada litupan vegetasi peringkat rendah. Tujuan kajian ini adalah untuk mengenalpasti keupayaan bumbung hijau di dalam mengawal suhu ambien (persekitaran) khususnya pada masa puncak keterikan serta menilai kemampuannya sebagai tapak kawalan air ribut semasa peristiwa hujan lebat.

### **BUMBUNG HIJAU : DARI PERSPEKTIF MIKROIKLIM BANDAR**

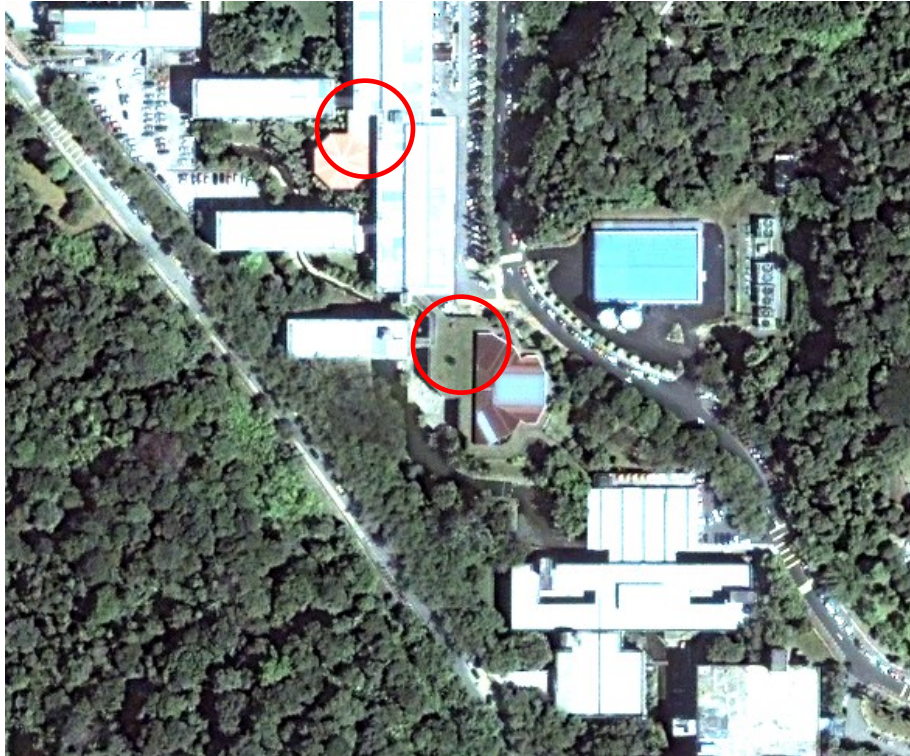
Bumbung hijau atau bumbung bervegetasi hijau dirujuk sebagai eko-bumbung adalah alternatif kepada bumbung konkrit atau tepu bina yang menghalang proses infiltrasi dan juga sejatpeluhan (Velazquez 2002). Penggunaan bumbung hijau dianggap bukan sahaja bermanfaat untuk aspek persekitaran malahan ia berkemampuan untuk menambahkan lagi ruang kegunaan kediaman. Ia juga mampu mengurangkan atau menjimatkan kos

penyaman udara tahunan. Anggaran penjimatan ini pernah dikaji di Amerika Syarikat (Lawrence Berkeley National Laboratory) iaitu penjimatan kira-kira US 35 juta di bandaraya Los Angeles, US 16 juta di New York dan US 10 juta di Chicago. Selain itu, kawasan yang telah menjadi kawasan tepu bina dan terbatas untuk mengwujudkan kawasan bertanaman atau kawasan hijau, kaedah bumbung hijau adalah teknik yang amat sesuai diaplikasikan. Pembinaan kawasan hijau di bumbung rumah mampu mengawal permukaan atap daripada terkena bahangan solar. Apabila keadaan ini berlaku maka pembebasan bahangan solar bergelombang panjang di waktu malam dapat dikurangkan, justeru mampu mengurangkan kesan pulau haba bandar (Brad 2002).

Pada kebiasaannya, bumbung hijau mengandungi satu ketebalan lapisan tanah serta litupan vegetasi tahap rendah di atas material bumbung. Secara tipikal, struktur kompleks bumbung hijau mempunyai membran tapisan, lapisan saliran, vegetasi terpilih, panel sokongan dan insulasi termal (Strecker & Liptan 2003). Menurut Douglas (2005), bumbung hijau mampu meningkatkan jangka hayat sistem bumbung serta mempertingkatkan kawalan larian air permukaan. Di samping itu, bumbung hijau juga boleh meningkatkan dengan signifikan persekitaran terma di sekitar bumbung dan ini bukan sahaja memberi manfaat kepada bangunan tetapi juga bagi kawasan sekitarnya. Kajian yang telah dijalankan di Singapura (Hien 2006), sebagai contoh mendapati sistem bumbung hijau boleh mengurangkan suhu ambien di persekitaran bumbung sehingga 3° C. Selain itu, menambahkan litupan vegetasi boleh menyebabkanimbangan air menjadi lebih bersifat semulajadi.

### **PLOT KAJIAN BANGI : PENENTUAN KAEDAH**

Dua tapak kajian telah dikenalpasti bagi membentuk plot kajian ini di kampus UKM Bangi. Kedua-dua tapak terletak di Bangunan Utama Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, iaitu di mana tapak pertama merupakan plot tapak bumbung konkrit manakala tapak kedua adalah plot tapak bumbung hijau (Rajah 1).



Rajah 1. Kedudukan kedua-dua plot kajian di kampus UKM Bangi

Sebuah alat Thermometer yang diletakkan di dalam Stevenson Screen ditempatkan di bumbung konkrit untuk merakam suhu mengikut jam manakala sebuah stesen bolehubah automatik (tenaga suria) iaitu Portable Meteorological Automatic Weather Station (MAWS) diletakkan di bumbung hijau. Kedua-dua stesen ini mula beroperasi sejak 20 Mac 2006 hingga kini (Rajah 2). Kedua-duanya diselenggara dan data dimuat-turun pada setiap hari Khamis. Kedua-dua lokasi adalah berhampiran antara satu sama lain iaitu lebih kurang 30 meter pada paras ketinggian yang sama. Untuk kemudahan menganalisis, data mentah dipecahkan kepada dua kumpulan keadaan iaitu masa hujan dan masa tiada hujan. Semasa hujan di plot hijau, beberapa outlet buatan dibina sepanjang laluan saliran untuk mengukur jumlah larian berkenaan.



Rajah 2. Dua tapak kajian yang dipilih, iaitu tapak bumbung konkrit dan tapak bumbung hijau.

Data tanah dan vegetasi bagi kawasan hijau dikaji berdasarkan 18 poin sampel yang dipilih secara rawak di bumbung berkenaan. Profil tanah diambil antara 12 hingga 15 mm kedalaman dari permukaan. Setiap sampel disimpan dalam bekas kedap udara dan dibawa ke makmal untuk dianalisis. Bagi tujuan analisis pengenalpastian vegetasi, satu kawasan kuadrat 0.5 m<sup>2</sup> telah dipilih.

Selain itu, perbandingan suhu antara suhu ambien dengan suhu permukaan turut dilakukan. Bagi mencapai matlamat ini tarikh 3hb Oktober – 6hb Oktober 2006 telah dipilih kerana keempat-empat hari ini adalah dalam keadaan tanpa hujan. Suhu permukaan dicerap di kedua-dua permukaan bumbung konkrit dan permukaan padang hijau yang mempunyai dirian Palma Raja matang (*Roystonea regia*). Suhu permukaan direkod oleh peranti Infrared Thermometer.

## HASIL KAJIAN

Analisis vegetasi telah mengenalpasti 16 jenis spesies tumbuhan di plot bumbung hijau. Jenis tumbuhan yang paling dominan adalah dari spesies *Axonopus compressus* (Broadleaf carpet grass) atau Rumput sundal dan *Desmodium triflorum* (Three flower tick trefoil/Rumput barek sisek putih). Purata ketinggian rumput berkenaan adalah antara 3 hingga 5 cm. Berdasarkan kepada maklumat Jabatan Pembangunan UKM, semenjak tahun 1976 dua spesies berkenaan telah digunakan untuk menghijaukan kawasan

berkekaan. Namun kemungkinan sebaran daripada angin dan fauna, ujudnya penjenisan rumput yang pelbagai di plot berkekaan : Antara yang telah dikenalpasti adalah seperti berikut;

1. *Asystasia intrusa*
2. *Axonopus compressus* (Broadleaf carpet grass)
3. *Borreria alata* (Winged false button weed)
4. *Brachiara eruciformis* (Sweet signal grass)
5. *Cyrtandromoea grandis* (Setawar)
6. *Desmodium triflorum* (three flower ticktrefoil/Rumput barek sisek putih)
7. *Digitaria longifolia* (Indian crabgrass)
8. *Eleusine indica* (L) Gaertn (Goose grass/wire grass/rumput sambau)
9. *Emilia sonchifolia* (Lillac tassel flower)
10. *Geophilia repen* (Corrida yerba de guava)
11. *Laguminosoe desmodium*
12. *Lindernia crustacean* (Malaysian false pimperial)
13. *Mimosa pudica* (Semalu)
14. *Paspacim conjugatum*
15. *Staurogyne setigera*
16. *Typhonium trilobatum*

Pelbagai jenis rumput terdapat di kawasan bumbung tapak eksperimen ini memungkinkan memberi nilai indeks kawasan daun atau LAI (leaf area index) yang berbeza-beza. Dengan itu, kawasan yang mempunyai kadar LAI yang tinggi boleh menyebabkan berkurangnya suhu ambien di kawasan bumbung hijau. Sebaliknya, kawasan yang mempunyai kadar LAI yang rendah masih mampu mengurangkan suhu ambien tetapi relatifnya pada kadar yang agak kecil.

Kajian tanah berdasarkan 18 sampel telah mendapati profilnya adalah seragam. Profil lapisan horizon A adalah sangat matang dengan kandungan organo-mineral yang tinggi. Kebanyakan sampel telah membentuk 3 profil : A<sub>00</sub>, (organik segar), A<sub>0</sub> (bahan organik yang terurai) dan A<sub>1</sub> (lapisan mineral bersama humus). Jadual 2 menunjukkan hubungkait antara jenis spesies rerumput dengan poin sampel yang dipilih di plot berkenaan.

Jadual 2. Hubungkait jenis spesies rerumput dengan poin sampel

Spesies rerumput	Poin sampel																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Asystasia intrusa</i>																	/	
<i>Axonopus compressus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Borreria alata</i>		/								/								
<i>Brachiara eruciformis</i>	/	/								/								
<i>Cyrtandromoea grandis</i>							/											
<i>Desmodium triflorum</i>	/		/		/	/	/	/	/	/			/	/		/		/
<i>Digitaria longifolia</i>				/							/							
<i>Eleusine indica</i>					/	/	/							/				/
<i>Emilia sonchifolia</i> (Lillac tassel flower)			/								/							
<i>Geophila repen</i>			/										/					
<i>Laguminosoe desmodium</i>															/			
<i>Lindernia crustacean</i>				/						/					/			
<i>Mimosa pudica</i>							/	/										
<i>Paspacim conjugatum</i>																	/	
<i>Staurogyne setigera</i>		/										/	/					
<i>Typhonium trilobatum</i>		/										/						

(Sumber: Kerja lapangan 2006)

Secara umum, purata suhu di kawasan kajian adalah lebih kurang 27.5°C dengan nilai suhu terendah pada awal dan penghujung tahun (Jadual 3). Jumlah hujan tahunan adalah melebihi 2,000 mm dan bulan-bulan perantaraan monsun membawa lebih banyak hujan berbanding dengan bulan biasa. Hubungan jelas antara sinaran dengan sejatan tidak menunjukkan kaitan yang rapat sepanjang tahun. Purata sejatan adalah dalam lingkungan 3.0 mm, manakala sinaran matahari mengalami turun naik 5-7 jam/hari. Walau bagaimanapun, keadaan kelembapan bandingan di tapak kajian adalah sangat tinggi iaitu 90 peratus keadaan ini boleh memberi kesan ketara ke atas bacaan suhu ambien. Keadaan angin permukaan menunjukkan kawasan ini tidak pernah menerima kelajuan angin tinggi sepanjang tahun.

Jadual 3. Parameter iklim di kawasan kajian (1979-2002)

Bulan	Suhu (°C)	Hujan (mm)	Sejatan (mm)	Kelembapan bandingan (%)	Sinaran (jam)	Kelajuan angin (knot)
J	26.9	114.1	3.5	85.0	5.8	1.7
F	27.5	149.1	3.8	85.1	6.4	1.5
M	27.9	181.3	3.3	85.3	6.4	1.5
A	27.9	231.5	3.1	87.8	6.4	1.4
M	28.0	171.0	3.0	86.9	6.9	1.6
J	27.8	100.6	3.4	87.1	7.1	1.6
J	27.5	130.1	3.4	86.0	6.7	1.5
A	27.4	120.8	3.5	85.6	6.4	1.6
S	27.3	175.4	3.3	87.0	5.5	1.5
O	27.4	255.4	3.0	86.5	5.6	1.6
N	27.3	252.7	2.6	88.0	5.2	1.4
D	26.8	186.6	2.9	86.6	5.0	1.4
Purata	27.5	172.4	3.2	86.4	6.1	1.5

(Sumber: Makmal Kajiklim, 2006)

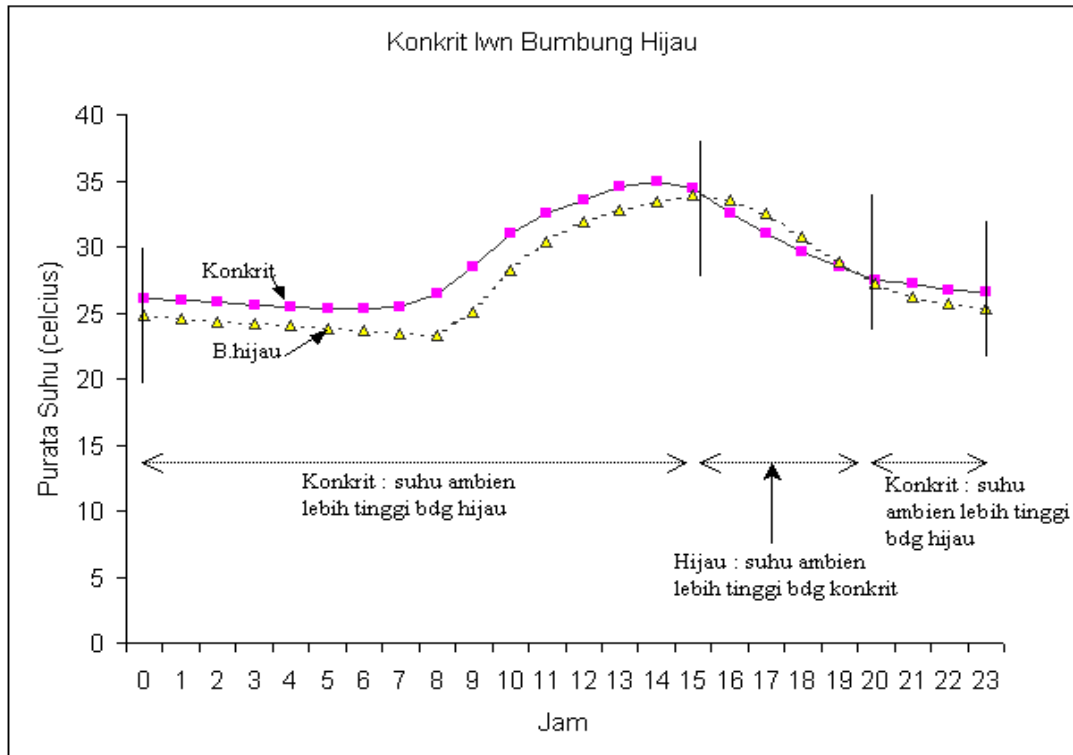
Suhu ambien yang diukur di kedua-dua plot (bulan Februari hingga Mac 2006) menunjukkan perbezaan nilai sebanyak 1.3°C, iaitu 28.8° C bagi bumbung konkrit dan 27.5°C bagi bumbung hijau. Berdasarkan kepada perubahan harian (Jadual 4), bumbung konkrit sentiasa mengalami suhu tinggi berbanding dengan bumbung hijau terutamanya pada waktu pagi. Namun, di sebelah petang hingga awal malam, bumbung hijau mengalami lebih haba (thermal insulation) yang menyebabkan suhu ambien lebih

tinggi berbanding dengan suhu di struktur konkrit (Rajah 3). Lazimnya, permukaan konkrit berwarna kelabu atau keputihan mempunyai nilai pemalangan bahangan solar yang lebih tinggi berbanding dengan permukaan tanaman (lebih gelap). Keadaan ini turut menyumbang kepada perbezaan suhu yang jelas antara permukaan konkrit dengan bumbung hijau di waktu petang dan awal malam. Perbezaan taburan suhu antara kedua-dua jenis permukaan ini pernah dikaji oleh Tokebayashi et al (2007) di Kobe University, Jepun.

Jadual 4: Perbezaan suhu ambien antara bumbung konkrit dan hijau

Hari hujan				Hari tiada hujan			
Masa	Konkrit	Hijau	Beza suhu.	Masa	Konkrit	Hijau	Beza suhu.
0	25.94	24.63	1.31	0	26.3	25.0	1.3
1	25.63	24.33	1.29	1	26.3	24.8	1.5
2	25.56	24.12	1.44	2	26.0	24.6	1.4
3	25.31	23.88	1.44	3	25.8	24.4	1.3
4	25.25	23.63	1.62	4	25.8	24.4	1.4
5	25.25	23.46	1.79	5	25.5	24.1	1.4
6	25.06	23.34	1.73	6	25.5	23.9	1.6
7	25.31	23.16	2.16	7	25.6	23.6	2.0
8	26.44	23.16	3.28	8	26.5	23.5	3.0
9	28.31	24.90	3.41	9	28.6	25.2	3.4
10	30.69	27.73	2.96	10	31.3	28.8	2.5
11	32.19	30.10	2.09	11	32.8	30.6	2.1
12	33.38	31.89	1.49	12	33.6	31.9	1.7
13	34.19	32.88	1.31	13	34.9	32.7	2.2
14	34.75	33.32	1.43	14	35.3	33.4	1.8
15	33.69	33.65	0.03	15	35.3	34.1	1.2
16	31.25	33.01	-1.76	16	33.8	34.0	-0.3
17	29.63	31.38	-1.76	17	32.4	33.6	-1.2
18	28.31	29.25	-0.93	18	31.0	32.2	-1.2
19	27.13	27.47	-0.35	19	29.8	30.2	-0.5
20	26.13	25.72	0.40	20	28.9	28.7	0.2
21	25.81	24.72	1.09	21	28.6	27.6	1.0
22	25.75	24.25	1.50	22	27.8	27.1	0.7
23	25.63	24.17	1.45	23	27.5	26.4	1.1

(Sumber: Kerjalapangan 2006)



Rajah 3. Perubahan harian suhu ambien antara kedua-dua tapak kajian

Bagi membuktikan lagi pola suhu di kawasan permukaan yang dikaji, alat Infrared Thermometer telah digunakan dan hasilnya diberikan pada Jadual 5. Selain itu, teknik ini juga bertujuan membandingkan keupayaan sebenar litupan vegetasi di permukaan bumi yang sudah pasti lebih efisien dalam penyejukan suhu permukaan sekiranya dibandingkan dengan bumbung hijau. Hasil kajian mendapati wujudnya perbezaan suhu permukaan yang sangat ketara, terutamanya pada waktu tengah hari. Pada waktu tengah hari didapati kadar proses sejatpeluhan adalah tinggi di kawasan bumbung hijau dan dengan itu lebih banyak tenaga haba pendam digunakan berbanding dengan permukaan konkrit yang secara keseluruhannya menyimpan fluks haba rasa dan dengan itu meningkatkan suhu ambien.

Jadual 5. Perbandingan suhu permukaan dengan menggunakan Infrared Thermometer

Waktu	Bumbung konkrit (Celcius)					Padang rumput dirian palma matang (Celcius)				
	3/10/06	4/10/06	5/10/06	6/10/06	Purata	3/10/06	4/10/06	5/10/06	6/10/06	Purata
0830	25.33	28.42	26.76	26.87	<b>26.85</b>	24.18	26.23	24.55	24.35	<b>24.83</b>
0930	25.87	-	28.27	27.79	<b>27.31</b>	25.16	-	25.70	25.31	<b>25.39</b>
1030	34.60	34.88	38.07	32.82	<b>35.09</b>	26.59	28.60	27.50	27.10	<b>27.45</b>
1130	36.94	38.50	38.35	33.13	<b>36.73</b>	28.20	30.55	27.35	28.55	<b>28.66</b>
1230	41.30	40.60	38.53	34.56	<b>38.75</b>	32.10	28.81	27.90	28.46	<b>29.32</b>
1330	44.44	41.30	38.30	-	<b>41.35</b>	30.12	29.83	29.33	-	<b>29.76</b>
1430	40.68	30.80	38.53	38.03	<b>37.01</b>	30.80	28.54	28.51	29.61	<b>29.37</b>
1530	44.60	34.73	37.86	37.63	<b>38.71</b>	30.20	28.08	28.18	28.92	<b>28.85</b>
1630	39.30	33.48	37.18	-	<b>36.65</b>	29.90	27.61	29.35	-	<b>28.95</b>

(Sumber: Kerja lapangan 2006)

Hasil penelitian terhadap air larian di permukaan bumbung hijau mendapati ia berkemampuan sebagai 'kolam penahan air sementara' untuk menghalang intensiti hujan sehingga 10 mm. Dengan mengambilkira keluasan bumbung iaitu 645 m<sup>2</sup>, anggaran air larian yang dapat ditampung adalah lebih kurang 52 632 meter padu atau 7.31 meter padu per saat. Proses infiltrasi di bumbung berkenaan telah mengurangkan isipadu air hujan yang berubah menjadi air larian permukaan.

### **PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN**

Sistem bumbung hijau didapati berjaya mengurangkan perubahan harian suhu sekitaran. Pengurangan kesan perubahan ini boleh meningkatkan jangka hayat penggunaan bumbung serta mengurangkan kos pemuliharaan. Selain itu, sistem bumbung hijau ini juga berkeupayaan meningkatkan sekitaran terma bumbung bangunan dan seterusnya memberikan persekitaran yang kondusif kepada manusia. Keadaan suhu melampau di bumbung konkrit pula sama ada yang diukur dengan alat Thermometer mahupun Infrared Thermometer jelas menunjukkan impak negatif yang besar dan ini berkemungkinan akan meningkatkan penggunaan tenaga untuk penyejukan dalam bangunan serta ketidakselesaan manusia akibat peningkatan suhu. Peningkatan suhu pada awal petang di bumbung hijau boleh dikaitkan dengan perendahan proses sejatpeluhan di samping pelepasan haba pendam oleh permukaan tersebut.

Secara umumnya, tiada perbezaan ketara dalam suhu permukaan antara masa hujan dengan tiada hujan. Walau bagaimanapun, wujud kelebihan daripada aspek kawalan air larian di bumbung hijau dengan memperlahankan serta mengurangkan komposisi hujan yang ditukar bentuknya kepada air larian permukaan. Bumbung hijau dilihat berpotensi untuk dijadikan alternatif kepada bumbung bangunan hari ini memandangkan ianya bukan sahaja menambahkan ruang kepelbagaian penggunaan, malahan menambahkan seri lanskap bangunan di samping faedah ekonomi dan alam sekitar. Diharapkan juga kajian masa akan datang melibatkan juga fungsi bumbung hijau dalam menyediakan tapak penuaian air hujan sebagai sumber alternatif bekalan air di kawasan bandar.

Peningkatan penggunaan sistem bumbung hijau secara eksklusif di dalam bandar mampu mengurangkan suhu ambien dan dengan itu secara relatifnya boleh mengurangkan pembentukan pulau haba bandar. Sekiranya, kaedah ini diterap dengan meluas, keadaan ketidakselesaan warga kota dapat diminimakan, masalah pencemaran udara juga boleh dikurangkan dan menambahkan kadar pembebasan oksigen serta mengurangkan kadar karbon dioksida di persekitaran bandar.

## RUJUKAN

- Brad, B. 2002. Mitigating the urban heat island with green roof infrastructure. In Urban heat island summit- mitigation and adaptation to extreme summer heat. Toronto. May 1-4, 2002.
- Douglas, B, Joseph B, & Shanon W. 2005. Green Roof Hydrology. 2005 AWRA Annual Conference Seattle, Washington
- Doussef, B. and Gourmelon, F. 2004. Satellite multi sensor data analysis of urban surface temperatures and land covers. Journal of photogrammetry and remote sensing. Vol 58. 43-54.
- Eliason, I. 1996. Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use. Atmospheric Environment. Vol 30.: 379-392.
- Ferguson, B. 1998. Introduction to stormwater. Concept, purpose and design. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Giridharan, R. Lau, S.S.Y., Ganeson, S. and Givoni, B. 2007. Urban design factors influencing heat island intensity in high rise environment of Hong Kong. Building and Environment. Vol 42 (10): 3669-3684.
- Hien, W.N. and Yu, C. 2006. A comparison of two rooftop systems in the tropical climate. Second INTN Conference. Jogjakarta: 3-5 April 2006.
- Jusuf, S.K., Wong, N.H., Hagen, E., Anggoro, K. and Hong, Y. 2007. The influence of land use on the urban heat island in Singapore. Habitat International, Vol 31 (2): 232-242.
- Lawrence Berkeley National Laboratory (<http://eetd.lbl.gov/heatisland>)
- Oke, T. 1988. The urban energy balance. Progress in Physical Geography. 12 451-508.

- Takebayashi, H and Moriyama, M. 2007. Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. *Building and Environment*. Vol 42(8): 2971-2979.
- Saunders, W.K. and Maidment, D.R. 1996. A GIS assessment of nonpoint source pollution in the San Antonio-Nueces Coastal Basin. CRWR Online report 96-1. Bureau of Engineering research. Austin, Texas.
- Strecker, E. and Liptan T., 2003. Ecoroofs (greenroof).– A More sustainable infrastructure: National Conference on Urban Stormwater: Enhancing Programs at the Local Level. February, 2003.
- Velazquez, L.S.2002. Exploring the ecology of green roof architecture. Online:[[www.greenroofs.com](http://www.greenroofs.com)].