

## PENGARUH BAYANGAN BANGUNAN DAN VEGETASI PADA SUHU UDARA DI KAMPUS A, UNIVERSITAS TRISAKTI

Agus Budi Purnomo

Pusat Studi Perkotaan Universitas Trisakti

[Agusbudi@dnet.net.id](mailto:Agusbudi@dnet.net.id)

### ABSTRAK

Suhu udara dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti vegetasi dan karakteristik permukaan bumi. Tujuan penelitian ini ialah untuk memahami pengaruh pola bayangan vegetasi dan bangunan pada suhu udara ruang luar.

*Setting* penelitian ialah Kampus A Universitas Trisakti di Grogol, Jakarta. Data suhu udara yang diukur pada 100 titik acak dalam kampus adalah hasil studi penulis pada tahun 2002. Pola bayangan vegetasi dan bangunan disimulasikan menggunakan komputer.

Dalam penelitian ini akan dilihat apakah suhu yang telah diukur dipengaruhi secara signifikan oleh pola bayangan vegetasi dan bangunan. Dari penelitian bisa diketahui bahwa ada pengaruh yang signifikan bayangan pohon dan bangunan kepada suhu udara.

**Kata kunci:** Suhu, bayangan pohon, bayangan vegetasi.

### ABSTRACT

*Air temperature is influenced by several variables such as vegetation and land surface type. The purpose of our study is to understand the relationship between air temperature and the pattern of building and vegetation shade in an outdoor space. The research setting is the Campus A of Trisakti University at Grogol, Jakarta, Indonesia.*

*The shade pattern is derived by using computer simulation. The air temperature data is taken from my past study in the same setting. In this paper I would like to see whether the air temperature measured at 100 random points in the campus has any significant influence to the temporal solar shade pattern on the same setting. From the research it is known that there is a significant influence of building shadows that falls on the point of measurement with the air temperature measured on the same point.*

**Keywords:** Temperature, building-shade, vegetation-shade.

### PENDAHULUAN

Dalam mengubah sebuah *setting* arsitek harus memperhatikan dampak rancangannya kepada iklim mikro. Dengan demikian seorang arsitek mempunyai kewajiban untuk melengkapi pengetahuan tentang hal-hal yang mempengaruhi iklim mikro sebuah *setting*.

Penelitian tentang hubungan antara iklim mikro dengan karakteristik lingkungan terbangun telah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti. Menurut Watkins (1999) penelitian-penelitian tersebut dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Penelitian yang melihat dampak dari model *setting* fisik kepada iklim mikro (Yau, 2003; Hagishima et al, 2003; Emmanuel, 2002).
2. Penelitian eksploratif yang menggunakan *setting* nyata (Agus, 2002).

Modeling iklim mikro biasanya dilakukan secara numerik (Hagishima et al, 2003). Walaupun secara akurat bisa menghilangkan dampak dari variabel-variabel antara, penelitian jenis pertama sering menggunakan asumsi-asumsi tertentu tentang hubungan antara berbagai variabel *setting* dan iklim mikro. Oleh karena itu hasil penelitian jenis pertama sangat tergantung pada kebenaran asumsi tersebut.

Penelitian pada *setting* nyata sering tidak dapat menetralkan variabel-variabel antara. Walaupun demikian penelitian di *setting* nyata dapat menguji hubungan antara variabel-variabel iklim dengan variabel-variabel *setting* dan akhirnya dapat memperkuat asumsi-asumsi yang dapat digunakan dalam membuat model hubungan antara iklim mikro dengan *setting*. Oleh karena itu kedua jenis penelitian pada dasarnya dapat saling mendukung.

Tulisan singkat ini akan menerangkan penelitian yang mencoba menjelaskan hubungan antara iklim mikro dengan *setting* kota. Penelitian ini pada dasarnya adalah lanjutan dari penelitian yang dilakukan pada tahun 2002 yang bertujuan untuk melihat hubungan antara iklim mikro dengan vegetasi (Agus, 2002). Dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh bayangan kepada iklim mikro, sehingga dapat dianggap juga sebagai pengembangan penelitian tentang bayangan oleh Eka et al (2002).

## HIPOTESA

Sumber panas utama bagi permukaan bumi adalah matahari (Jacobson, 2002). Setelah melewati atmosphere bumi sinar matahari diurai menjadi komponen-komponen antara lain sinar inframerah yang menyebabkan naiknya suhu dipermukaan bumi. Semua bagian *setting* yang menghambat sinar matahari baik dalam bentuk gelombang panjang maupun energi thermal dianggap dapat mengurangi suhu di permukaan bumi. Oleh karena itu dalam penelitian ini dihipotesakan bahwa suhu di suatu lingkungan akan dipengaruhi oleh bayangan yang ditimbulkan oleh bangunan dan vegetasi.

## METODE

Penelitian ini menggunakan hasil pengukuran suhu yang dilakukan oleh Agus (2002). Dalam penelitian Agus diukur tiga jenis suhu (suhu bola,  $t_1$ , suhu bola basah,  $t_2$ , suhu radiasi,  $t_3$ ) di 100 titik yang tersebar secara acak di Kampus A Universitas Trisakti (Gambar 1). Selanjutnya pola bayangan yang terjadi pada bulan Juli 2002 tanggal 20 disimulasikan menggunakan komputer. Kemudian frekuensi alat ukur suhu ditutup oleh bayangan dari jam 8.00–jam 17.00 dihitung. Bila pada jam tertentu alat ukur ditimpa bayangan frekuensi, bayangan alat ukur akan meningkat dengan angka 1.

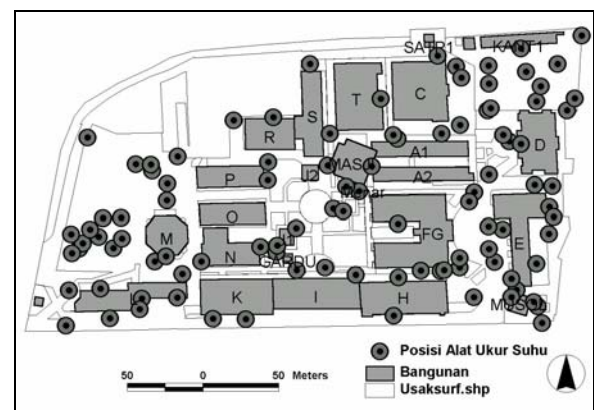
Frekuensi bayangan bangunan meningkat dengan angka 1. Frekuensi bayangan vegetasi meningkat sesuai dengan Kepadatan Daun (*Shade Density*) vegetasi tersebut. Kepadatan daun di Kampus A Universitas Trisakti diperoleh dari studi Agus (2003). Variabel bayangan yang dianalisa dalam penelitian ini adalah:

1. FByBg adalah frekuensi bayangan bangunan. Bila tiap jam alat ukur temperatur ditimpa bayangan bangunan, FByBg bertambah

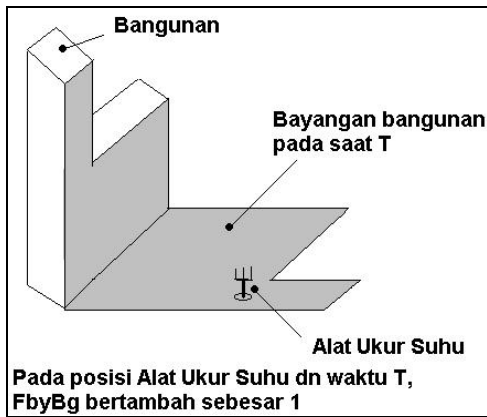
sebesar 1. Sebagai contoh bila alat ukur suhu ditimpa bayangan bangunan pada jam 11.00 dan jam 13.00 maka FByBg alat tersebut sama dengan 2 (Gambar 2).

2. FByPh adalah frekuensi bayangan pohon. Bila pada suatu jam tertentu alat ukur suhu ditimpa bayangan pohon maka FByPh akan bertambah sebesar kepadatan daun pohon tersebut. Sebagai contoh, FByPh sebuah alat ukur = 1,5 karena pada jam 10.00 alat tersebut ditimpa bayangan pohon berdaun lebar (kepadatan daun = 0,83) dan pada jam 14.00 alat yang sama ditutupi oleh bayangan pohon palem (kepadatan daun = 0,67; Gambar 3).
3. FByBgPh adalah frekuensi bayangan bangunan atau pohon yang menimpa suatu alat ukur suhu. Sebagai contoh, FByBgPh sebuah alat ukur suhu adalah 3,67 karena alat itu ditimpa bayangan bangunan pada jam 11.00, 12.00 (FByBgPh = 2) dan bayangan pohon berdaun lebar jam 13.00 (FByBgPh menjadi 2,67) dan pada jam 14.00 dilindungi oleh bayangan pohon berdaun lebar (Kepadatan Daun = 0,83) dan palem (Kepadatan Daun 0,67) sehingga FByBgPh menjadi 3,67. Tambahan frekuensi (FByBgPh) pada jam 14.00 dianggap sama dengan 1 karena jumlah Kepadatan Daun pohon berdaun lebar dengan palem pada alat ukur lebih besar dari 1 (= 1,5; Gambar 4).

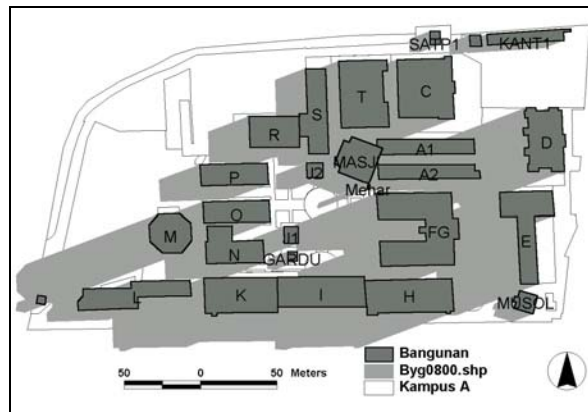
Selanjutnya suhu ( $t_1$ ,  $t_2$  dan  $t_3$ ) dianggap sebagai variabel tak bebas yang dihipotesakan dipengaruhi oleh frekuensi bayangan (FByBg, FByPh, dan FByBgPh). Pembuktian hipotesa itu dilakukan dengan menggunakan analisa regresi berganda metode *step-wise*.



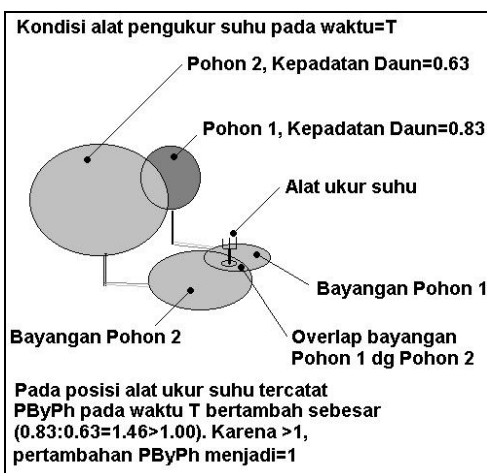
**Gambar 1.** Posisi alat ukur suhu di Kampus A Universitas Trisakti (sumber: Agus 2002).



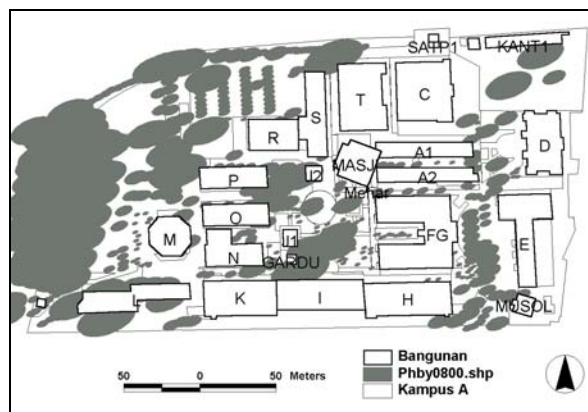
Gambar 2. Cara mengukur variabel FbyBg.



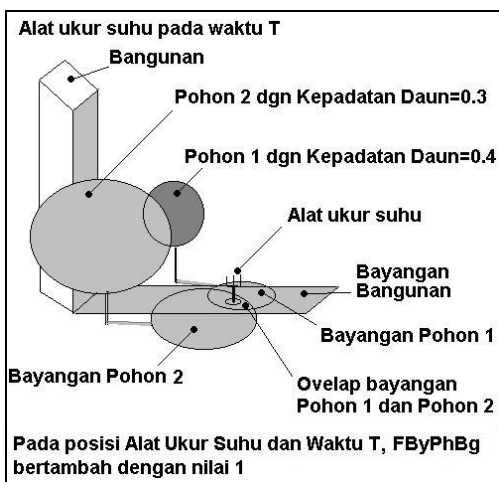
Gambar 5a. Peta bayangan bangunan pada pukul 8.00, 20 Juli, 2002 di Kampus A Universitas Trisakti.



Gambar 3. Cara mengukur variabel FByPh.



Gambar 5b. Peta bayangan pohon pada pukul 8.00, 20 Juli, 2002 di Kampus A Universitas Trisakti.

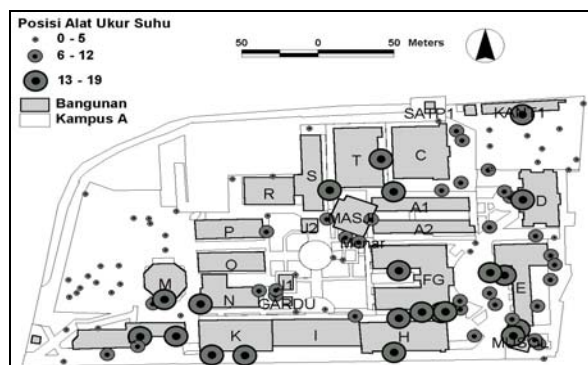


Gambar 4. Cara mengukur variabel FByBgPh.

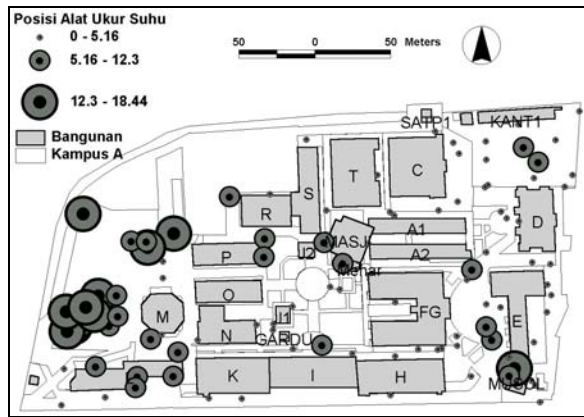
Gambar 5 memperlihatkan contoh hasil simulasi komputer yang memperlihatkan pola bayangan dari waktu ke waktu yang dibentuk dari vegetasi dan bangunan di Kampus A Universitas Trisakti, Grogol, Jakarta.

## HASIL PENELITIAN

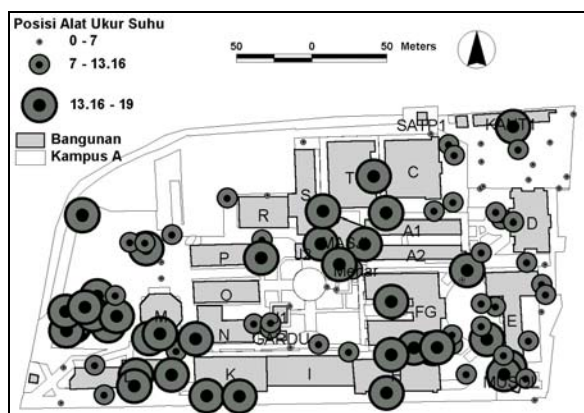
Frekuensi bayangan (FByBg, FByPh, FByBgPh) ke seratus alat ukur suhu dapat dipetakan seperti yang dapat dilihat pada (Gambar 6 hingga Gambar 8).



Gambar 6. Peta FByBg atau frekuensi bayangan bangunan pada tiap alat ukur suhu.



Gambar 7. Peta FbyPh atau frekuensi bayangan pohon pada tiap alat ukur suhu



Gambar 8. Peta FbyBgPh atau frekuensi bayangan bangunan dan pohon

Hasil analisa regresi suhu pagi dan siang untuk ketiga termometer dapat dilihat pada Tabel 1 hingga Tabel 2.

Tabel 1a. Koefisien regresi dari analisa terhadap t1 pagi sebagai variable tak bebas, frekuensi bayangan sebagai variable bebas.

Variable in the equation

| Variable   | Unstandardized Coefficients |            | Standardized Coefficients | t        | Sig.    |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|----------|---------|
|            | B                           | Std. Error | Beta                      |          |         |
| (Constant) | 32.98022                    | 0.23028    |                           | 143.2182 | 1.1E-18 |
| FByBgPh    | -0.06351                    | 0.018976   | -0.32029                  | -3.34697 | 0.00116 |

Variable not in the equation

| Variable | Beta In  | t        | Sig.     | Partial Correlation | Collinearity Statistics Tolerance |
|----------|----------|----------|----------|---------------------|-----------------------------------|
| FByPh    | 0.129868 | 1.18253  | 0.239886 | 0.119212            | 0.756185                          |
| FByBg    | -0.07494 | -0.64604 | 0.519782 | -0.06545            | 0.684629                          |

Tabel 1b. Koefisien regresi dari analisa terhadap t1 siang sebagai variable tak bebas, frekuensi bayangan sebagai variable bebas.

Variable in the equation

| Variable   | Unstandardized Coefficients |            | Standardized Coefficients | t        | Sig.     |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|----------|----------|
|            | B                           | Std. Error | Beta                      |          |          |
| (Constant) | 32.2399                     | 0.187819   |                           | 171.6539 | 1.21E-18 |
| FByBgPh    | -0.04549                    | 0.015511   | -0.28672                  | -2.9324  | 0.004205 |

Variable not in the equation

| Variable | Beta In  | t        | Sig.     | Partial Correlation | Collinearity Statistics Tolerance |
|----------|----------|----------|----------|---------------------|-----------------------------------|
| FByBg    | -0.07922 | -0.67182 | 0.503326 | -0.06876            | 0.691493                          |
| FByPh    | 0.035393 | 0.311901 | 0.755799 | 0.031984            | 0.749508                          |

Tabel 2. Koefisien regresi dari analisa terhadap t2 siang sebagai variable tak bebas, frekuensi bayangan sebagai variable bebas.

Variable in the equation

| Variable   | Unstandardized Coefficients |            | Standardized Coefficients | t        | Sig.     |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|----------|----------|
|            | B                           | Std. Error | Beta                      |          |          |
| (Constant) | 28.61639                    | 0.205277   |                           | 139.4035 | 1.1E-18  |
| FByPh      | -0.05551                    | 0.027939   | -0.19677                  | -1.98676 | 0.049741 |

Variable not in the equation

| Variable | Beta In  | t        | Sig.     | Partial Correlation | Collinearity Statistics Tolerance |
|----------|----------|----------|----------|---------------------|-----------------------------------|
| FByBgPh  | 0.031915 | 0.278898 | 0.780917 | 0.028306            | 0.756185                          |
| FByBg    | 0.033226 | 0.309582 | 0.757543 | 0.031418            | 0.859525                          |

## DISKUSI

Dari hasil analisa diketahui beberapa hal tentang hubungan antara suhu sebagai sebuah komponen iklim mikro dengan bayangan pohon dan bangunan sebagai komponen *setting* buatan manusia. Hasil analisa menunjukkan bahwa:

1. t1 atau suhu ambien baik yang berupa hasil pengukuran pagi dan siang secara negatif dan signifikan dipengaruhi oleh variabel FbyBgPh atau frekuensi bayangan bangunan dan pohon yang jatuh di atas alat pengukur suhu.
2. t2 atau suhu bola basah hasil pengukuran siang yang merupakan indikator pengaruh evapotranspirasi secara negatif dan signifikan dipengaruhi oleh bayangan pohon (FByPh).
3. t2 yang diukur pada pagi hari tak dipengaruhi oleh bayangan.
4. t3 baik yang diukur di pagi dan siang hari tak dipengaruhi oleh bayangan.

Butir pertama hasil analisa di atas menerangkan bahwa suhu ambien (t1) secara signifikan dapat diatasi dengan memberi bayangan oleh pohon ataupun bangunan. Kenyataan ini memperkuat hasil penelitian Jacobson (2002) dan juga mendukung asumsi yang digunakan oleh Emmanuel (2002) dalam usahanya mengurangi beban thermal suatu lingkungan dengan menggunakan vegetasi dan bangunan.

Butir kedua hasil analisa lebih mengkaitkan suhu bola basah (t2) dengan keberadaan pepohonan sebagai komponen *setting* yang menghasilkan proses evapotranspirasi (Clark, 2003). Berhubung kepadatan pepohonan di Kampus A Universitas Trisakti banyak berada di sebelah Barat (Agus, 2003), hanya t2 hasil pengukuran di siang hari yang secara signifikan dipengaruhi oleh frekuensi bayangan pohon (FByPh). Sedangkan t2 pagi tak dipengaruhi oleh bayangan. Dengan demikian, hubungan yang signifikan antara t2 siang dengan frekuensi bayangan pohon bisa dipandang sebagai akibat dari proses evapotranspirasi daripada bayangan pohon.

Butir ke empat hasil analisa menunjukkan tidak ada hubungan yang signifikan antara suhu radian (t3) baik yang diukur siang maupun pagi dengan bayangan pohon atau bangunan. Hal ini dapat dimengerti karena t3 pada dasarnya lebih ditentukan oleh radiasi gelombang panjang yang dipancarkan permukaan pengerasan seperti aspal dan beton (Agus, 2002; Solecki et al, 2003; Parker et al, 2003). Dari studi Agus (2002) terlihat bahwa makin gelap warna pengerasan, makin tinggi t3 yang diukur di sekitar pengerasan tersebut.

## PENUTUP

Pada bagian ini dari hasil penelitian dan diskusi di atas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Suhu ambien (t1) lebih dipengaruhi oleh bayangan pohon dan bangunan daripada suhu bola basah (t2) dan suhu radian (t3).
2. Walau hasil analisa menunjukkan bahwa t2 siang secara signifikan dipengaruhi oleh bayangan pohon, tapi bila letak pohon (XTREE) dimasukkan ke dalam analisa, t2 lebih dipengaruhi oleh XTREE daripada variabel bayangan. Dengan kata lain t2 lebih dipengaruhi oleh keberadaan pohon dan proses evapotranspirasi daripada bayangan.

3. Suhu radian tak dipengaruhi oleh bayangan pohon maupun bangunan.

Berdasarkan kesimpulan di atas, perancangan tapak hendaknya memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pola bayangan akibat perletakan masa bangunan dan pohon karena dapat menurunkan suhu ambien (t1).
2. Penataan vegetasi terutama pohon karena proses evapotranspirasi oleh pohon dapat menurunkan suhu bola basah (t2).
3. Penataan pengerasan berdasarkan albedo yang dimiliki oleh tiap jenis pengerasan sehingga dapat mengurangi pancaran radiasi termal dan menurunkan suhu radian (t3).

Berdasarkan usul-usul tersebut perancangan lahan dapat lebih diarahkan untuk mengendalikan iklim mikro suatu *setting*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada Bapak Professor Ir. Mas Santosa Ph.D di Jurusan Arsitektur ITS yang telah memberi masukan mulai dari draft, hingga dikirim ke Jurnal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus B.P., *Suhu Udara, Vegetasi, dan pola Penggunaan Ruang Luar di Kampus, Studi Kasus: Kampus A Universitas Trisakti dan ISTN*, Proceedings, International Symposium, Building Research and Sustainability of the Built Environment in the Tropics, Jakarta, 14-16 Oktober, 2003.
- Agus BP, *Shade Density of Trees in University Trisakti, Campus A, Grogol, Jakarta*, 2003 (unpublish research report), University Trisakti Research Institute, Jakarta, 2003.
- Eka, S R., *Lintasan Matahari, Perletakan Bangunan dan Kenyamanan Thermal di Jakarta, Sebuah Laporan Simulasi*, Proceedings, International Symposium, Building Research and Sustainability of the Built Environment in the Tropics, Jakarta, 14-16 Oktober, 2003.
- Emmanuel, R., *Evaluation of Microclimate Modification by Urban Design Parameters*, [www.Personal.umich.edu/rohemma/conc.html](http://www.Personal.umich.edu/rohemma/conc.html), 2002.

- Hagishima A, Tanimoto J., Katayama T., *Numerical Analysis of Air Temperature increases in Urban Area Using the Building-Urban-Soil Simultaneous Simulative Model*, Department of Energy and Environmental Engineering Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University 2002).
- Jacobson, MZ. *Fundamentals of Atmospheric Modeling*, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, 2002.
- Parker, D, Sherwin, J R, sonne, J K, Barkasi, S J, Demonstration of Cooling Savings of Light Colored Roof Surfacing in Florida Commercial Buildings, Our Savior's School, <http://www.fsec.ucf.edu/bldg/>, 2003.
- Solecki, W D, Rosenzweig, C, Pope, G, Parshall, L, Wiencke, M, *The Current and Future Urban Heat Island Effect and Potential Mitigation Strategies in the Greater Newark, New Jersey Region*, Dept. of Earth and Environmental Studies, Mont Claire State University, New Jersey, 2003.
- Watkins, R., *The Impact of the Urban Environment on the Energy Demand for Cooling Buildings*, Brunei University and Building Research Establishment Ltd, Brunei, 1999.
- Yau, R, *Building Environmental And Sustainable Design Approach to Housing Developments*, Ove Arup and Partners, Hong Kong, 2003.