

Tata Hijau pada Ruang Jalan Menuju Kenyamanan Termal Iklim Mikro

Studi Kasus: Jalur Pedestrian, Penggal Jalan Slamet Riyadi Di Surakarta

Prasetyo Febriarto¹

¹Jurusan Sipil dan Perencanaan STIMK AMIKOM, Yogyakarta

febriartop@amikom.ac.id

Abstract

The purpose of this study is to get ideal conditions to create a comfortable pedestrian ways based thermal comfort microclimate. The method used is an experimental method through simulation using Envi-met software 3.1 with empirical measurements. Method to simulate existing conditions and ideal conditions. The results are used as a basis for referral arrangement pedestrian ways of the Slamet Riyadi space road. The results of this study stated that the thermal comfort on the pedestrian ways of the Slamet Riyadi road space in uncomfortable conditions (heat) and comfortable. Recommendations resulting from this study to organize pedestrian ways based micro climate thermal comfort based design of greenery.

Keywords : *design of greenery, microclimate, pedestrian ways, thermal comfort*

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan kondisi ideal dengan membuat nyaman jalur pedestrian berdasarkan kenyamanan termal iklim mikro. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental melalui simulasi menggunakan *software Envi-met 3.1* dengan pengukuran empirik. Metode dengan mensimulasi kondisi eksisting dan kondisi ideal. Hasilnya digunakan sebagai dasar arahan penataan jalur pedestrian ruang jalan Slamet Riyadi. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa kenyamanan termal di jalur pedestrian ruang jalan Slamet Riyadi dalam kondisi tidak nyaman (panas) dan nyaman. Rekomendasi yang dihasilkan dari penelitian ini untuk menata jalur pedestrian berdasarkan kenyamanan termal iklim mikro berbasis tata hijau.

Kata kunci : iklim mikro, jalur pedestrian, kenyamanan termal, tata hijau

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Posisi Indonesia memiliki iklim tropis lembab karena terletak di sepanjang garis khatulistiwa. Efek tropis lembab berpengaruh terhadap aktivitas pembangunan perkotaan yang menyebabkan terjadinya thermal pollution dan membentuk pulau panas (*heat island*). Pulau panas dapat dikurangi dengan menanam pohon pada kawasan tersebut yang biasanya terdapat pada areal yang tidak bervegetasi. Suatu kota juga membutuhkan dan sangat perlu memiliki vegetasi yang mendukung dalam kehidupan kota. Vegetasi memiliki multifungsi yaitu berfungsi sebagai estetika, sebagai peneduh dan sebagai penyaring kebisingan serta fungsi visual. Seperti halnya di ruang Jalan Slamet Riyadi Kota Surakarta dengan aktivitas perkotaan yang padat menyebabkan terjadinya *thermal pollution*. Ruang jalanyang memunculkan berbagai fungsipeliputi perdagangan, jasa, pariwisata dan pemerintahan dan ruang publikdimana semakin padat dengan berbagai aktivitas. Minimya keteduhan dan tingginya suhu siang hari juga menyebabkan ketidaknyamanan bagi penggunajalan, terutama para pejalan kaki jalur pedestrian yaitu kenyamanan termal. Permasalahannya yaitu kondisi kenyamanan termal yang berhubungan dengan kondisi tata hijau dan belum tercapainya kondisi kenyamanan termal pada

koridor jalur pedestrian. Pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi kenyamanan termal di jalur pedestrian koridor Jalan Slamet Riyadi.
2. Bagaimana optimalisasi tata hijau dalam kebutuhan pengguna yang dapat meningkatkan kenyamanan termal di jalur pedestrian koridor Jalan Slamet Riyadi.
3. Pelajaran dan rekomendasi perancangan tata hijau di jalur pedestrian.

Tujuan penelitiannya adalah menemukan optimalisasi/perbaikan kondisi ideal berbasis tata hijau di jalur pedestrian koridor Jalan Slamet Riyadi berdasarkan kondisi kenyamanan termal iklim mikro.

2. ISI PENELITIAN

a. Metode Penelitian

Lingkup Penelitian dan Batasan Penelitian

Lingkup penelitian merupakan batasan topik yang akan dikaji atau diteliti, meliputi:

1. Mengkaji kondisi lokasi obyek penelitian dengan batasan termal kota/kawasan untuk menentukan faktor-faktor pengaruh secara makro yang akan ditujukan ke lokus penelitan.
2. Analisis terhadap kenyamanan termal koridor jalan pada jalur pedestrian dengan data perkembangan yang ada sebagai bahan dasar untuk analisis kenyamanan termal.

Lokasi Penelitian

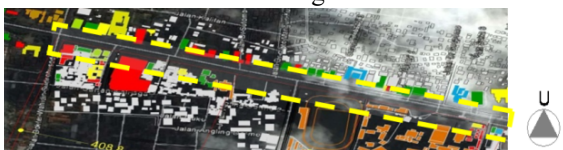
Lokasi penelitian berada di Kota Surakarta, dengan lokasi khusus yaitu penggal Jalan Slamet Riyadi dengan lokasi fokus di jalur pedestrian, lokasi tersebut dipilih dalam penelitian karena merupakan lingkup mikro dengan pendekatan kenyamanan termal.



Gambar 1. Peta Pulau Jawa
Sumber : Google Earth



Gambar 2. Peta Surakarta
Sumber : Google Earth



Gambar 3. Koridor Jalan Slamet Riyadi

Metode Studi

Fokus penelitian ini adalah pada kualitas termal yang didapatkan pada jalur pedestrian penggal Jalan Brig.Jend Slamet Riyadi. Untuk mengetahui kualitas nyaman termal yang baik di kawasan ini, maka metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan:

Metoda eksperimental melalui simulasi dengan pengukuran empirik, untuk memperlihatkan kualitas termal dan hasil analisis termal yang dilakukan dengan menggunakan data-data yang diukur dilokasi. Ada tiga proses simulasi, yaitu:

1. Pengukuran empirik, untuk memperlihatkan kondisi termal dan hasil analisis termal yang dilakukan dengan menggunakan data-data yang diukur dilokasi dengan menggunakan alat ukur tertentu.
2. Simulasi dengan menggunakan *software Envi-met system* untuk mengetahui pengaruh tatanan ruang eksisting terhadap kondisi termal.
3. Simulasi optimalisasi (dengan menggunakan tambahan aplikasi di *software Envi-met system*) yaitu Leonardo yang berfungsi untuk memberikan visualisasi menuju kondisi ideal.

Tahapan penelitian:

- 1) Tahapan persiapan penelitian
 - a) Survey awal, dengan mengenali permasalahan yang ada di lapangan.
 - b) Pengumpulan data, berupa peta dasar dan data tentang kondisi iklim kota Surakarta.
 - c) Identifikasi data awal, mengenali data dan menyusun data untuk keperluan kesimpulan awal dan penentuan variabel yang dijadikan pegangan untuk tahap survei kedua untuk melihat temuan di lokasi penelitian.
- 2) Tahapan penelitian
Dokumentasi dilakukan untuk mengumpulkan data sekunder yang digunakan untuk melengkapi data primer (observasi/pengukuran) yang telah diperoleh.
- 3) Tahapan analisis
 - a) Tahap identifikasi lapangan dan pengumpulan data.
 - b) Tahap simulasi permodelan simulasi eksisting dan kondisi ideal dengan menggunakan *software Envi-Met*.
 - c) Menganalisis hasil simulasi eksisting dan kondisi ideal yang telah didapat yang kemudian digunakan sebagai pertimbangan dalam perbaikan kondisi ideal kenyamanan termal berbasis tata hijau penataan ruang publik.

b. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1,20 meter dengan asumsi bahwa pada ketinggian ini pengguna akan sangat merasakan kondisi kenyamanan termal. Pengukuran dilakukan pada 3 waktu yang berbeda yaitu pagi (pukul 07.00 WIB dan 10.00 WIB), siang (pukul 13.00 WIB) dan sore (pukul 16.00 WIB).

1) Kenyamanan Termal pada Penggal 1 Jalur Pedestrian

Titik pengukuran di lokasi amatan dilakukan di jalur pedestrian depan Solo Grand Mall.

Berikut hasil pengukuran kondisi eksisting penggal 1:

Tabel.1. Hasil pengukuran kondisi eksisting

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
07.00	27,5°C	83%	26°C TE
kategori	nyaman		
Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
10.00	32,6°C	60%	28,5°C TE
kategori	Tidak nyaman		
Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
13.00	34,5°C	51%	29°C TE
kategori	Tidak nyaman		

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
16.00	30°C	73%	27,5°C TE
kategori	Tidak nyaman		

Kemudian hasil pengukuran menjadi input sebagai simulasi termal pada *Envi-met* 3.1 BETA 5 pada Selasa, 20 November 2012. Menggunakan luas grid, penggal 1 (x-grids: 224, y-grids: 34, z-grids: 25), dengan dimensi masing-masing sel grid x= 2, y= 2, z= 2 meter.

Berikut hasil simulasi envimet kondisi eksisting penggal 1:

Tabel.2. Hasil simulasi kondisi eksisting

- Pukul 07.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	22,67°C	93,96%	22,15°C TE
tertinggi	23,60°C	88,36%	22,80°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian-area nyaman sebagian-area tidak nyaman		

- Pukul 10.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	27,64°C	80,24%	26,10°C TE
tertinggi	28,48°C	80,24%	26,70°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian-area nyaman sebagian-area tidak nyaman		

- Pukul 13.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	28,66°C	74,95%	26,40°C TE
tertinggi	29,64°C	83,62%	28,00°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian-area nyaman sebagian-area tidak nyaman		

- Pukul 16.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	23,65°C	96,53%	23,30°C TE
tertinggi	25,46°C	88,42%	24,50°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian-area nyaman sebagian-area tidak nyaman		

2) Kenyamanan Termal pada Penggal 2 Jalur Pedestrian

Pengukuran dilakukan di depan *rest area* dan lahan kosong milik Bank Mandiri.

Berikut hasil pengukuran kondisi eksisting penggal 2:

Tabel.3. Hasil pengukuran kondisi eksisting

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
07.00	27,2°C	80%	25,7°C TE
kategori	nyaman		
Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
10.00	31,3°C	63%	27,5°C TE
kategori	Tidak nyaman		

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
13.00	31,8°C	64%	28,2°C TE
kategori	Tidak nyaman		

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
16.00	30,8°C	63%	27,2°C TE
kategori	Tidak nyaman		

Kemudian hasil pengukuran menjadi input sebagai simulasi termal pada *Envi-met* 3.1 BETA 5 pada Rabu, 21 November 2012. Menggunakan luas grid, penggal 2 (x-grids: 204, y-grids: 34, z-grids: 25), dengan dimensi masing-masing sel grid x= 2, y= 2, z= 2 meter.

Berikut hasil simulasi envimet kondisi eksisting penggal 2:

Tabel.4. Hasil simulasi kondisi eksisting

- Pukul 07.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	22,80°C	93,82%	22,30°C TE
tertinggi	23,91°C	92,64%	23,40°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian-area nyaman sebagian-area tidak nyaman		

- Pukul 10.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	25,91°C	91,72%	25,20°C TE
tertinggi	28,22°C	86,34%	26,80°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian-area nyaman sebagian-area tidak nyaman		

- Pukul 13.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	27,03°C	92,28%	26,35°C TE
tertinggi	29,08°C	82,08%	27,40°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian-area nyaman sebagian-area tidak nyaman		

- Pukul 16.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	24,07°C	91,45%	23,55°C TE
tertinggi	26,31°C	91,45%	25,70°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian-area nyaman sebagian-area tidak nyaman		

3) Kenyamanan Termal pada Penggal 3 Jalur Pedestrian

Pengukuran dilakukan di depan *plaza* pintu gerbang masuk Taman Sriwedari.

Berikut hasil pengukuran kondisi eksisting penggal 3:

Tabel.5. Hasil pengukuran kondisi eksisting

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
07.00	27,5°C	80%	25,8°C TE
kategori	nyaman		

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
10.00	32,4°C	62%	28,3°C TE
kategori	Tidak nyaman		
Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
13.00	32,8°C	56%	28,1°C TE
kategori	Tidak nyaman		
Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
16.00	26,3°C	90%	25,5°C TE
kategori	nyaman		

Kemudian hasil amatan menjadi input sebagai simulasi termal pada *Envi-met* 3.1 BETA 5 pada Kamis, 22 November 2012. Menggunakan luas grid, penggal 3 (x-grids: 183, y-grids: 34, z-grids: 25), dengan dimensi masing-masing sel grid x= 2, y= 2, z= 2 meter.

Berikut hasil simulasi *envimet* kondisi eksisting penggal 3:

Tabel.6. Hasil simulasi kondisi eksisting

• Pukul 07.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	23,03°C	93,65%	22,40°C TE
tertinggi	23,73°C	92,06%	23,20°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian area nyaman sebagian area tidak nyaman		

• Pukul 10.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	26,38°C	88,97%	25,30°C TE
tertinggi	28,02°C	93,24%	27,30°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian area nyaman sebagian area tidak nyaman		

• Pukul 13.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	27,33°C	84,57%	26,00°C TE
tertinggi	28,81°C	93,51%	28,15°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian area nyaman sebagian area tidak nyaman		

• Pukul 16.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	23,44°C	99,55%	23,40°C TE
tertinggi	25,60°C	87,77%	24,70°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian area nyaman sebagian area tidak nyaman		

Temuan pada Jalur Pedestrian Ruang Jalan Slamet Riyadi

Setelah proses analisis tata hijau ruang jalan jalur pedestrian melalui observasi, pengolahan data, dan dengan *software Envi-met* yang telah dilakukan, maka muncul temuan pada penelitian jalur pedestrian, yaitu:

1. Arah datang sinar matahari yang jatuh mengenai kanopi vegetasi dan permukaan site yang mempengaruhi disekitarnya pada jam tertentu.
2. Tajuk vegetasi yang rindang dan dengan jarak yang rapat dapat menghalangi dan merubah alur angin.
3. Tajuk vegetasi yang rindang dan dengan jarak yang rapat dapat meningkatkan kelembaban udara.
4. Tajuk vegetasi yang rindang mampu menaungi permukaan site yang tertutup *hard material* (perkerasan dan dinding) berkontribusi dalam meningkatkan termal.
5. Permukaan site yang tertutup material perkerasan yang tidak ternaungi atau sedikit ternaungi tajuk vegetasi yang rindang cenderung memiliki temperatur tinggi.

Mendapatkan suatu kondisi ideal yang lebih baik dari eksisting perlu dilakukan simulasi optimalisasi dengan mengambil waktu pagi (pukul 07.00 WIB) dan siang (pukul 13.00 WIB) untuk melihat kondisi terdingin dan terpanas.

Simulasi Optimalisasi Kenyamanan Termal Jalur Pedestrian ruang jalan Slamet Riyadi

Simulasi dilakukan dengan penerapan elemen modifikasi yang dapat diaplikasikan dalam *Envi-met*, elemen tersebut adalah vegetasi dengan cara:

- a) Mengubah vegetasi menjadi keteduhan massa pohon/kepadatan kanopi, menambahkan vegetasi yang dipakai dalam simulasi ini antara lain jenis Tb (pohon rindang) ketinggian 15 meter, DO (pohon rindang) ketinggian 20 meter, ds (pohon rindang) ketinggian 10 meter dan lg, xx atau rumput. Mengubah hijau dengan cara : tempat jalur tanaman di jalur pedestrian perlu vegetasi berupa Tb (pohon bertajuk rindang), DO (pohon bertajuk rindang). Ruang terbuka yang tanpa teduhan perlu Tb (pohon bertajuk rindang). Perlu jarak antar tanaman sekitar 8 meter agar dapat memberikan visual yang nyaman.
- b) Tujuan mengubahnya: Menyebabkan menurunkan suhu lingkungan pada permukaan site (jalur pedestrian) yang bersifat peneduh dengan keteduhan massa pohon.

Dengan simulasi optimasi disimpulkan bahwa intervensi terhadap vegetasi dapat menciptakan kondisi kenyamanan termal yang lebih baik dari sebelumnya (eksisting). Berikut hasil simulasi optimalisasi kondisi ideal tata hijau:

Simulasi Optimalisasi Tata Hijau Penggal 1 Jalur Pedestrian Pukul 07.00 dan 13.00 WIB

Tabel.7. Hasil simulasi kondisi ideal

• Pukul 07.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	22,16°C	99,24%	22,05°C TE
tertinggi	23,58°C	89,41%	22,90°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian area nyaman sebagian area tidak nyaman		

- Pukul 13.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	26,10°C	85,33%	25,00°C TE
tertinggi	29,83°C	66,48%	26,50°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian area nyaman sebagian area tidak nyaman		

Simulasi Optimalisasi Tata Hijau Penggal 2 Jalur Pedestrian Pukul 07.00 dan 13.00 WIB

Tabel.8. Hasil simulasi kondisi ideal

- Pukul 07.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	23,12°C	92,12%	22,60°C TE
tertinggi	24,20°C	92,12%	23,70°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian area nyaman sebagian area tidak nyaman		

- Pukul 13.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	25,69°C	89,44%	24,85°C TE
tertinggi	27,96°C	76,24%	25,90°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian area nyaman sebagian area tidak nyaman		

Simulasi Optimalisasi Tata Hijau Penggal 3 Jalur Pedestrian Pukul 07.00 dan 13.00 WIB

Tabel.9. Hasil simulasi kondisi ideal

- Pukul 07.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	23,34°C	94,68%	22,80°C TE
tertinggi	24,46°C	89,29%	23,80°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian area nyaman sebagian area tidak nyaman		

- Pukul 13.00 WIB

Nilai	Temp	Kelembaban	Temp efektif
terendah	25,87°C	82,90%	24,50°C TE
tertinggi	28,40°C	70,61%	25,90°C TE
kategori	Tidak nyaman/nyaman / sebagian area nyaman sebagian area tidak nyaman		

Temuan – Temuan

1. Ukuran vegetasi pohon tinggi dan bentuk serta fungsi vegetasi peneduh (bulat, rindang dan lebat).
2. Jarak antar tanaman (renggang, sangat renggang) dan posisi vegetasi yang teratur (sebaris) agar kesan kemenarikan visual bangunan tetap ada.
3. Tinggi pohon dengan tinggi 15 sampai 20 meter.
4. Tajuk vegetasi yang rindang dan dengan jarak yang tidak rapat tidak menghalangi dan merubah alur angin.
5. Tajuk vegetasi yang rindang dan dengan jarak yang tidak rapat dapat mengurangi kelembaban udara.
6. Tajuk vegetasi yang rindang mampu menaungi permukaan site yang tertutup *hard material* (perkerasan dan dinding).

3. KESIMPULAN

Kondisi kenyamanan termal eksisting masih tergolong panas (tidak nyaman) terutama pada siang hari. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Arah datang sinar matahari yang jatuh mengenai kanopi vegetasi dan permukaan site yang mempengaruhi disekitarnya pada jam tertentu.
2. Tajuk vegetasi yang rindang dan dengan jarak yang rapat dapat menghalangi dan merubah alur angin.
3. Tajuk vegetasi yang rindang dan dengan jarak yang rapat dapat meningkatkan kelembaban udara.
4. Tajuk vegetasi yang rindang mampu menaungi permukaan site yang tertutup *hard material* (perkerasan dan dinding) berkontribusi dalam meningkatkan termal.
5. Permukaan site yang tertutup material perkerasan yang tidak ternaungi atau sedikit ternaungi tajuk vegetasi yang rindang cenderung memiliki temperatur tinggi.

Rekomendasi

Modifikasi dilakukan di kawasan kepadatan bangunan tinggi, minim dan sedang dengan penambahan vegetasi bertajuk rindang sebagai peneduh dengan ketinggian sekitar 15 dan 20 meter. Penambahan tersebut dilakukan di area jalur tanaman jalur pedestrian berupa penanaman sebaris dengan jarak antar tanaman 8 dan 12 meter. Penambahan vegetasi bertajuk rindang juga dilakukan di area terbuka seperti lahan parkir, dan ruang terbuka di antara bangunan. Pola penataan di kedua area tersebut sebaiknya berupa grid kotak jamak dan tunggal dengan jarak antar tanaman sekitar 8 meter. Penambahan vegetasi juga diterapkan sebagai pengarah dan pembatas ruang dapat dilakukan di area terbuka hijau yang dalam keadaan tidak terurus dan gersang. Dilakukan juga di jalur koridor penghubung jalan utama dan di jalur pedestrian yang berbatasan dengan area bangunan dengan tetap mengedepankan kemenarikan visual bangunan dengan ketinggian 10-15 meter.

Saran Penelitian Selanjutnya

1. Modifikasi lebih detail tentang jenis tanaman dimulai dari bentuk tajuk, kerapatan tajuk, jarak antar tanaman akan berpengaruh pada kenyamanan termal sehingga diketahui jenis tanaman yang paling efektif berpengaruh positif terhadap iklim mikro kawasan.
2. Modifikasi penambahan *green roof*, *vertical garden* dapat dikaji lebih jauh terutama pada tatanan ruang dengan kepadatan bangunan yang tinggi. Diharapkan dapat diketahui lebih lanjut, hal-hal yang berdampak positif terhadap kenyamanan termal iklim mikro kawasan jalur pedestrian.

DAFTAR PUSTAKA

- Booth, Norma K. 1983. *Basic Element of Landscape Architectural Design*. New York : Elsevier Science Publishing Co.
- Fandeli, Chafid, Kaharuddin, Mukhlison. 2004. *Perhutanan Kota*. Yogyakarta : Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.
- Frick, Heinz, FX. Bambang Suskiyatno. 2007. *Dasar-Dasar Arsitektur Ekologis*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, Bandung: Penerbit ITB.
- Lippsmeier, George. 1994. *Bangunan Tropis*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Satwiko, Prasasto. 2009. *Fisika Bangunan*. Yogyakarta : Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Sugijanto. 1998. *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*, Fakultas Teknologi Industri ITB. Jakarta: Dirjen Dikti Depdiknas.

Website:

- Sumber : www.envi-met.com.pdf, diakses 10 Desember 2012, pukul 10.00 WIB
- Sumber : [https://www.google.co.id/Pengembangan Tata Hijau Terhadap Kenyamanan Pengguna Jalan di Kota Makasar.pdf](https://www.google.co.id/PengembanganTataHijauTerhadapKenyamananPenggunaJalanDiKotaMakasar.pdf), diakses 10 Februari 2013, pukul 16.00 WIB